

Universidad Nacional de Ingeniería

Facultad de Ingeniería Mecánica



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Diseño de un generador fotovoltaico para reducir costos de generación de energía utilizada en cargas móviles en obras electromecánicas

Para obtener el Título Profesional de:

Ingeniero Mecánico Electricista

Elaborado por:

Claudio Jürgen Silva Alegre

 [0009-0006-6475-433X](https://orcid.org/0009-0006-6475-433X)

Asesor:

Adrian Zapata Sernaque

 [0000-0002-5303-8286](https://orcid.org/0000-0002-5303-8286)

LIMA – PERÚ

2025

Citar/How to cite	(Silva, 2025)
Referencia/Reference	Silva, C. (2025). <i>Diseño de un generador fotovoltaico para reducir costos de generación de energía utilizada en cargas móviles en obras electromecánicas</i> . [Trabajo de Suficiencia Profesional, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional Cybertesis UNI.
Estilo/Style: APA (7ma ed.)	

Dedicatoria

*A mi esposa, quien ha sido mi compañera, mi soporte y mi motivación. Sin ti, este
logro no hubiera sido posible.*

*A mi hijo, por ser mi mayor fuente de inspiración y por darme razones para luchar
cada día.*

*A mi familia, por su constante respaldo y por estar siempre a mi lado,
brindándome el aliento necesario en cada paso de este camino.*

Agradecimientos

Gracias a mi esposa, por su amor y por estar a mi lado en cada paso de este camino. A mi hijo, por ser mi motor diario. A mi familia, por su constante apoyo y cariño.

Resumen

El presente trabajo de titulación se desarrolla con la finalidad de analizar la implementación de paneles solares para poder reducir costos por el uso de combustibles fósiles en grupos electrógenos, obteniendo de estos paneles energía para poder utilizarla. Considerando que la ubicación es apta para este tipo de proyectos de energía renovable como lo es la zona de Moquegua que presenta climas favorables.

El análisis se basa en el cálculo de cuantas celdas o paneles solares pueden instalarse en la zona de trabajo, además del número de batería que se requerirían para almacenar la energía recolectada por los paneles, todo esto por la necesidad de buscar alternativas de generación de energía con la finalidad de reducir el uso de combustibles.

También se analiza el costo beneficio que tiene este tipo de proyectos pues se considera que no es muy accesible para todo tipo de personas o empresas que quieran implementarlo es por eso por lo que su análisis siempre debe ir acompañado del TIR.

Luego de analizar todos estos factores se procede a realizar un estudio para ver si es factible su implementación, además de sugerencias acerca de más análisis a fondo de diferentes componentes extras que se necesitan cuando se refiere a instalaciones.

Palabras claves: energía renovable, panel solar, baterías, combustible.

Abstract

This degree work is developed with the purpose of analyzing the implementation of solar panels to reduce costs due to the use of fossil fuels in generating sets, obtaining some energy from these panels to be able to use it considering that the location is suitable for this type of renewable energy projects such as the Moquegua area, which has favorable climates.

The analysis is based on the calculation of how many solar cells or panels can be installed in the work area, in addition to the number of batteries that would be required to store the energy collected by the panels, all due to the need to look for energy generation alternatives. with the aim of reducing fuel use.

The cost-benefit of this type of project is also analyzed since it is considered that it is not very accessible for all types of people or companies that want to implement it, which is why its analysis must always be accompanied by the IRR.

After analyzing all these factors, a study is carried out to see if its implementation is feasible or not, in addition to suggestions about more in-depth analysis of different extra components that are needed when it comes to installations.

Keywords: renewable energy, solar panel, batteries, fuel.

Tabla de Contenido

	Pág.
<i>Dedicatoria</i>	iii
Agradecimientos.....	iv
Resumen	v
Abstract	vi
Introducción.....	xiv
Capítulo I. Generalidades.....	1
1.1 Antecedentes de la investigación.....	1
1.2 Identificación y descripción del problema	3
1.3 Formulación del Problema	4
1.3.1 Problema Principal	4
1.3.2 Problemas Específicos.....	4
1.4 Justificación e importancia.....	5
1.5 Objetivos de estudio	6
1.5.1 Objetivo general.....	6
1.5.2 Objetivos específicos	6
1.6 Hipótesis	7
1.6.1 Hipótesis general	7
1.6.2 Hipótesis específicas	7
1.7 Variables y Operacionalización de variables	7
1.7.1 Operacionalización de variables	7
1.8 Metodología de la investigación.....	8
1.8.1 Unidad de Análisis	8
1.8.2 Tipo, Enfoque y Nivel de Investigación	8
1.8.3 Diseño de la Investigación	9
1.8.4 Fuentes de Información	9
1.8.5 Población y Muestra	10

1.8.6 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	10
1.8.7 Análisis y Procesamiento de Datos.....	10
Capítulo II. Marco teórico y conceptual	12
2.1 Energías renovables	12
2.2 Energía solar.....	12
2.2.1 Energía solar térmica.....	13
2.2.2 Energía solar fotovoltaica.....	14
2.2.3 Generador de energía solar	14
2.3 Radiación solar	16
2.3.1 Componentes de la radiación solar.....	17
2.3.2 Radiación solar en Perú.....	18
2.4 Paneles solares	18
2.4.1 Tipos de paneles solares	19
2.4.2 Orientación de un panel.....	20
2.5 Células fotovoltaicas	21
2.6 Conversión de energía DC – AC.....	22
2.6.1 Fuente DC.....	24
2.6.2 Control	26
2.6.3 Transformador.	27
2.7 Costos de generación eléctrica para cargas móviles.....	27
2.7.1 Cargas móviles.....	27
2.7.2 Costos de generación eléctrica.....	27
Capítulo III. Desarrollo del trabajo de investigación	28
3.1 Consumo de combustible de grupos electrógenos	28
3.2 Cálculo de energía generada por grupo electrógeno.....	30
3.3 Cálculo de energía del sistema fotovoltaico.....	32
3.3.1 Diseño del sistema fotovoltaico.....	32

3.3.2 Selección del panel solar	33
3.3.3 Selección de baterías	36
3.3.4 Datos geográficos	37
3.3.5 Cálculo de energía generada del sistema fotovoltaico.....	42
3.4 Comparación entre energía generada grupo electrógeno y sistema fotovoltaico.....	50
3.5 Disminución de gasto en combustible.....	55
3.5.1 Consumo de combustible mensual	56
3.5.2 Precio de referencia Diesel	60
3.5.3 Tipo de cambio de Dólar	62
3.5.4 Cálculo de disminución de gasto en combustible en proyecto.....	62
3.5.5 Cálculo de disminución de gasto en combustible anual.....	69
3.6 Inversión para instalación de sistema fotovoltaico	72
3.6.1 Cantidad de baterías (Caso energía máxima)	74
3.6.2 Cantidad de baterías (Caso carga máxima).....	76
3.6.3 Cálculo de inversión para instalación.....	79
3.7 Análisis de rentabilidad y viabilidad del proyecto	80
3.8 Huella de carbono.....	86
Capítulo IV. Resultados, Contrastaciones de Hipótesis y Discusión de Resultados	88
4.1 Resultados.....	88
4.1.1 Viabilidad de instalación de sistema fotovoltaico	88
4.1.2 Resultado final del proyecto global	90
4.1.3 Flujo de caja de proyecto global	92
4.1.4 Resultados de huella de carbono.....	92
4.2 Contrastaciones de Hipótesis	93
4.3 Discusión de resultados.....	95
Conclusiones.....	96

Recomendaciones.....	98
Referencias	100
Anexos	105

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1 <i>Operacionalización de variables</i>	8
Tabla 2 <i>Ángulos de inclinación para sistemas fijo</i>	20
Tabla 3 <i>Índice de consumo de grupos electrógenos CPF Periodo 2023-2024</i>	28
Tabla 4 <i>Energía generada por grupos electrógenos CPF Periodo 2023-2024</i>	31
Tabla 5 <i>Promedio anual de irradiancia solar para superficies inclinadas orientadas al Ecuador de la unidad minera Quellaveco</i>	41
Tabla 6 <i>Días de utilización de grupos electrógenos en proyecto CPF</i>	44
Tabla 7 <i>Tiempo de utilización de paneles solares</i>	46
Tabla 8 <i>Energía generada por Sistemas fotovoltaicos</i>	49
Tabla 9 <i>Disminución de consumo de combustible (gl)</i>	51
Tabla 10 <i>Consumo de combustible mensual en el proyecto CPF (gl)</i>	57
Tabla 11 <i>Resumen precios de referencia (Soles/gl)</i>	61
Tabla 12 <i>Disminución de gasto en combustible en proyecto CPF con utilización de sistema fotovoltaico (US\$)</i>	63
Tabla 13 <i>Disminución de gasto en combustible anual con utilización de sistema fotovoltaico</i>	69
Tabla 14 <i>Costo de equipos para instalación de sistema fotovoltaico</i>	72
Tabla 15 <i>Casos energía máxima</i>	74
Tabla 16 <i>Casos carga máxima</i>	77
Tabla 17 <i>Energía diaria (kWh) - Casos carga máxima</i>	77
Tabla 18 <i>Cálculo de inversión SF - Casos energía máxima</i>	79
Tabla 19 <i>Cálculo de inversión SF - Casos carga máxima</i>	80
Tabla 20 <i>Cálculo del VAN y TIR</i>	82
Tabla 21 <i>Análisis de viabilidad del proyecto</i>	88
Tabla 22 <i>Análisis de viabilidad del proyecto global</i>	91

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1 Esquema de un generador termoelectrico solar plano de 1 y 2 etapas	15
Figura 2 Principio de un generador de energía eléctrica.....	15
Figura 3 Distribución de la luz en la superficie terrestre.....	17
Figura 4 Componentes de la radiación solar.....	18
Figura 5 Esquema de un bloque de convertidor DC - AC.	23
Figura 6 Diagrama de bloques de un inversor	24
Figura 7 Circuito base del inversor	25
Figura 8 Señales de entrada de Q1 hasta Q4.....	26
Figura 9 Generador de onda.....	26
Figura 10 Transformador	27
Figura 11 Índice de consumo (gl/hr) – Diagrama de caja.....	30
Figura 12 Panel solar 550W Monocristalino PERC Tensite	34
Figura 13 Características mecánicas del panel solar 550W Monocristalino PERC Tensite.....	35
Figura 14 Disposición de 4 paneles solares.....	36
Figura 15 Datos técnicos de la batería	37
Figura 16 Batería de Litio 4.8kWh 48V TS-L5000/LV Tensite	37
Figura 17 Radiación solar de Moquegua	38
Figura 18 Coordenadas de la unidad minera Quellaveco 17°06'15"S 70°37'12"O	39
Figura 19 Selección de parámetros para obtención de HSP.....	40
Figura 20 Gráfica de barras de la irradiancia solar en Quellaveco.....	42
Figura 21 Porcentaje de disminución de consumo de combustible – Diagrama de caja	55
Figura 22 Precios de Referencia Energéticos usados en Generación Eléctrica – Febrero 2023	60
Figura 23 Tipo de cambio – Dólar Americano (US\$).....	62
Figura 24 Disminución de gasto en combustible anual (US\$).....	72

Figura 25	Fórmula del valor actual neto (VAN)	81
Figura 26	Fórmula de la tasa interna de retorno (TIR)	81
Figura 27	Potencial de calentamiento global valores relativos al dióxido de carbono	87
Figura 28	Flujo de caja anual del proyecto de instalación de sistemas fotovoltaicos	92

Introducción

Desde hace tiempo atrás, ha surgido una interrogante acerca del agotamiento de los recursos fósiles y los problemas que estos daban a su vez al medio ambiente, por lo que su sostenibilidad a nivel energético. Es por ello por lo que las energías renovables (ER) han comenzado su crecimiento considerablemente a comienzos de este siglo (Toledo, 2023).

Por tal razón varios países alrededor del mundo también están buscando la forma de poder innovar sus fuentes de energía con la finalidad de poder adaptarse al cambio climático, por lo que en su intento de algunos de estos países han declarado la neutralidad de carbono como un objetivo primordial. Uno de los principales en realizar esto fue Corea del Sur que declaró neutralidad el carbono para 2050 (Cho, Jinsoo, & Deokoh, 2024).

La demanda en el uso de la energía está creciendo con el aumento de la población tanto para sus actividades y con eso está generando cambios climáticos severos que a la larga pueden ser irreversibles como el aumento del nivel del mar y las temperaturas promedio, esta también que la emisión de gas de efecto invernadero con resultados de la temperatura promedio llevando a cambios visibles en los ecosistemas (Chen, Zhang, Xin Xin, Qiang, & Chang, 2024).

Las empresas actualmente están tomando una serie de medidas para lograr reducir las emisiones de gas de efecto invernadero, como el uso en tecnología de eficiencia energética, dando más oportunidades en la utilización de energías renovables, con ello da origen al desarrollo de la industria financiera o llamada como finanzas verdes que junto a la inversión en energía renovables y la innovación tecnológica son formas adecuadas para reducir las emisiones de CO₂ (Arsene, 2024).

Capítulo I. Generalidades

1.1 Antecedentes de la investigación

El sistema eléctrico tradicional se ha basado en la gestionabilidad que permite la energía almacenada por la propia naturaleza durante años en los combustibles fósiles. La transición a un nuevo modelo energético estará sujeta a la superación de ciertas barreras tecnológicas debidas a la aleatoriedad propia de las fuentes de generación renovable. La penetración actual de los sistemas de generación renovable en la red eléctrica, especialmente con los desarrollos obtenidos para la energía eólica y fotovoltaica, comienza a ocasionar impactos en la red eléctrica, como pueden ser la variación de la magnitud del voltaje de suministro y el incremento del desbalance entre la potencia activa y reactiva entre las fuentes de generación. La falta de gestionabilidad, así como la penalización por desvíos en el mercado de casación, dificulta la competitividad económica de las energías renovables en el mercado energético. Los sistemas de almacenamiento de energía aparecen como solución tecnológica a la controlabilidad de las energías renovables permitiendo su introducción en el mercado diario de energía (Bordons, García, & Valverdec, 2015).

Los sistemas de suministro eléctrico que presentan autonomía están basados en la transformación fotovoltaica a partir de energía solar. En la ciudad de Zaragoza, España se implementó la instalación de un campo solar fotovoltaico y térmico con un tanque de almacenamiento estacional que se encuentra acoplado a una bomba de calor con agua como un sistema de suministro alternativo que ha beneficiado en un edificio de viviendas de esta ciudad. Los resultados que se obtuvieron al instalar estos campos fotovoltaicos indican que se puede impedir la emisión de 44000 Kg de dióxido de carbono al año, disminuyendo así significativamente el calentamiento global, ahorros en cuanto a los costos de energéticos en un futuro próximo (Pintanel, Martinez, Uche, Del Amo, & Bayot, 2022).

Así mismo, en la investigación de (Chalco & Zacarías, 2020) cuando diseñó la instalación solar fotovoltaica para suministrar energía en una vivienda aislada a partir de

energía solar, el su objetivo su investigación fue el cálculo y determinación de los elementos a utilizado para suministrar energía eléctrica a una vivienda rural mediante un sistema solar fotovoltaico, esto debido a que hay cierta complejidad en la dotación energética por la ubicación de la vivienda. Para el diseño se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros: la necesidad energética diaria de la vivienda, la irradiación que se emite en el sector, y las características de los elementos de la estación solar. La determinación del generador solar contemplando los datos de irradiación solar y de todas las necesidades que necesariamente funcionan con energía, el cálculo del costo en la implementación, y el cálculo de secciones de cable y protecciones. Adicionalmente, en el diseño se consideró las cargas no prioritarias para la vivienda de manera independiente de tal manera que la instalación sea más eficiente utilizando un sistema de control.

También (Muñoz & Céspedes, 2019; NASA Prediction Of Worldwide Energy Resources, 2024) en su proyecto donde diseñó un sistema de generación de energía fotovoltaica en la población del sector Atrato-Chocó se diseñaron un sistema solar de generación eléctrica aislada para pobladores del sector Medio Atrato en el departamento del Chocó en Santiago de Cali, Colombia; para que el mejoramiento energético y cambio en la forma de vivir en sus habitantes y de sus procesos productivos. Contó con diferentes etapas tales como: investigación bibliográfica, realización del diagnóstico social, técnico, cultural, económico y cultural de la comunidad en sí, diseño técnico del sistema energético, dimensionado, análisis económico del proyecto, simulación y evaluación de la normativa colombiana. Para el diseño se desarrollaron dos posibles soluciones para reducir el uso de combustibles: parque y sistema solares fotovoltaico por vivienda. Se determinó que una de las soluciones que mayor rentabilidad tiene el sistema solar fotovoltaico por vivienda, es el costo de instalación y mantenimiento que es menor, así como la generación de conciencia en los habitantes en crear conciencia en cuanto a la duración y consumo de la energía eléctrica que se produce.

Al igual que muchos países de Sudamérica y alrededor del mundo la implementación de energías renovables para la reducción del uso de combustibles fósiles

ha sido una propuesta para contribuir a una generación de electricidad más limpia y sostenible, Perú no escapa de esto y cuenta con algunos proyectos de paneles solares como los siguientes:

- Planta solar rubí: que está ubicada en Moquegua y es considerada la planta más grande del Perú y una de las más grandes de América latina que tiene una capacidad de 180 MW lo que contribuye en una generación de energía solar para la población

- Planta solar intipampa: se ubica en Arequipa tiene una capacidad de 40 MW contribuyendo a la producción de energía en la región, fue inaugurada en 2020

- Proyecto fotovoltaico amanecer solar: este proyecto se localiza en el distrito de Moquegua con una capacidad de 40 MW

- Proyecto solar pirapora: aunque no es un proyecto peruano en sí se lo menciona porque es una inversión de la empresa peruana Enel Green Power, se localiza en Brasil siendo uno de los proyectos de energía solar más grandes de América del Sur con una generación de más de 390 MW (Auto Solar, 2022)

1.2 Identificación y descripción del problema

El departamento de Moquegua se encuentra en la zona costera y andina, que va desde los 0 m hasta los 6000 m.s.n.m, donde por lo general su topología es muy accidentada. Al ser una zona minera en yacimientos de cobre principalmente demanda grandes cantidades de energía para su extracción. La energía que abastece al sector proviene de la central térmica de Llo (Deutsche Zusammenarbitd, 2022).

Además, por su situación geográfica las obras electromecánicas que se realizan en esta zona se ubican en zonas desérticas, por lo que no se dispone de energía hidroeléctrica, ni de un cableado eléctrico que abastezca al sector para realizar dichos procesos, entonces sus generadores eléctricos son impulsados por combustibles fósiles. Estos generan costos adicionales durante todo el proceso de extracción generando un aumento significativo en los productos finales que son extraídos de dichas zonas mineras (Chen, Zhang, Xin Xin, Qiang, & Chang, 2024).

Así mismo la energía generada por combustible fósiles genera un impacto al medio ambiente, en si las actividades en obras electromecánicas son una de las principales responsables del efecto de gases de invernadero al generar hasta un 4% de las emisiones mundiales. En sí no existe leyes radicales en la actualidad que regulen o son aplicadas a medias en el Perú, con lo que se sigue contaminando con todos tipos de residuos las zonas mineras intervenidas (Chalco & Zacarías, 2020).

En el estudio realizado en el campo minero de la Libertad se realizó un estudio de factibilidad en cuanto a la instalación de paneles solares indicaron que el consumo de energía que se requiere en un día de labores fue de 8817.5 Wh, donde los paneles aportaron unos 305 watts. Así mismo se indicó que se captó dicha energía recibiendo 5 (HSP) o 5 Kwh/m². Por lo tanto, si se garantizó una autonomía de energía por parte de la energía solar (Venegas, Ramos, Lopez, & Burgos, 2019).

Lo que se intentará es realizar un estudio y posteriormente un análisis sobre la viabilidad de instalar los paneles solares en las zonas mineras. Con la instalación de paneles solares reducirá los costos de energía en los procesos electromecánicos generando una serie de beneficios posteriormente. Lo que se intenta o se propone es proponer nuevas alternativas sobre la utilización de los recursos renovables que se encuentran presentes en el sector.

1.3 Formulación del Problema

1.3.1 Problema Principal

¿Qué diseño de generador fotovoltaico permitirá reducir los costos de generación de energía utilizada en las cargas móviles en obras electromecánicas?

1.3.2 Problemas Específicos

¿Las condiciones del departamento de Moquegua permite realizar la instalación de paneles solares?

¿En qué porcentaje se disminuirá el consumo de combustible fósil con el uso del sistema fotovoltaico?

¿Qué parámetros se tienen que presentar para que sea viable económicamente la instalación de los paneles solares?

1.4 Justificación e importancia

La instalación de paneles solares en un proyecto donde se utilizan grupos electrógenos que funcionan con combustible fósil presenta una justificación sólida tanto desde el punto de vista económico como ambiental.

Los generadores a base de combustibles fósiles requieren la compra constante de combustible, lo que puede generar altos costos operativos a lo largo del tiempo. La energía solar, por otro lado, es gratuita una vez que se ha instalado el sistema de paneles solares. Aunque la inversión inicial en los paneles solares puede ser significativa, los costos de mantenimiento y operación son mucho más bajos comparados con los de los generadores a combustibles fósiles, lo que resulta en un ahorro considerable a largo plazo.

La energía solar también mejora la resiliencia energética. En lugares donde los generadores a combustibles fósiles son la única fuente de electricidad, pueden ocurrir fallos por agotamiento del combustible, problemas en la cadena de suministro, o mal funcionamiento del generador. Con los paneles solares, se puede reducir la dependencia de fuentes externas y mejorar la seguridad energética al ofrecer una fuente local y renovable.

El uso de paneles solares permite generar energía de manera independiente de los suministros de combustible fósil, lo que reduce la dependencia de fuentes externas de energía. Esto es especialmente importante en zonas remotas o aisladas, donde los costos de transporte de combustible pueden ser elevados y donde la oferta energética es limitada o poco confiable. La energía solar ofrece una fuente de energía constante y disponible, siempre que haya luz solar.

El uso de tecnología solar puede proyectar una imagen positiva y moderna para las empresas y comunidades, lo cual es atractivo tanto para los inversores como para los residentes de las localidades aledañas. Además, la adopción de energías limpias puede ser un factor diferenciador en el mercado, ya que cada vez más consumidores y empresas valoran la sostenibilidad.

Los generadores a combustibles fósiles emiten gases contaminantes como dióxido de carbono (CO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x) y partículas que contribuyen al cambio climático y la contaminación del aire. Al instalar paneles solares, que utilizan la radiación solar como fuente de energía limpia, se elimina o reduce drásticamente la emisión de estos contaminantes. Esto contribuye a la lucha contra el cambio climático y mejora la calidad del aire en la región, beneficiando la salud pública y el medio ambiente.

La instalación de paneles solares en proyectos que actualmente dependen de generadores a combustibles fósiles representa una mejora significativa en términos económicos, ambientales y de seguridad energética. Esto no solo reduce los costos operativos y la huella de carbono, sino que también aumenta la resiliencia y fomenta el desarrollo económico. Esta transición, si bien puede requerir una inversión inicial, se traduce en beneficios a largo plazo que la hacen una solución clave para un futuro más sostenible.

1.5 Objetivos de estudio

1.5.1 Objetivo general

Diseñar un generador eléctrico mediante un sistema fotovoltaico para reducir costos en el consumo de combustible fósil de cargas móviles en obras electromecánicas en el departamento de Moquegua.

1.5.2 Objetivos específicos

Analizar la disponibilidad de energía solar para la instalación de paneles solares en el departamento de Moquegua.

Analizar la reducción del consumo de combustible mediante el uso de energía fotovoltaica a partir de la instalación de paneles solares.

Evaluar la viabilidad económica de la instalación de un sistema fotovoltaico que reduce los costos asociados al consumo de combustible de las cargas móviles en obras electromecánicas en el departamento de Moquegua.

1.6 Hipótesis

1.6.1 Hipótesis general

El diseño de un sistema fotovoltaico, aprovechando las condiciones climáticas del departamento de Moquegua, para la generación de energía utilizada en las cargas móviles en obras electromecánicas, reduce costos y beneficia económicamente a las empresas que implementen esta tecnología.

1.6.2 Hipótesis específicas

La disponibilidad de energía solar en el departamento de Moquegua permite la instalación de paneles solares.

El uso de energía fotovoltaica, a partir de la instalación de paneles solares, reduce de forma considerable la utilización de combustibles fósiles para el abastecimiento de energía de las cargas móviles.

La instalación de un sistema fotovoltaico que reduce los costos asociados al consumo de combustible de las cargas móviles en obras electromecánicas en el departamento de Moquegua presenta viabilidad económica.

1.7 Variables y Operacionalización de variables

1.7.1 Operacionalización de variables

Variable Independiente (V.I.): diseño e instalación de generador fotovoltaico

Variable Dependiente (V.D.): reducción de costos de generación de energía

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variables	Indicadores
Variable Independiente:	• Generación de energía solar (US\$).
Diseño e instalación de generador fotovoltaico.	• Costos asociados a la implementación y mantenimiento de los paneles solares (US\$).
Variable Dependiente:	• Reducción de consumo de combustible fósil (US\$).
Reducción de costos de generación de energía.	• TIR y VAN de la instalación de sistemas fotovoltaicos.

Nota: Fuente (Elaboración propia)

1.8 Metodología de la investigación

1.8.1 Unidad de Análisis

La investigación tendrá como meta de análisis viabilidad en cuanto a la implementación de los paneles solares realizando un estudio simulado, donde se indicará todos los beneficios adicionales, y el uso más eficiente en cuanto a este tipo de energías renovables. El proyecto de la instalación se centrará en el departamento de Moquegua en la unidad minera Quellaveco con los datos obtenidos del consumo de combustible fósil de los grupos electrógenos utilizados para la construcción del proyecto CPF Coarse Particle Flotation en el periodo 2023-2024.

En el departamento de Moquegua se utilizarán grupos de paneles solares dispuestos estratégicamente que reducirán significativamente los costos después de ser utilizados.

1.8.2 Tipo, Enfoque y Nivel de Investigación

Desde un punto de vista el tipo de enfoque que se utiliza es el cuantitativo pues el trabajo está direccionado a una zona con temperaturas altas de la que se pretende obtener datos numéricos y en relación con la producción de energía en base a recursos renovables como lo es la energía solar. Lo que se pretende con los datos recolectados es analizar y

realizar una comparativa para identificar si es viable la colocación de dichos paneles para la generación de energía eléctrica para poder ejecutar trabajos de mantenimiento y construcción de plantas industriales.

Desde un punto de vista el alcance de la investigación es correccional puedes está implícito la realización de analogías estadísticas entre los valores obtenidos por los paneles, a partir de la energía solar. Además de realizar correlaciones y entre los valores de otros materiales que están implícitos en el proyecto como la cantidad de baterías o de los mismos paneles para que sea adecuada para el para el proyecto.

La presente investigación es de un nivel compuesta, ya que se analizará la relación entre la reducción de consumo de combustible debido a la implementación de un sistema fotovoltaico y si es viable económicamente.

1.8.3 Diseño de la Investigación

Lo que respecta al diseño de la investigación es de tipo experimental pues se realiza en base a pruebas y análisis como lo es el diseño para poder dimensionar los componentes y el armado además de una simulación previa para identificar cuánta energía es la que se puede generar de acuerdo con el diseño. Se utilizan variables principales los cuales corresponde al ahorro de energía y a la cantidad de combustibles fósiles pues también se requiere datos del consumo de este material para un posterior análisis de comparativa e identificación de parámetros.

1.8.4 Fuentes de Información

Las principales fuentes de información utilizadas en el presente trabajo son libros, monografías, tesis y publicaciones referentes a las distintas bases que se requieren conocer, tales como generación de energía, energías renovables, energía solar y sistemas fotovoltaicos.

De igual forma, se han utilizados base de datos internacionales para determinar valores como los de irradiancia solar con la información global brindada por la NASA, diversos protocolos para el cálculo de la huella de carbono e información proporcionada

por instituciones del estado peruano como son OSINERGMIN, Banco Central de Reserva del Perú y la plataforma digital única.

1.8.5 Población y Muestra

La población para el presente trabajo son todas las posibilidades de configuración de componente para el ensamble de sistemas fotovoltaicos. Mientras que la muestra a ser estudiada son los sistemas fotovoltaicos disponibles en el mercado peruano.

1.8.6 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Para el presente trabajo se utilizarán técnicas e instrumentos de recolección de datos indirectas las cuales serán:

- Historial de consumo de combustible en el proyecto.
- Capacidad, eficiencia, vida útil y costo de los paneles solares, baterías, inversores, obtenido de las fichas técnicas y evaluaciones de mercado
- Historial de la radiación solar del sector
- Historial de costo de combustible diésel en Perú
- Historial de variación del tipo de cambio del dólar
- Viabilidad de proyectos de generación eléctrica
- Factores de emisión de gases de efecto invernadero

1.8.7 Análisis y Procesamiento de Datos

Para realizar el procesamiento de datos obtenidos de consumo de combustible de grupos electrógenos se utilizará el programa Microsoft Excel, realizando la proyección de diferentes parámetros como son: la energía generada por los grupos electrógenos y el tiempo de utilización de estos.

Obteniéndose estos parámetros, se realizará una un análisis en cuanto al número de paneles solares fotovoltaicos que se necesitarán para cubrir la demanda de energía.

Teniendo incidencia en el costo de los componentes, confiabilidad y durabilidad para la selección de estos, así como el espacio físico disponible para la instalación.

Una vez definido los componentes se realizará en base a los datos geográficos y datos técnicos de estos equipos los cálculos de energía generada por el sistema fotovoltaico, porcentaje de disminución de consumo de combustible, disminución del gasto en combustible y la inversión para la instalación del sistema fotovoltaico.

Posteriormente se ejecutará el cálculo financiero del costo de implementación y utilización de los paneles solares versus el ahorro generado por la disminución del gasto en combustible fósil.

Finalmente, se analizarán los resultados obtenidos en el cálculo financiero, para presentar las conclusiones de la investigación según el objetivo presentado. Así como la identificación de la huella de carbono antes y después de la instalación de los paneles solares.

Capítulo II. Marco teórico y conceptual

2.1 Energías renovables

Uno de los problemas que ha quejado a la sociedad es el calentamiento global es por ello por lo que el discurso global acerca de un desarrollo sustentable pueda ser dado para lograr la mitigación del cambio climático, con esto se llega a la búsqueda de soluciones energéticas que permitan un cambio de los combustibles fósiles a energía renovable. A medida que se busca un avance hacia un futuro con energía baja en carbono existen desafíos pues surge la dependencia de combustibles fósiles que si bien son causantes del calentamiento global también han sustentado parte del desarrollo económico moderno lo que sugiere una necesidad de transición energética. En respuesta a estos problemas las tecnologías han evolucionado con la finalidad de buscar soluciones como la energía renovable: solar, eólica, hidroeléctrica y geotérmica. Pues estas aparte de ofrecer menores emisiones de gases de efecto invernadero también son energías sostenibles (Kumar Sen, Hosan, Karmaker, Chapman, & Saha, 2024).

Las energías renovables cuentan con un enorme potencial que pueden contribuir a la realización de la justicia energética, en otras palabras, aliviar las tensiones económicas de hogares con bajos ingresos reduciendo los gastos de energía, además sirven como fuente para la creación de empleos en especial en zonas rurales (Balcilar, Usman, & Ike, 2023).

2.2 Energía solar

Actualmente en la forma de vida, es crucial el nivel de disponibilidad de la energía, si bien los recursos convencionales como recursos fósiles son considerados los más importantes para generar electricidad. Si bien estos tienden a agotarse es algo que la humanidad tenía presente además de las consecuencias de usarlos como: daños a la salud humana y medio ambiente, contaminación del aire por CO₂, lluvia ácida y el cambio climático. Por ello la idea de explorar energías alternas como: solar hidráulica, eólica y

geotérmica que son más abundantes, con más sostenibilidad y amigables con el medio ambiente (Adigüzel, E, 2023).

Se considera que la energía solar juega un papel de suma importancia en la parte energética donde abarca a la energía eléctrica, y procesos que dependen de ella como calefacción iluminación, bombeo, etc. Con esto se dice que la luz solar se transforma en eléctrica por medio de módulos fotovoltaicos. Mientras que espejos de concentración solar reflejan esta luz solar a un receptor de tipo lineal focal que produce vapor y éste se envía a una turbina para producir electricidad (El Ydrissi, Ghennioui, & Alae, 2023).

El sistema de energía solar en los últimos años ha crecido considerablemente, esto por su contribución de manera sustancial en técnicas para generar electricidad, la manera de sostenibilidad que tiene, su eficiencia y la reducción en costos. Pero no todo es bueno pues las condiciones climáticas como vientos y nubosidad, la humedad en el medio ambiente, y temperatura ocasiona problemas en la captación de energía solar (Xie, Zhang, & Chen, 2023).

(Kazem, Chaichan, & Al-Waeli, 2020) mencionan en su estudio que la acumulación de polvo en la parte superficial de los paneles solares con uno de los factores más importantes que afectan su funcionamiento y rendimiento, ocasionando una reducción en la eficiencia y por ende aumentando el coste de energía. La caída de polvo puede reducir la energía en más del 1% diario, y alcanzar hasta un 80% al mes, dependiendo claramente de las condiciones del clima, esto se considera más en condiciones áridas y semi áridas.

2.2.1 Energía solar térmica

Este tipo de energía también es conocida como termo solar en sí se basa en el aprovechamiento de la radiación del sol con el cual produce calor que puede ser aprovechado para la producción de agua caliente sanitaria para consumo o en sí para calefacción también para la producción de energía mecánica que después se convierte en energía eléctrica a partir del vapor de agua en ciertas plantas termo solar. Suele ser

utilizada en colectores que por medio de ellos son los encargados de producir y aumentar la temperatura de un fluido que se quiera calentar ya sea éste de uso doméstico calefacción o producción de vapor de agua que se utiliza para la producción de electricidad.

2.2.2 Energía solar fotovoltaica

Es un tipo de fuente de energía renovable que se logra obtener por la tecnología que genera corriente continua obviamente a partir de la radiación solar por dispositivos llamados células fotovoltaicas que en su interior poseen semiconductores que son iluminados por haces de fotones. Cuando la célula es expuesta a la radiación solar los fotones de energía luminosa se separan un electrón del material semiconductor originando un pequeño espacio que se ocupa por otro electrón que se procede de otro espacio, en sí el movimiento de electrones ocasiona una diferencia de potencial en otras palabras una tensión eléctrica que se origina entre 2 partes del material como una pila corriente es lo que da origen a la electricidad (Viera , 2021).

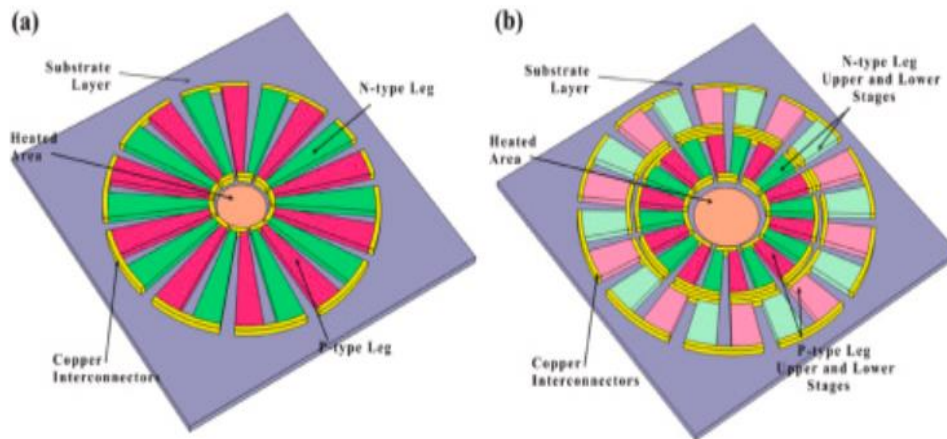
2.2.3 Generador de energía solar

Una de las principales fuentes tecnológicas para proporcionar energía térmica es los colectores que poseen un punto central o línea que absorbe los flujos de energía solar dentro de su configuración. Estos pueden ser plano o parabólicos. Los de tipo parabólico pueden ser estáticos y tener usos como generar calor y electricidad o a su vez móviles como uso de cocina solar (Alsibiani, 2024).

Existe un tipo de generadores tipo TEG (generador termoeléctrico) que suelen basarse en el efecto Seebeck, es decir pueden transformar la energía térmica de forma directa en eléctrica. Son considerados ecológicos por la ausencia de productos químicos y móviles. Los beneficios que se ha encontrado en la utilización de este tipo de generadores han llevado a realizar más investigaciones. En la Figura 1 se observa el esquema de un generador termoeléctrico (Man-Wen, Mansir, & Eldin, 2023).

Figura 1

Esquema de un generador termoelectrico solar plano de 1 y 2 etapas

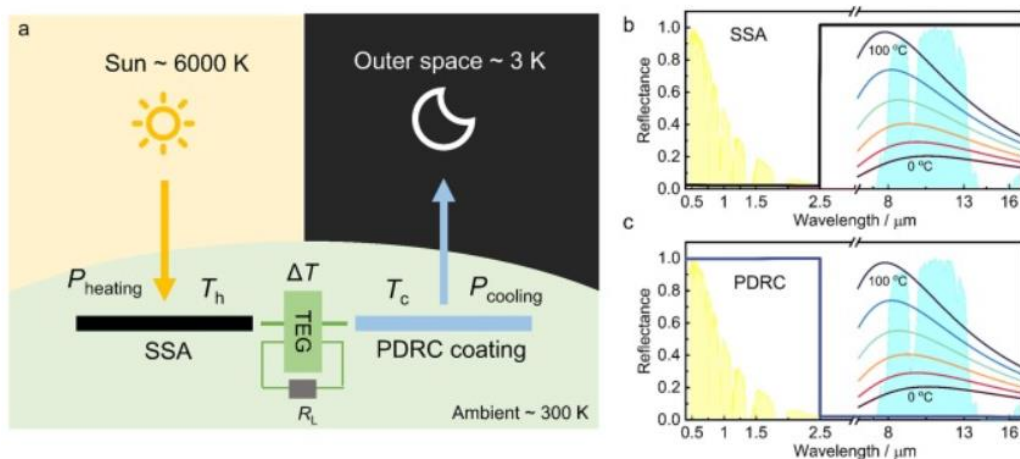


Nota: Fuente (Man-Wen, Mansir, & Eldin, 2023)

Para convertir la energía este tipo usa la diferencia de temperatura en los extremos fríos y calientes para formar energía eléctrica. En la Figura 2 se observa el principio de funcionamiento del generador de energía eléctrica para un día completo. (a) basado en un absorbente solar selectivo (SSA), revestimiento de enfriamiento radiactivo diurno pasivo (PDRC) y un generador termoelectrico (TEG). (b) y (c) aspectos de reflectancia ideales de recubrimiento SSA y PDRC (Li, Xi, & Li, 2022).

Figura 2

Principio de un generador de energía eléctrica



Nota: Fuente (Li, Xi, & Li, 2022)

2.3 Radiación solar

Se conoce como radiación solar a las ondas electromagnéticas que llegan al planeta y que se desplazan por el espacio en muchas direcciones pues no necesitan un medio físico para hacerlo, de acuerdo con el atlas de energía solar en Perú que se elaboró por el ministerio de energía minas se explica que el país cuenta con una elevada radiación solar que va de 5.5 a 6.5 KWH/m². Por medio de la fórmula de Planck se puede calcular la energía contenida en los rayos del sol.

$$E = h * f$$

E= energía radiante (J)

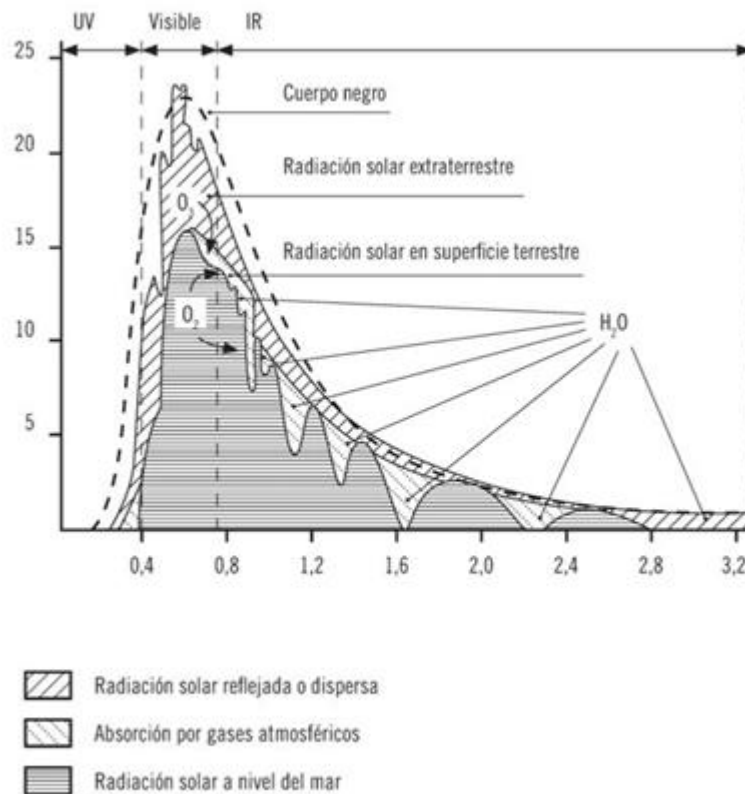
h= constante Planck (6.625*10³⁴ J*s)

f= frecuencia de ondas de luz (s⁻¹)

Gracias a esta fórmula se puede deducir cuando hay radiaciones muy energéticas con poca o mucha energía, lo que se explica cuándo hay radiaciones que no son capaces de traer pasar la atmósfera terrestre mientras que otras sí lo hacen. Este tipo de radiación incide directamente en la superficie del planeta luego de atravesar la atmósfera debilitándose por ciertos efectos llamadas reflexión difusión y absorción de la materia atmosférica. En si la atmósfera logra absorber parte de esta radiación, en un día perfectamente claro y despejado estos rayos del sol logran caer casi perpendicularmente en donde 3/4 partes de esta energía llega hacia la superficie el restante es reflejado en las capas más esférica y si y su trayectoria se desplaza hacia el espacio. En la Figura 3 se puede evidenciar como los rayos que llegan del sol al momento de hacer contacto con la atmósfera de la Tierra llegan a tomar diferentes direcciones (Chen, y otros, 2024).

Figura 3

Distribución de la luz en la superficie terrestre



Nota: Fuente (Chen, y otros, 2024)

2.3.1 Componentes de la radiación solar

De acuerdo con cómo llegue la luz a la superficie del planeta ésta se puede clasificar en 3 tipos radiación directa, radiación difusa y albedo como se muestra en la Figura 4

- Radiación directa es aquella que atraviesa la capa atmosférica sin interacción con ella ésta está formada por rayos que provienen directamente del sol

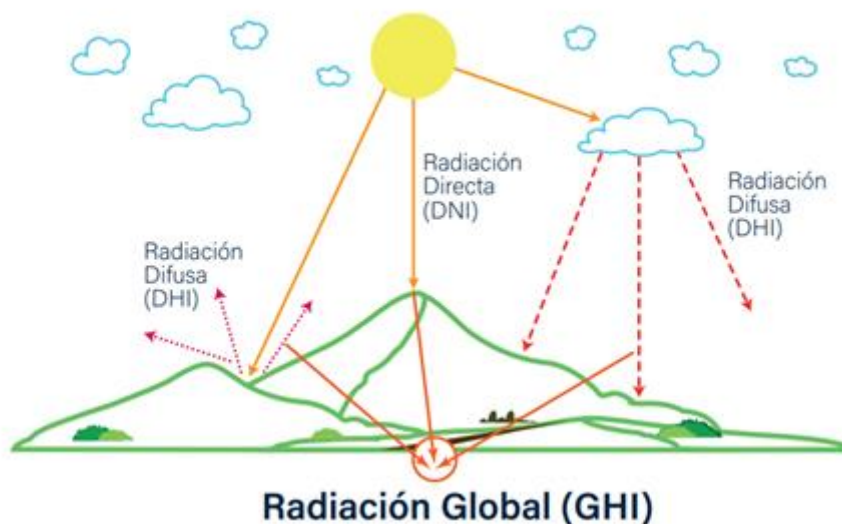
- Radiación difusa también es conocida como dispersa son aquellos rayos de la luz del sol que han sido redireccionadas por efecto de la atmósfera o a su vez porque se han reflejado en la superficie del planeta

- Radiación de tipo albedo ésta se origina del suelo esto se debe a la reflexión que incide sobre edificios lagos etc., En sí depende exclusivamente de elementos de la naturaleza que tienen relación entre sí

- Radiación global es el resultado de la suma de la radiación directa y la radiación difusa
- Radiación total es el resultado de la suma de la radiación directa, difusa y del albedo

Figura 4

Componentes de la radiación solar



Nota: Fuente (Alsibiani, 2024)

2.3.2 Radiación solar en Perú

Pero es un país que se encuentra afectado por la radiación ultravioleta que han alcanzado 20 puntos de acuerdo con el índice de radiación extrema que suele empezar a los 14 según lo confirma el servicio nacional de meteorología e hidrología del Perú senamhi. De acuerdo con investigaciones la cercanía en la zona ecuatorial es afectada por la radiación ultravioleta pues esta cae de forma perpendicular sobre el territorio. Este pico global se identificó en regiones del altiplano como Perú, Bolivia, Chile y Argentina. Este incremento de radiación causó 1200 nuevos casos de cáncer de piel de acuerdo con el ministerio de salud 2018 (Benavidez, 2018).

2.4 Paneles solares

Un módulo de panel solar es un conjunto de varias células solares. Una célula solar en sí se define como un dispositivo tipo semiconductor que está diseñado con la finalidad

de convertir la irradiancia solar en electricidad. La irradiancia solar está definida como un tipo de energía electromagnética que proviene del sol. En sí la mayoría de las células solares que se disponen en los mercados están diseñadas de silicio por el beneficio que este elemento tiene en su procesamiento maduro, además de su no toxicidad y abundancia en la naturaleza.

El voltaje de corriente que circula en las células solares de silicio monocristalino o policristalino es de alrededor de 0,5 vatios, en sí este amperaje depende del número de electrones que circula alrededor de la banda de conducción ah además es proporcional a la cantidad de radiación solar incidente, se puede decir que también las células solares son utilizadas como baterías solares con la finalidad de almacenar energía para otros momentos (INEI, 2020).

2.4.1 Tipos de paneles solares

Uno de los componentes de más importancia en el sistema de generación por energía solar es el panel que también se lo conoce como captador solar o módulo fotovoltaico, en sí está conformado por un número que varía de células solares que va entre 31 y 36 conectadas en serie lo que genera un voltaje determinado que depende del número de células, el diseñador es el que garantiza la carga efectiva para este banco. Se puede distinguir tipos de paneles solares a la venta los cuales pueden ser:

Paneles solares monocristalino

Paneles policristalinos

Paneles amorfos

Paneles de sulfuro de cadmio y sulfuro de cobre

Paneles de arsénico de galio

Paneles de di seleniuro de cobre en indio

Paneles de telurio de cadmio

Paneles bifaciales (Aulestina & Celi, 2017)

2.4.2 Orientación de un panel

Al momento de colocar los paneles deben tener una buena recepción de radiación solar que por lo general se establece con una serie de mediciones tanto del lugar como de la ubicación correcta del panel para poder captar de mejor manera los rayos del sol para producir energía. La orientación del panel se debe tomar en cuenta de acuerdo al hemisferio en el cual se va a instalar pues para que los que se encuentren en el hemisferio norte su inclinación debe ir hacia el sur y si se encuentra en el hemisferio sur su inclinación debe ir hacia el norte.

Para la inclinación se toma en cuenta la latitud de la zona en donde se va a ubicar por lo general a latitudes mayores a 30° ya que éstas son más inclinadas para poder nivelar las fluctuaciones estacionales. Para las zonas que se encuentran cerca de la línea ecuatorial es decir donde su latitud sea cercana a cero los paneles deben ser colocados a unos 15° para evitar que puedan presentar partículas de polvo hojas lluvia o algún otro material que impida una correcta captación de la luz, en la Tabla 2 se menciona ángulos de inclinación para sistemas fijos (Alvarez, 2017).

Tabla 2

Ángulos de inclinación para sistemas fijo

Latitud del sitio	Ángulo de inclinación
0 a 15 grados	15 grados
15 a 25 grados	El mismo valor de latitud
25 a 30 grados	Latitud más de 5 grados
30 a 35 grados	Latitud más de 10 grados
35 a 40 grados	Latitud más de 15 grados
Más de 40 grados	Latitud más de 20 grados

Nota: Adaptado de (Alvarez, 2017)

2.5 Células fotovoltaicas

La energía que llega desde el sol puede convertirse por medio de procesos en energía eléctrica por medio de sistemas fotovoltaicos (PV). Los sistemas de generación de energía solar están compuestos de módulos fotovoltaicos, controladores, inversores, baterías y otros componentes. En los módulos se encuentran cantidades grandes de células fotovoltaicas que están conectadas ya sea en paralelo o en serie. La irradiancia y la temperatura pueden afectar a la generación de energía y la eficiencia de este sistema. Para aumentar la cantidad de energía que se recolecta y su eficiencia es necesario generar un modelo matemático de alta precisión para las células, siendo importante al momento de diseñar, simular, evaluar y controlar el sistema (Lei, Cai, & Wu, 2024).

Los desarrolladores han diseñado formulaciones matemáticas para explicar el comportamiento de las células, en los últimos años se logró proponer cantidades de enfoques en la forma de estimar el proceso. Se empezó con métodos deterministas que se basaban en el 1 o 2 gradiente siendo los más claros el método de Newton y el de la función W de Lambert (Ortiz & Garcia , 2006).

Este tipo de células están compuestas de algunos componentes que ayudan a la transformación de luz en energía eléctrica como se observa en la Figura 3 y estos son:

- Material semiconductor: es la capa principal que este hecho de silicio que es el tipo de elemento que más se encuentra en este tipo de semiconductores, también se los puede diseñar de arsénico, antimonio, y telurio.
- Capa de dopaje: es un tipo fino de capa del material semiconductor, está dotada de impurezas como boro o fosforo con la función de crear cargas negativas o positivas. Estas cargas pueden formar una fuerza electromotriz en la célula solar para la generación de electricidad.

- Electrodo: son tipo de capas conductores que van el parte superior e inferior de una célula fotovoltaica. Tiene la función de coleccionar y enviar la electricidad que se genera.
- Capa protectora: tipo de capa transparente que va encima de la capa de dopaje para poder protegerla de la humedad y ciertos daños mecánicos, además de ayudar mejorando la eficiencia de la célula solar permitiendo el ingreso de la luz del sol sin ser absorbida por otros materiales.
- Marco: es la estructura que da soporte al momento de fijar la célula solar al panel. Mejorando su durabilidad y evitando daños a mecánicos (Ecoinventos, 2022).

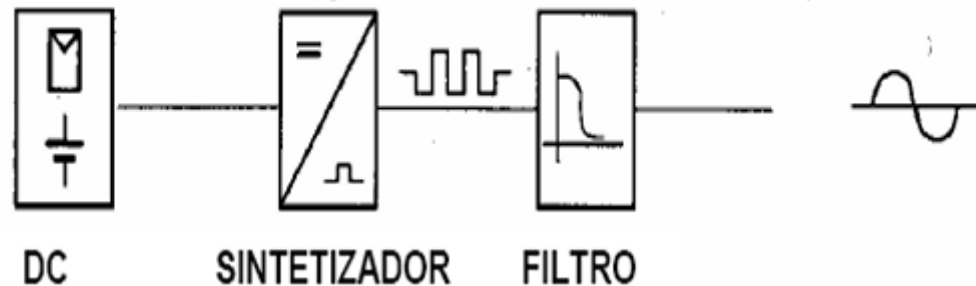
2.6 Conversión de energía DC – AC

Los sistemas fotovoltaicos suministran corriente continua, pero varias de las conexiones que se utilizan en el hogar requieren de corriente alterna, por lo tanto, es necesario la conversión de energía corriente en corriente alterna. Entonces es necesario la instalación de un aparato que module dicha corriente.

Estos aparatos se caracterizan por controlar un conjunto de interruptores electrónicos, que a partir de la energía continua que ingresa genere pulsos de duración modula, es decir usa un filtro que suaviza estas pautas en ondas vagamente sinusoidal para eliminar armónicas indeseadas.

Figura 5

Esquema de un bloque de convertidor DC - AC.



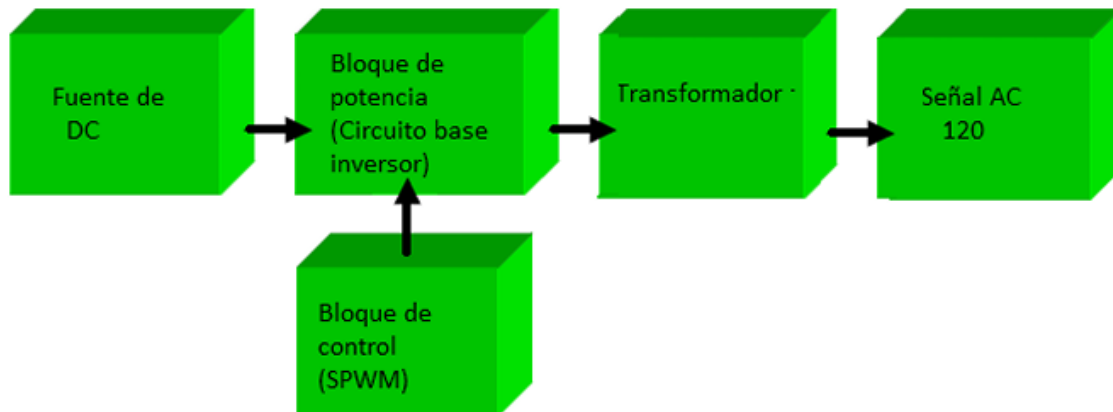
Nota: Fuente (Quintero, 2008).

En la Figura 5 se visualiza un esquema de cómo la corriente eléctrica continúa primeramente cruza por el sintetizador luego el filtro transformando dicha corriente en ondas moduladas que se lo conoce como corriente alterna. Para que esto ocurra el rectificador usa puentes de diodos y filtros para generar el cambio de corriente.

Para convertir este tipo de corriente se utiliza un rectificador llamado inversor que cuenta con un voltaje de salida que puede ser de 110 o 220 voltios dependiendo si se desea realizar una instalación monofásica o bifásica con una frecuencia de 60Hz. Para que el inversor suministre corriente alterna de buena calidad debe contar con los siguientes bloques que se muestra en la Figura 6.

Figura 6

Diagrama de bloques de un inversor



Nota: Fuente (Ptolomeo, 2020).

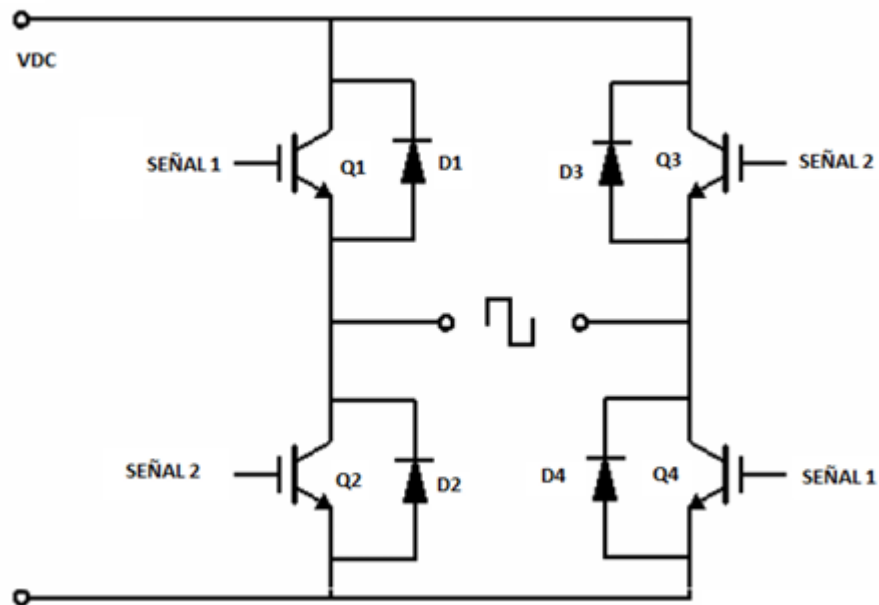
2.6.1 Fuente DC

Este se conforma principalmente por un banco de baterías que requiere la rectificación de la energía alterna que se recarga al momento que su voltaje de salida se encuentre en baja intensidad. Este banco de baterías está conformado por baterías que están conectadas en serio con la finalidad y alcanzar el voltaje deseado. Es necesario que cada pila debe tener el mismo rendimiento esto quiere decir que tenga el mismo voltaje y amperaje.

Bloque de potencia. - este es un sistema que es capaz de generar ondas alternas a partir de un voltaje continuo que es suministrado por la fuente DC. Para que esto ocurra se implementa cuatro transistores y cada una de ellas con su propia protección. En las terminales se encuentran con diodos que están conectados en paralelo con cada transistor.

Figura 7

Circuito base del inversor

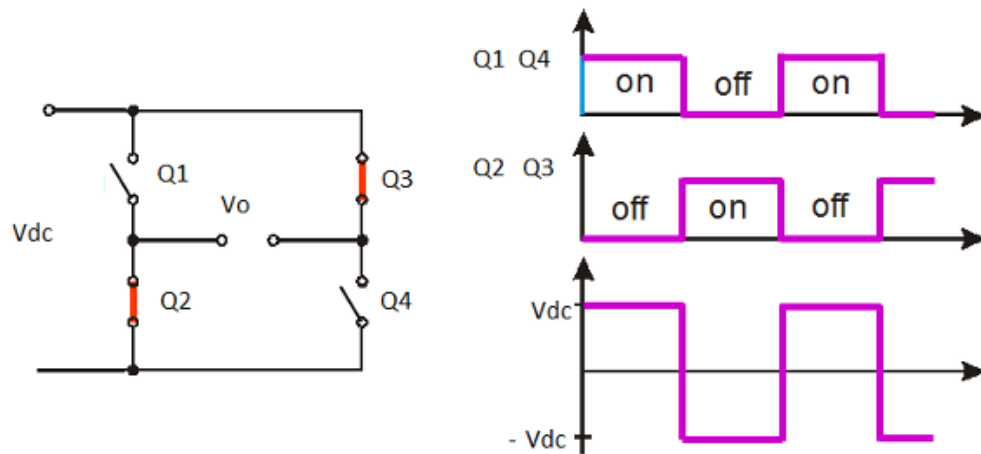


Nota: Fuente (Ptolomeo, 2020).

Estos circuitos están controlados por un sistema de control que permite la conmutación de estos para lograr el cambio de corriente. Es así como en la Figura 7 se visualizan las señales de entrada que están numeradas desde el Q1 hasta el Q4. Éstas se encuentran en parejas dónde Q1 y Q4 genera un semicírculo positivo de la corriente alterna, por otro lado, Q2 y Q3 activan el semi ciclo negativo de la señal alterna de salida.

Figura 8

Señales de entrada de Q1 hasta Q4.



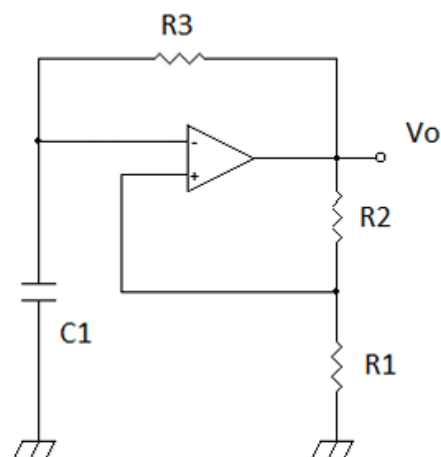
Nota: Fuente (Ptolomeo, 2020).

2.6.2 Control

Este bloque está encargado de generar las señales de activación y desactivación de los transistores de potencia, dicha función tiene que ser cumplida por un circuito oscilador

Figura 9

Generador de onda



Nota: Fuente (Ptolomeo, 2020).

2.6.3 Transformador.

Es la parte final que permite regenerar la señal, es decir manda una señal para mantener el voltaje lo más estable y no genere variaciones en la salida de la corriente y genere daños en los aparatos que estén conectados a este dispositivo (Ptolomeo, 2020).

Figura 10

Transformador



Nota: Fuente (Adigüzel, E, 2023).

2.7 Costos de generación eléctrica para cargas móviles

2.7.1 Cargas móviles

Las cargas móviles son aquellos equipos, luminarias o cualquier elemento que requiera energía eléctrica para su funcionamiento y que tienen la característica de permanecer de manera transitoria en una zona. En el caso de estudio, las cargas móviles se definen como todos los elementos utilizados en la ejecución de las actividades constructivas, tales como esmeriles, máquinas de soldar, luminarias, equipos de termofusión, compresoras, sopladores, estufas, entre otros.

2.7.2 Costos de generación eléctrica

La generación eléctrica comúnmente utilizada en el desarrollo de las actividades constructivas en plantas mineras se basa en la combustión de combustibles fósiles, tales como el diésel o gasolina. La generación se desarrolla en grupos electrógenos que van a ser dimensionados de acuerdo a las cargas requeridas a utilizarse en la zona de influencia.

Capítulo III. Desarrollo del trabajo de investigación

3.1 Consumo de combustible de grupos electrógenos

En los trabajos de construcción electromecánica ejecutados por la empresa CUMBRA realizado en el proyecto Coarse particles flotation en la unidad minera Quellaveco durante los años 2023 y 2024 (inicio 01-01-2023 a fin 22-01-2024) se utilizaron 30 grupos electrógenos. Estos tuvieron un consumo total de combustible de 138 mil galones de diésel D2 en un tiempo de utilización de 58 mil horas.

Con los datos recopilados diariamente del consumo de combustible y tiempo de utilización de los grupos electrógenos por el área de mantenimiento de equipos listados en el Anexo 1, se calcula el índice de consumo (gl/hr), dato que nos servirá posteriormente para calcular la energía generada por los grupos electrógenos en su tiempo de utilización.

$$\text{Índice de consumo } \left(\frac{\text{gl}}{\text{hr}} \right) = \frac{\text{Consumo de combustible (gl)}}{\text{Tiempo de utilización (hr)}} \dots\dots\dots(1)$$

En la Tabla 3 se aprecia el resumen de los datos recopilados durante el periodo 2023-2024 y el índice de consumo. Obteniéndose que de forma más habitual se tiene un índice de consumo de combustible entre 1.181 y 2.610 como se aprecia en la figura 11. Debido al poco tiempo de utilización del ítem 10 se desestima su cálculo e inclusión dentro del análisis.

Tabla 3

Índice de consumo de grupos electrógenos CPF Periodo 2023-2024

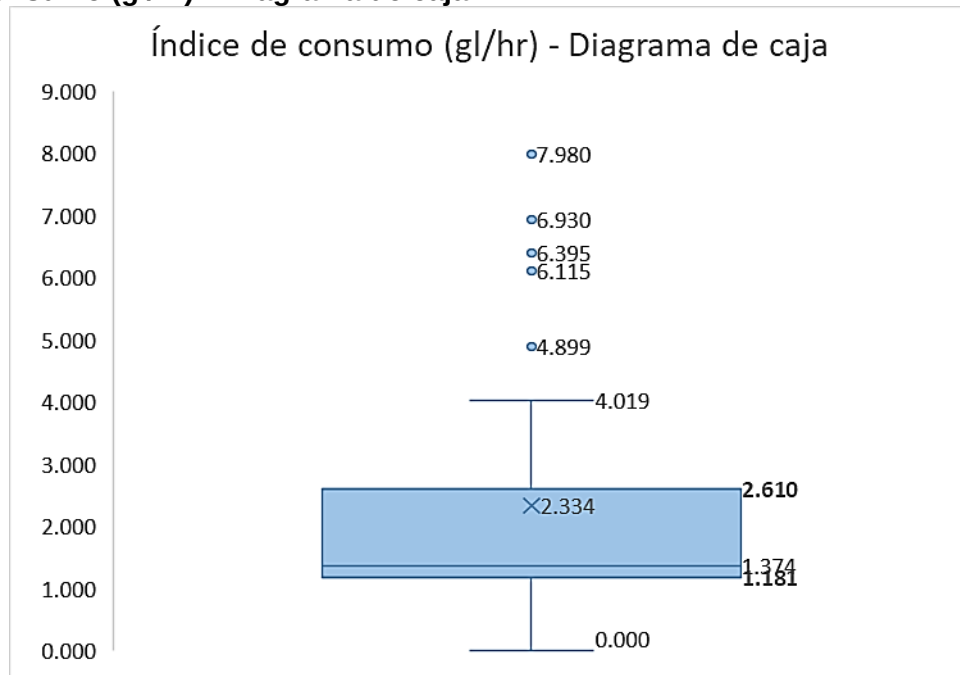
Item	Grupo electrógeno	Consumo combustible (gl)	Horas utilización (hr)	Índice Consumo (gl/hr)
1	0003100800 GRUPO ELECTROGENO - DE100CB - 180 KW	9,159.80	3,120.00	2.659
2	0003100801 GRUPO ELECTROGENO - DE3330-CB -	11,527.60	4,309.00	2.423
3	0003100802 GRUPO ELECTROGENO - RPS 31-C -	1,788.20	1,267.00	1.462
4	0003100803 GRUPO ELECTROGENO - DP150 NM1 -	4,524.80	4,274.00	1.065
5	0003100805 GRUPO ELECTROGENO - DP150 NM1 -	339.50	341.00	0.977

Item	Grupo electrógeno	Consumo combustible (gl)	Horas utilización (hr)	Índice Consumo (gl/hr)
6	0003100808 GRUPO ELECTROGENO - TG35JDLS - 220 KW	7,436.74	1,548.00	4.899
7	0003100809 GRUPO ELECTROGENO - DE65-EO -	1,535.80	2,153.00	0.734
8	0003100810 GRUPO ELECTROGENO - DE100CB - 400 KW	37,098.33	5,068.00	6.930
9	0003100811 GRUPO ELECTROGENO - GEP125-CB - 125 KW	369.80	279.10	1.278
10	0003100813 GRUPO ELECTROGENO - GEP75-1 - 60 KW	28.00	0.10	0.000
11	0003100816 GRUPO ELECTROGENO - GEP110 -	4,273.30	3,471.70	1.230
12	0003100817 GRUPO ELECTROGENO - MP-82 I -	189.50	139.00	1.250
13	0003100818 GRUPO ELECTROGENO - GEP169-CB -	1,322.40	1,350.50	0.952
14	0003100819 GRUPO ELECTROGENO - QAC1100 SD – TWIN POWER -	850.40	131.00	6.395
15	0003100820 GRUPO ELECTROGENO - QAC1100 SD – TWIN POWER -	470.10	63.00	6.115
16	0003100821 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	1,613.60	599.56	2.594
17	0003100822 GRUPO ELECTROGENO - DE18-CB -	1,115.30	917.00	1.195
18	0003100823 GRUPO ELECTROGENO - APD 125C-6 -	1,332.91	1,051.00	1.254
19	0003100824 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	10,723.00	2,655.60	4.019
20	0003100825 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	149.50	42.00	2.402
21	0003100826 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	3,363.90	2,469.00	1.352
22	0003100827 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	5,978.20	3,290.68	1.816
23	0003100828 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	9,169.10	1,125.00	7.980
24	0003100829 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	3,523.30	2,528.50	1.395
25	0003100830 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	4,554.00	3,779.00	1.197
26	00031104CB GRUPO ELECTROGENO - GEP110 - 100 KW	5,926.80	4,026.00	1.454
27	00031115CB GRUPO ELECTROGENO - DE18-CB - 100 KW	2,107.60	1,584.00	1.269
28	00031219CB GRUPO ELECTROGENO - GEP125-CB -	4,359.70	3,879.00	1.140
29	00031320CB GRUPO ELECTROGENO - DE65-EO - 75 KW	2,073.90	1,860.00	1.094
30	00031854GR GRUPO ELECTROGENO - GEP125-1CB - 100 KW	1,410.00	1,002.00	1.483

Nota: Fuente (Elaboración propia)

Figura 11

Índice de consumo (gl/hr) – Diagrama de caja



Nota: Fuente (Elaboración propia)

3.2 Cálculo de energía generada por grupo electrógeno

Para poder obtener la energía generada por cada grupo electrógeno (GE) se utilizará la ecuación 2 que nos brindará en base al índice de consumo la potencia generada por el grupo electrógeno. Una vez se calcule la potencia generada realizamos la multiplicación por la cantidad de horas que trabajo cada grupo electrógeno para así poder obtener la energía que genero dicho grupo durante su tiempo de utilización.

$$Potencia\ GE\ (kW) = \frac{Índice\ consumo\ (l/hr)}{0.3} \quad (2)$$

$$Energía\ generada\ GE\ (kWh) = Potencia\ GE\ (kW) \times Tiempo\ de\ utilización\ (hr) \quad (3)$$

Se ejecutan los cálculos con los datos obtenidos en la Tabla 3, obteniendo un total de energía generada por los grupos electrógenos de 117 957 kWh:

Tabla 4

Energía generada por grupos electrógenos CPF Periodo 2023-2024

Item	Grupo electrógeno	Horas utilización (hr)	Índice Consumo (gl/hr)	Energía generada GE (kWh)
1	0003100800 GRUPO ELECTROGENO - DE100CB - 180 KW	3,120.00	2.659	7,304.97
2	0003100801 GRUPO ELECTROGENO - DE3330-CB -	4,309.00	2.423	9,194.69
3	0003100802 GRUPO ELECTROGENO - RPS 31-C -	1,267.00	1.462	1,630.95
4	0003100803 GRUPO ELECTROGENO - DP150 NM1 -	4,274.00	1.065	4,006.69
5	0003100805 GRUPO ELECTROGENO - DP150 NM1 -	341.00	0.977	293.38
6	0003100808 GRUPO ELECTROGENO - TG35JDLS - 220 KW	1,548.00	4.899	6,677.56
7	0003100809 GRUPO ELECTROGENO - DE65-EO -	2,153.00	0.734	1,392.37
8	0003100810 GRUPO ELECTROGENO - DE100CB - 400 KW	5,068.00	6.930	30,925.31
9	0003100811 GRUPO ELECTROGENO - GEP125-CB - 125 KW	279.10	1.278	314.21
10	0003100813 GRUPO ELECTROGENO - GEP75-1 - 60 KW	0.10	0.000	0.00
11	0003100816 GRUPO ELECTROGENO - GEP110 -	3,471.70	1.230	3,761.35
12	0003100817 GRUPO ELECTROGENO - MP-82 I -	139.00	1.250	153.00
13	0003100818 GRUPO ELECTROGENO - GEP169-CB -	1,350.50	0.952	1,131.98
14	0003100819 GRUPO ELECTROGENO - QAC1100 SD – TWIN POWER -	131.00	6.395	737.74
15	0003100820 GRUPO ELECTROGENO - QAC1100 SD – TWIN POWER -	63.00	6.115	339.21
16	0003100821 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	599.56	2.594	1,369.61
17	0003100822 GRUPO ELECTROGENO - DE18-CB -	917.00	1.195	964.67
18	0003100823 GRUPO ELECTROGENO - APD 125C-6 -	1,051.00	1.254	1,160.95
19	0003100824 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	2,655.60	4.019	9,398.74
20	0003100825 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	42.00	2.402	88.85
21	0003100826 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	2,469.00	1.352	2,940.47
22	0003100827 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	3,290.68	1.816	5,261.41
23	0003100828 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	1,125.00	7.980	7,904.95
24	0003100829 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	2,528.50	1.395	3,105.16

Item	Grupo electrógeno	Horas utilización (hr)	Índice Consumo (gl/hr)	Energía generada GE (kWh)
25	0003100830 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	3,779.00	1.197	3,983.02
26	00031104CB GRUPO ELECTROGENO - GEP110 - 100 KW	4,026.00	1.454	5,153.50
27	00031115CB GRUPO ELECTROGENO - DE18-CB - 100 KW	1,584.00	1.269	1,770.60
28	00031219CB GRUPO ELECTROGENO - GEP125-CB -	3,879.00	1.140	3,892.36
29	00031320CB GRUPO ELECTROGENO - DE65-EO - 75 KW	1,860.00	1.094	1,791.57
30	00031854GR GRUPO ELECTROGENO - GEP125-1CB - 100 KW	1,002.00	1.483	1,308.20
TOTAL				117,957.47

Nota: Fuente (Elaboración propia)

3.3 Cálculo de energía del sistema fotovoltaico

El cálculo de para el dimensionamiento para generar energía está diseñado para sitios lejanos de la ciudad que no estén provistos del servicio, como instalaciones aisladas, que constan de panel fotovoltaicos, acumuladores de energía, reguladores y diferentes tipos de inversores AC/DC.

3.3.1 Diseño del sistema fotovoltaico

El diseño del generador está pensado en la alimentación de equipos móviles en obras electromecánicas con la finalidad de poder reducir costos en el uso de combustibles fósiles, para lo cual se analiza algunos factores como la potencia que podría utilizarse, el voltaje para la utilización de equipos.

$$\text{Energía} = \text{Potencia} * \text{Tiempo} \quad (4)$$

Para este caso de análisis se plantea la idea de un conjunto de paneles solares que permitan la captación de luz solar y generar energía con la finalidad de ahorrar en el uso de combustibles fósiles utilizando recursos naturales para satisfacer la demanda de energía (Fuentes , 2019).

La idea de poder establecer un tipo de parque solar es lo más próximo pues se necesitarían un conjunto de paneles para poder satisfacer las necesidades en el sitio. En si constase de los siguientes elementos:

- Paneles solares
- Baterías de almacenamiento
- Medidor de corriente

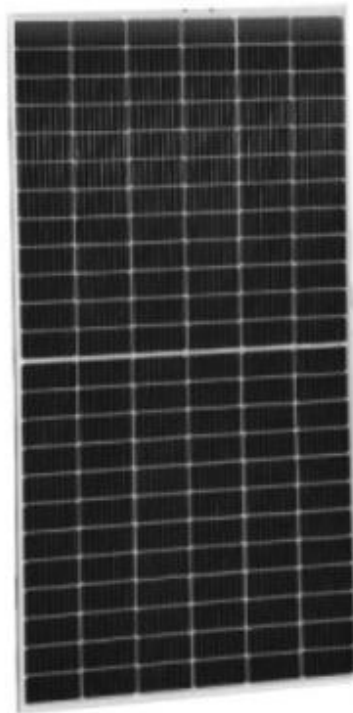
Para el cálculo se tomará como consideración el área física que emplean los grupos electrógenos para poder realizar en esta la instalación de los paneles solares. Se tiene esta consideración ya que el espacio en las obras electromecánicas es limitado, siendo esta la principal restricción para la cantidad de paneles solares que se podrán disponer. Se considerarán aproximadamente 8 m² de área física para la disposición de paneles solares, configurados en 4 m de largo por 2 m de ancho, de forma estándar los paneles solares tienen medidas aproximadas de 2 m de largo por 1 m de ancho. Con estas medidas se tiene el espacio para poder realizar la instalación de 4 paneles solares.

3.3.2 Selección del panel solar

El panel solar que se eligió para este proyecto es Panel Solar 550W Monocristalino PERC Tensite, y este tipo de panel cuenta con características técnicas de excelentes características pues las células de silicio en la que está diseñado aumentan su eficiencia un 21.3%, además de su tamaño compacto ofrece una captación excelente de energía también por la calidad y accesibilidad en la distribución a nivel mundial, pues su accesibilidad al momento de adquirirlo a proveedores es buena, así como el acceso a repuestos y mantenimiento.

Figura 12

Panel solar 550W Monocristalino PERC Tensite



Nota: Fuente (Auto Solar, 2022).

Algunas de las especificaciones técnicas que tiene este panel son las siguientes, la ficha técnica se describe en el Anexo 2:

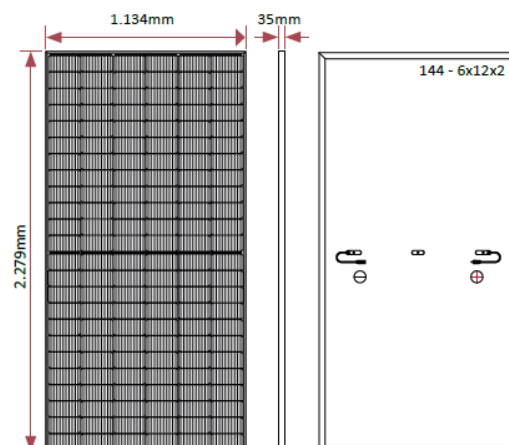
- Potencia máxima (P_{MAX}): 550W
- Voltaje a máxima potencia (V_{MPP}): 41.95V
- Intensidad a máxima potencia (I_{MPP}): 13.12
- Voltaje en circuito abierto (V_{OC}): 49.80V
- Intensidad en cortocircuito (I_{SC}): 13.98
- Eficiencia del módulo: 21.3%
- Protección: IP68

Las dimensiones reales del panel solar 550W Monocristalino PERC Tensite se describen en la Figura 13, teniendo un ancho de 1.134 m y un largo de 2.279 m.

Figura 13

Características mecánicas del panel solar 550W Monocristalino PERC Tensite

Características mecánicas	
Cubierta frontal (material/espesor)	Vidrio templado / 3.2mm
Peso del módulo	27,2 kg
Dimensiones del módulo (L / W / H)	2.279 x 1.134 x 35mm
Lámina de protección posterior	TPT en blanco
Células (cantidad/material)	144 (6x12x2) / Silicio mono
Marco (material/color)	Aluminio anodizado / Plata
Grado protección caja de conexiones	≥ IP68
Cables y conectores	4mm ² , long. 1.400mm
Clasificación de calidad	Clase A
Clase de protección eléctrica	Clase II
Clase de seguridad contra incendios	Clase C



Nota: Fuente (Auto Solar, 2022).

Para el análisis del sistema fotovoltaico mantendremos una cantidad de 4 paneles solares, por lo tanto, el área real necesaria será de 10.338 m².

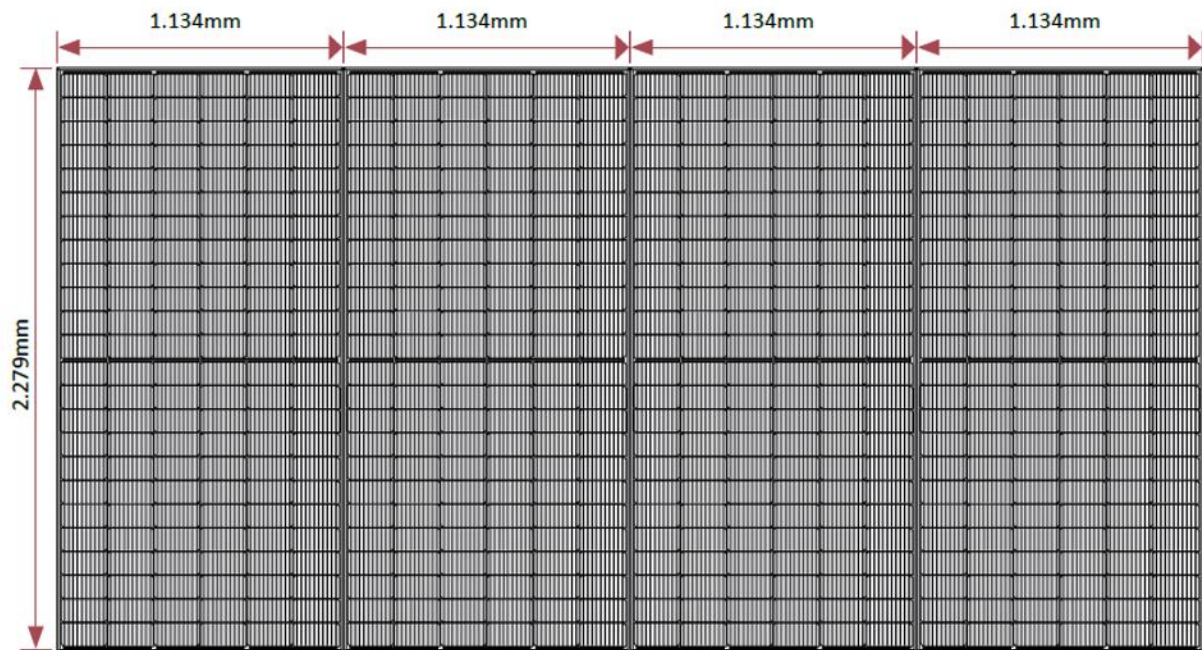
$$\text{Área} = \text{largo} \times \text{ancho}$$

$$\text{Área} = (4 \times 1.134 \text{ m}) \times 2.279 \text{ m}$$

$$\text{Área} = 10.338 \text{ m}^2$$

Figura 14

Disposición de 4 paneles solares



3.3.3 Selección de baterías

Otro de los aspectos a considerar es el análisis de las baterías de Litio 4.8kWh 48V TS-L5000/LV Tensite que son un tipo de acumuladores que están compuestos por tecnologías de litio con capacidades de almacenamiento de 4,8 kWh. En la que se puede visualizar los niveles de carga y descarga a través de plataformas para un mejor control del sistema fotovoltaico. Este modelo puede trabajar con una tensión nominal de 48V que en sí son compatibles con inversores solares modernos ofreciendo más de 6000 ciclos de vida al 80% DOD con un tiempo de vida estimado de hasta 10 años. En la Figura 15 se visualizan algunos datos técnicos y en el Anexo 3 el resto de los valores en su ficha técnica.

Figura 15

Datos técnicos de la batería

Datos técnicos de la Batería Litio 4.8kWh 48V TS-L5000/LV Tensite	
Capacidad nominal	4,8 kWh
Voltaje nominal	48 Vdc
Corriente nominal	60 A
DOD máximo recomendado	97%
Comunicación	CAN / RS485
Eficiencia	22,60 %

Nota: Fuente (Auto Solar, 2022).

La profundidad de descarga en una batería es el porcentaje de la capacidad total de esta batería que se ha descargado, se obtiene dividiendo la capacidad en la que se descarga una batería completamente cargada entre la capacidad nominal de la misma.

Figura 16

Batería de Litio 4.8kWh 48V TS-L5000/LV Tensite



Nota: Fuente (Auto Solar, 2022).

3.3.4 Datos geográficos

Para un diseño apto del sistema fotovoltaico se emplearon datos de la zona de Moquegua unidad minera Quellaveco, como se observa en la Figura 17 donde el promedio de radiación solar es de 6078Wh/m² al día.

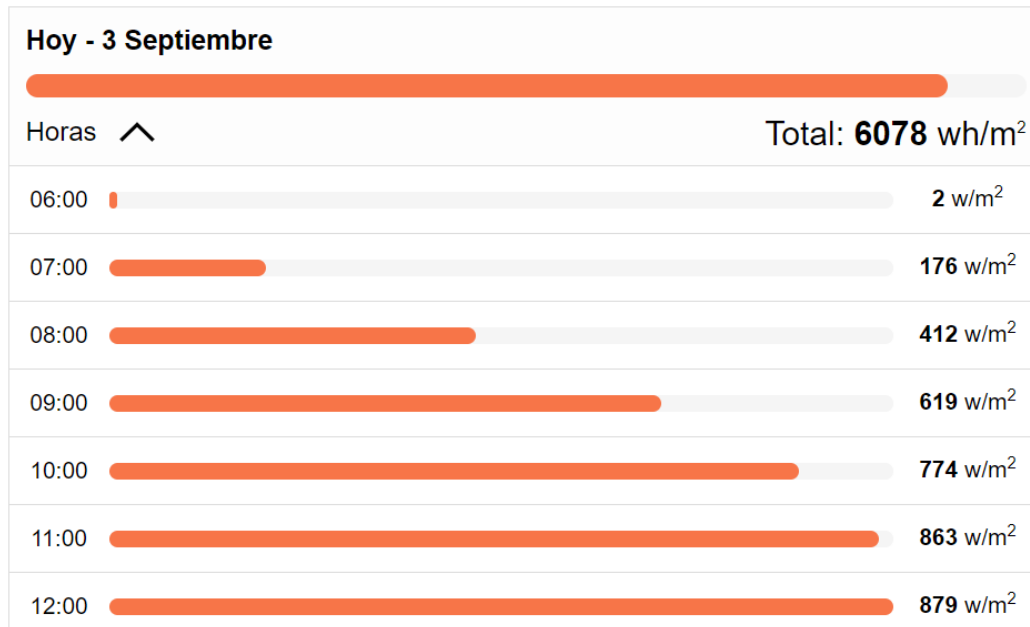
Además, se consideran otros aspectos ambientales como:

- Localización: 17°06'15"S 70°37'12"O

- Temperatura: máximo 33 °C y mínimo 9 °C
- Altura sobre el nivel del mar: 3500 m s. n. m.

Figura 17

Radiación solar de Moquegua
Radiación solar



Nota: Fuente (INEI, 2020).

Para los cálculos del sistema fotovoltaico es necesario conocer la hora solar pico (HSP), la cual nos indica la energía por unidad de superficie que se recibiría con una hipotética irradiancia solar constante de 1000 W/m². El dato de HSP lo obtendremos de la información internacional brindada por la página web de la NASA (NASA Prediction Of Worldwide Energy Resources, 2024), ubicando la consecución de la información en base a las coordenadas de la unidad minera Quellaveco 17°06'15"S 70°37'12"O.

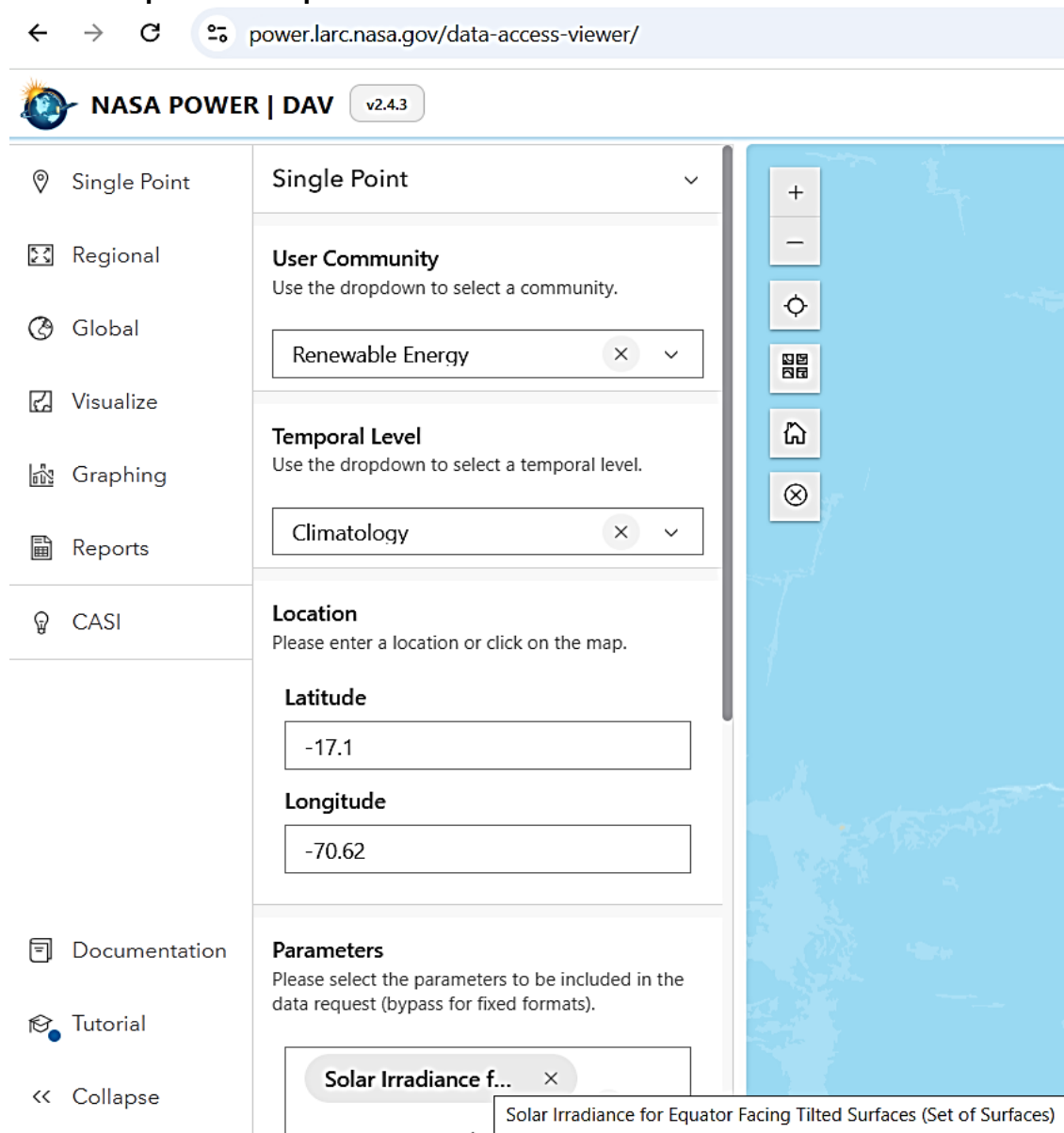
Coordenadas de la unidad minera Quellaveco 17°06'15"S 70°37'12"O



39

Figura 19

Selección de parámetros para obtención de HSP



Nota: Fuente (NASA Prediction Of Worldwide Energy Resources, 2024).

Finalmente calculamos el promedio anual de la irradiancia solar para superficies inclinadas orientadas al ecuador, las HSP en la unidad minera Quellaveco son 6.785.

Tabla 5

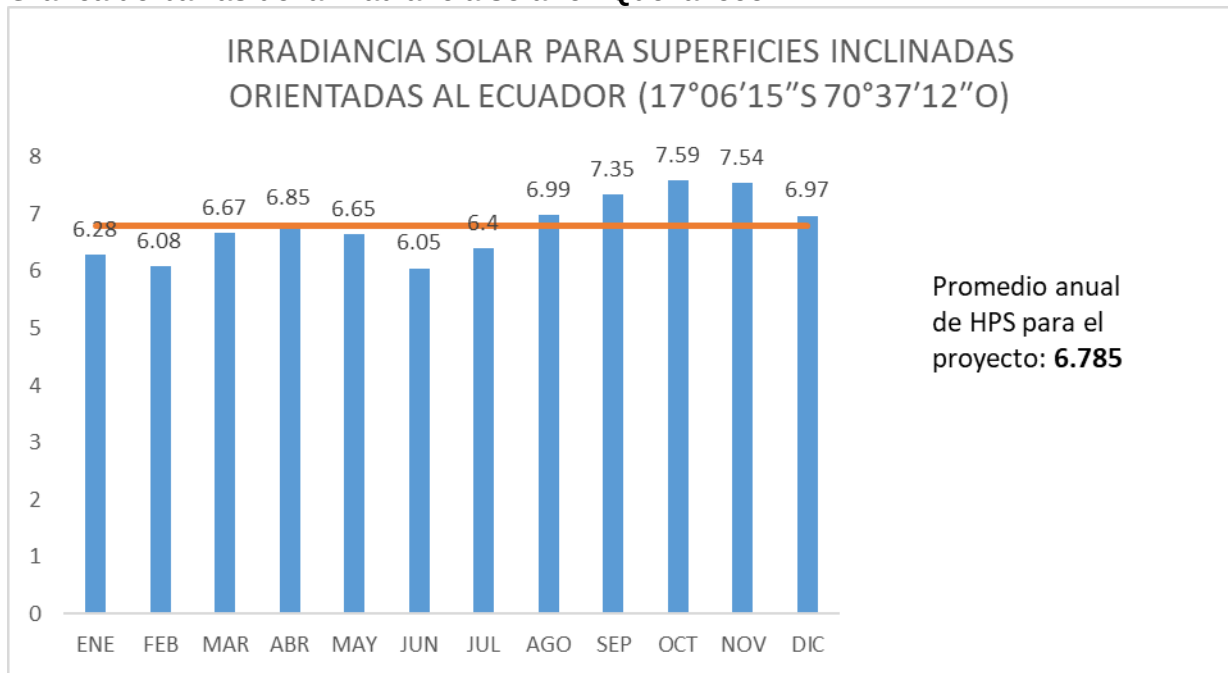
Promedio anual de irradiancia solar para superficies inclinadas orientadas al Ecuador de la unidad minera Quellaveco

PARÁMETRO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO ANUAL
IRRADIANCIA SOLAR PARA SUPERFICIES INCLINADAS ORIENTADAS AL ECUADOR	6.28	6.08	6.67	6.85	6.65	6.05	6.4	6.99	7.35	7.59	7.54	6.97	6.785

Nota: Adaptado de (NASA Prediction Of Worldwide Energy Resources, 2024).

Figura 20

Gráfica de barras de la irradiancia solar en Quellaveco



Nota: Fuente (Elaboración propia)

3.3.5 Cálculo de energía generada del sistema fotovoltaico

Tal como se describió anteriormente, la ecuación para calcular la energía en base a la potencia y tiempo es:

$$\text{Energía} = \text{Potencia} \times \text{Tiempo} \quad (4)$$

Adecuando la ecuación 4 al cálculo de energía generada en un sistema fotovoltaico (SF) tendremos, los datos estarán en base a las condiciones estándar de medida STC irradiación a 1000 W/m²:

$$\text{Energía generada SF} = \text{Potencia real SF} \times \text{Tiempo utilización} \quad (5)$$

Potencia real del sistema fotovoltaico

Para la obtención de la potencia real del sistema fotovoltaico debemos afectar la máxima potencia de cada panel (Wp) por la eficiencia de los paneles fotovoltaicos y por la eficiencia del inversor. Así como por la cantidad de paneles solares dispuestos.

$$\text{Potencia real SF} = \text{Eficiencia inversor} \times (\text{Cant. paneles} \times \text{Potencia real panel}) \quad (6)$$

La eficiencia del panel fotovoltaico está representada por la garantía lineal de potencia del panel a lo largo de su vida útil. Este dato nos va a asegurar que a lo largo de su tiempo de utilización no va a disminuir su captación de energía solar a un valor menor que el de la garantía lineal de potencia.

$$\text{Potencia real panel} = \text{Garantía lineal potencia panel} \times \text{Máxima potencia panel} \quad (7)$$

Desarrollando la ecuación 7, obtenemos los datos requeridos de la ficha técnica del panel del Anexo 2:

- Máxima potencia panel (Wp): 550 W
- Garantía lineal potencia panel: 84.5%

$$\text{Potencia real panel} = \text{Garantía lineal potencia panel} \times \text{Máxima potencia panel} \quad (7)$$

$$\text{Potencia real panel} = 84.5\% \times 550 \text{ W}$$

$$\text{Potencia real panel} = 464.75 \text{ W}$$

Reemplazando el dato de potencia real del panel en la ecuación 6 y obteniendo el valor de la eficiencia del inversor de la ficha técnica del inversor en el Anexo 4:

- Eficiencia del inversor: 98.3%

$$\text{Potencia real SF} = \text{Eficiencia inversor} \times (\text{Cant. paneles} \times \text{Potencia real panel}) \quad (6)$$

$$\text{Potencia real SF} = 98.3\% \times (4 \times 464.75 \text{ W})$$

$$\text{Potencia real SF} = 98.3\% \times (4 \times 464.75 \text{ W})$$

$$\text{Potencia real SF} = 1.827 \text{ kW}$$

Por lo tanto, la potencia real que genera el sistema fotovoltaico diseñado es de 1.827 kW.

Tiempo de utilización. El tiempo de utilización que tendrá el sistema fotovoltaico será el mismo periodo 2023-2024 en el que trabajaron los grupos electrógenos, para de esta forma manejar el escenario en que el sistema fotovoltaico se encontrase instalado sobre los grupos electrógenos que trabajaron en el proyecto CPF y poder así realizar el análisis sobre el beneficio que se pudo obtener con la instalación de este proyecto.

$$\text{Tiempo utilización} = \text{Días utilización GE} \times \text{HSP} \quad (8)$$

Los días de utilización los obtenemos del Anexo 1, los cuales son la diferencia entre el día fin de utilización del grupo electrógeno y el día de inicio de utilización del grupo electrógeno. Estos datos están representados en la Tabla 6.

Tabla 6

Días de utilización de grupos electrógenos en proyecto CPF

Item	Grupo electrógeno	Inicio	Fin	Días de utilización GE
1	0003100800 GRUPO ELECTROGENO - DE100CB - 180 KW	1/01/2023	23/07/2023	203
2	0003100801 GRUPO ELECTROGENO - DE3330-CB -	1/01/2023	5/08/2023	216
3	0003100802 GRUPO ELECTROGENO - RPS 31-C -	1/01/2023	21/02/2023	51
4	0003100803 GRUPO ELECTROGENO - DP150 NM1 -	1/01/2023	3/08/2023	214
5	0003100805 GRUPO ELECTROGENO - DP150 NM1 -	1/01/2023	7/02/2023	37
6	0003100808 GRUPO ELECTROGENO - TG35JDLS - 220 KW	1/01/2023	4/03/2023	62
7	0003100809 GRUPO ELECTROGENO - DE65-EO -	1/01/2023	30/03/2023	88
8	0003100810 GRUPO ELECTROGENO - DE100CB - 400 KW	1/01/2023	23/07/2023	203
9	0003100811 GRUPO ELECTROGENO - GEP125-CB - 125 KW	27/01/2023	10/03/2023	42
10	0003100813 GRUPO ELECTROGENO - GEP75-1 - 60 KW	-	-	-
11	0003100816 GRUPO ELECTROGENO - GEP110 -	10/03/2023	1/08/2023	144

Item	Grupo electrógeno	Inicio	Fin	Días de utilización GE
12	0003100817 GRUPO ELECTROGENO - MP-82 I -	12/03/2023	12/05/2023	61
13	0003100818 GRUPO ELECTROGENO - GEP169-CB -	10/05/2023	22/01/2024	257
14	0003100819 GRUPO ELECTROGENO - QAC1100 SD – TWIN POWER -	23/05/2023	12/06/2023	20
15	0003100820 GRUPO ELECTROGENO - QAC1100 SD – TWIN POWER -	23/05/2023	5/06/2023	13
16	0003100821 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	5/06/2023	17/08/2023	73
17	0003100822 GRUPO ELECTROGENO - DE18-CB -	12/06/2023	26/07/2023	44
18	0003100823 GRUPO ELECTROGENO - APD 125C-6 -	9/08/2023	27/12/2023	140
19	0003100824 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	7/08/2023	15/12/2023	130
20	0003100825 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	28/07/2023	2/08/2023	5
21	0003100826 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	4/08/2023	16/11/2023	104
22	0003100827 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	31/07/2023	19/01/2024	172
23	0003100828 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	5/08/2023	23/09/2023	49
24	0003100829 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	3/08/2023	16/11/2023	105
25	0003100830 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	27/07/2023	5/01/2024	162
26	00031104CB GRUPO ELECTROGENO - GEP110 - 100 KW	1/01/2023	17/06/2023	167

Item	Grupo electrógeno	Inicio	Fin	Días de utilización GE
27	00031115CB GRUPO ELECTROGENO - DE18-CB - 100 KW	1/01/2023	7/03/2023	65
28	00031219CB GRUPO ELECTROGENO - GEP125-CB -	1/01/2023	27/07/2023	207
29	00031320CB GRUPO ELECTROGENO - DE65-EO - 75 KW	1/01/2023	5/07/2023	185
30	00031854GR GRUPO ELECTROGENO - GEP125-1CB - 100 KW	1/01/2023	17/06/2023	167

Nota: Fuente (Elaboración propia)

Posteriormente realizamos la multiplicación de los días de utilización de los grupos electrógenos por la hora solar pico (HSP) obtenida en la tabla 5, el cual tiene un valor de 6.785.

$$\text{Tiempo utilización} = \text{Días utilización GE} * \text{HSP} \quad (8)$$

$$\text{Tiempo utilización} = \text{Días utilización GE} * 6.785$$

Tabla 7

Tiempo de utilización de paneles solares

Item	Grupo electrógeno	Días de utilización GE	Tiempo utilización (h)
1	0003100800 GRUPO ELECTROGENO - DE100CB - 180 KW	203	1377.36
2	0003100801 GRUPO ELECTROGENO - DE3330-CB -	216	1465.56
3	0003100802 GRUPO ELECTROGENO - RPS 31-C -	51	346.04
4	0003100803 GRUPO ELECTROGENO - DP150 NM1 -	214	1451.99
5	0003100805 GRUPO ELECTROGENO - DP150 NM1 -	37	251.05
6	0003100808 GRUPO ELECTROGENO - TG35JDLS - 220 KW	62	420.67

Item	Grupo electrógeno	Días de utilización GE	Tiempo utilización (h)
7	0003100809 GRUPO ELECTROGENO - DE65-EO -	88	597.08
8	0003100810 GRUPO ELECTROGENO - DE100CB - 400 KW	203	1377.36
9	0003100811 GRUPO ELECTROGENO - GEP125-CB - 125 KW	42	284.97
10	0003100813 GRUPO ELECTROGENO - GEP75-1 - 60 KW	-	-
11	0003100816 GRUPO ELECTROGENO - GEP110 -	144	977.04
12	0003100817 GRUPO ELECTROGENO - MP-82 I -	61	413.89
13	0003100818 GRUPO ELECTROGENO - GEP169-CB -	257	1743.75
14	0003100819 GRUPO ELECTROGENO - QAC1100 SD – TWIN POWER -	20	135.70
15	0003100820 GRUPO ELECTROGENO - QAC1100 SD – TWIN POWER -	13	88.21
16	0003100821 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	73	495.31
17	0003100822 GRUPO ELECTROGENO - DE18-CB -	44	298.54
18	0003100823 GRUPO ELECTROGENO - APD 125C-6 -	140	949.90
19	0003100824 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	130	882.05
20	0003100825 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	5	33.93
21	0003100826 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	104	705.64

Item	Grupo electrógeno	Días de utilización GE	Tiempo utilización (h)
22	0003100827 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	172	1167.02
23	0003100828 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	49	332.47
24	0003100829 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	105	712.43
25	0003100830 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	162	1099.17
26	00031104CB GRUPO ELECTROGENO - GEP110 - 100 KW	167	1133.10
27	00031115CB GRUPO ELECTROGENO - DE18-CB - 100 KW	65	441.03
28	00031219CB GRUPO ELECTROGENO - GEP125-CB -	207	1404.50
29	00031320CB GRUPO ELECTROGENO - DE65-EO - 75 KW	185	1255.23
30	00031854GR GRUPO ELECTROGENO - GEP125-1CB - 100 KW	167	1133.10

Nota: Fuente (Elaboración propia)

Energía generada por el sistema fotovoltaico. Según lo indicado en la ecuación 5 en base a las condiciones estándar de medida STC irradiación a 1000 W/m², remplazando la potencia real del sistema fotovoltaico calculada en 1.827 kW y multiplicando por los datos de tiempo de utilización de cada sistema fotovoltaico obtenidos en la Tabla 7 obtenemos la energía generada por cada sistema fotovoltaico asociado a los 30 grupos electrógenos utilizados en el proyecto CPF en la Tabla 8.

Se obtiene un valor total de la energía generada por el parque solar de sistema fotovoltaicos de 42 MWh.

$$\text{Energía generada SF} = \text{Potencia real SF} * \text{Tiempo utilización} \quad (5)$$

$$\text{Energía generada SF} = 1.827 \text{ kW} * \text{Tiempo utilización}$$

Tabla 8

Energía generada por Sistemas fotovoltaicos

Item	Grupo electrógeno	Tiempo utilización (h)	Energía generada SF (kWh)
1	0003100800 GRUPO ELECTROGENO - DE100CB - 180 KW	1377.36	2516.97
2	0003100801 GRUPO ELECTROGENO - DE3330-CB -	1465.56	2678.16
3	0003100802 GRUPO ELECTROGENO - RPS 31-C -	346.04	632.34
4	0003100803 GRUPO ELECTROGENO - DP150 NM1 -	1451.99	2653.36
5	0003100805 GRUPO ELECTROGENO - DP150 NM1 -	251.05	458.76
6	0003100808 GRUPO ELECTROGENO - TG35JDLS - 220 KW	420.67	768.73
7	0003100809 GRUPO ELECTROGENO - DE65-EO -	597.08	1091.10
8	0003100810 GRUPO ELECTROGENO - DE100CB - 400 KW	1377.36	2516.97
9	0003100811 GRUPO ELECTROGENO - GEP125-CB - 125 KW	284.97	520.75
10	0003100813 GRUPO ELECTROGENO - GEP75-1 - 60 KW	-	-
11	0003100816 GRUPO ELECTROGENO - GEP110 -	977.04	1785.44
12	0003100817 GRUPO ELECTROGENO - MP-82 I -	413.89	756.33
13	0003100818 GRUPO ELECTROGENO - GEP169-CB -	1743.75	3186.51
14	0003100819 GRUPO ELECTROGENO - QAC1100 SD – TWIN POWER -	135.70	247.98
15	0003100820 GRUPO ELECTROGENO - QAC1100 SD – TWIN POWER -	88.21	161.19
16	0003100821 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	495.31	905.12
17	0003100822 GRUPO ELECTROGENO - DE18-CB -	298.54	545.55
18	0003100823 GRUPO ELECTROGENO - APD 125C-6 -	949.90	1735.84
19	0003100824 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	882.05	1611.86
20	0003100825 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	33.93	61.99
21	0003100826 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	705.64	1289.48
22	0003100827 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	1167.02	2132.61
23	0003100828 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	332.47	607.55
24	0003100829 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	712.43	1301.88

Item	Grupo electrógeno	Tiempo utilización (h)	Energía generada SF (kWh)
25	0003100830 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	1099.17	2008.62
26	00031104CB GRUPO ELECTROGENO - GEP110 - 100 KW	1133.10	2070.61
27	00031115CB GRUPO ELECTROGENO - DE18-CB - 100 KW	441.03	805.93
28	00031219CB GRUPO ELECTROGENO - GEP125-CB -	1404.50	2566.57
29	00031320CB GRUPO ELECTROGENO - DE65-EO - 75 KW	1255.23	2293.79
30	00031854GR GRUPO ELECTROGENO - GEP125-1CB - 100 KW	1133.10	2070.61
TOTAL			41,982.64

Nota: Fuente (Elaboración propia)

3.4 Comparación entre energía generada grupo electrógeno y sistema fotovoltaico

Con los cálculos realizados en los apartados 5.2 cálculo de energía generada por grupo electrógeno y 5.3 cálculo de energía del sistema fotovoltaico se realiza la comparación entre estos valores de igual magnitud (kWh) para poder determinar el porcentaje en el que disminuiría el consumo de combustible fósil con la instalación del sistema fotovoltaico. El valor máximo de reducción del consumo de combustible no podrá superar el valor de 100%, ya que al ser un sistema fotovoltaico aislado el excedente de energía que no consumiría el usuario no podría ser inyectado a la red eléctrica.

La cantidad de consumo de combustible que disminuiría en referencia al combustible utilizado por los grupos electrógenos es proporcional a la cantidad de energía generada por el sistema fotovoltaico en referencia a la cantidad de energía generada por el grupo electrógeno. La energía generada por el sistema fotovoltaico cubriría un porcentaje de la energía consumida para la ejecución de actividades del proyecto CPF, energía que fue generada por cada grupo electrógeno.

$$\text{Porcentaje Disminución de consumo de combustible} = \frac{\text{Energía generada SF}}{\text{Energía generada GE}} \quad (9)$$

$$\frac{\text{Disminución de consumo de combustible}}{\text{Consumo de combustible GE}} = \frac{\text{Energía generada SF}}{\text{Energía generada GE}} \quad (10)$$

Tabla 9

Disminución de consumo de combustible (gl)

Item	Grupo electrógeno	Consumo combustible (gl)	Energía generada GE (kWh)	Energía generada SF (kWh)	Porcentaje de disminución de consumo de combustible	Disminución de consumo de combustible (gl)
1	0003100800 GRUPO ELECTROGENO - DE100CB - 180 KW	9,159.80	7,304.97	2,516.97	34%	3,156.07
2	0003100801 GRUPO ELECTROGENO - DE3330-CB -	11,527.60	9,194.69	2,678.16	29%	3,357.67
3	0003100802 GRUPO ELECTROGENO - RPS 31-C -	1,788.20	1,630.95	632.34	39%	693.31
4	0003100803 GRUPO ELECTROGENO - DP150 NM1 -	4,524.80	4,006.69	2,653.36	66%	2,996.47
5	0003100805 GRUPO ELECTROGENO - DP150 NM1 -	339.50	293.38	458.76	100%	339.50
6	0003100808 GRUPO ELECTROGENO - TG35JDLS - 220 KW	7,436.74	6,677.56	768.73	12%	856.13
7	0003100809 GRUPO ELECTROGENO - DE65-EO -	1,535.80	1,392.37	1,091.10	78%	1,203.50
8	0003100810 GRUPO ELECTROGENO - DE100CB - 400 KW	37,098.33	30,925.31	2,516.97	8%	3,019.39

Item	Grupo electrógeno	Consumo combustible (gl)	Energía generada GE (kWh)	Energía generada SF (kWh)	Porcentaje de disminución de consumo de combustible	Disminución de consumo de combustible (gl)
9	0003100811 GRUPO ELECTROGENO - GEP125-CB - 125 KW	369.80	314.21	520.75	100%	369.80
10	0003100813 GRUPO ELECTROGENO - GEP75-1 - 60 KW	28.00	-	-	-	-
11	0003100816 GRUPO ELECTROGENO - GEP110 -	4,273.30	3,761.35	1,785.44	47%	2,028.45
12	0003100817 GRUPO ELECTROGENO - MP-82 I -	189.50	153.00	756.33	100%	189.50
13	0003100818 GRUPO ELECTROGENO - GEP169-CB -	1,322.40	1,131.98	3,186.51	100%	1,322.40
14	0003100819 GRUPO ELECTROGENO - QAC1100 SD – TWIN POWER -	850.40	737.74	247.98	34%	285.85
15	0003100820 GRUPO ELECTROGENO - QAC1100 SD – TWIN POWER -	470.10	339.21	161.19	48%	223.38
16	0003100821 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	1,613.60	1,369.61	905.12	66%	1,066.36
17	0003100822 GRUPO ELECTROGENO - DE18-CB -	1,115.30	964.67	545.55	57%	630.74

Item	Grupo electrógeno	Consumo combustible (gl)	Energía generada GE (kWh)	Energía generada SF (kWh)	Porcentaje de disminución de consumo de combustible	Disminución de consumo de combustible (gl)
18	0003100823 GRUPO ELECTROGENO - APD 125C-6 -	1,332.91	1,160.95	1,735.84	100%	1,332.91
19	0003100824 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	10,723.00	9,398.74	1,611.86	17%	1,838.96
20	0003100825 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	149.50	88.85	61.99	70%	104.31
21	0003100826 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	3,363.90	2,940.47	1,289.48	44%	1,475.17
22	0003100827 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	5,978.20	5,261.41	2,132.61	41%	2,423.15
23	0003100828 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	9,169.10	7,904.95	607.55	8%	704.70
24	0003100829 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	3,523.30	3,105.16	1,301.88	42%	1,477.20
25	0003100830 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	4,554.00	3,983.02	2,008.62	50%	2,296.56
26	00031104CB GRUPO ELECTROGENO - GEP110 - 100 KW	5,926.80	5,153.50	2,070.61	40%	2,381.31

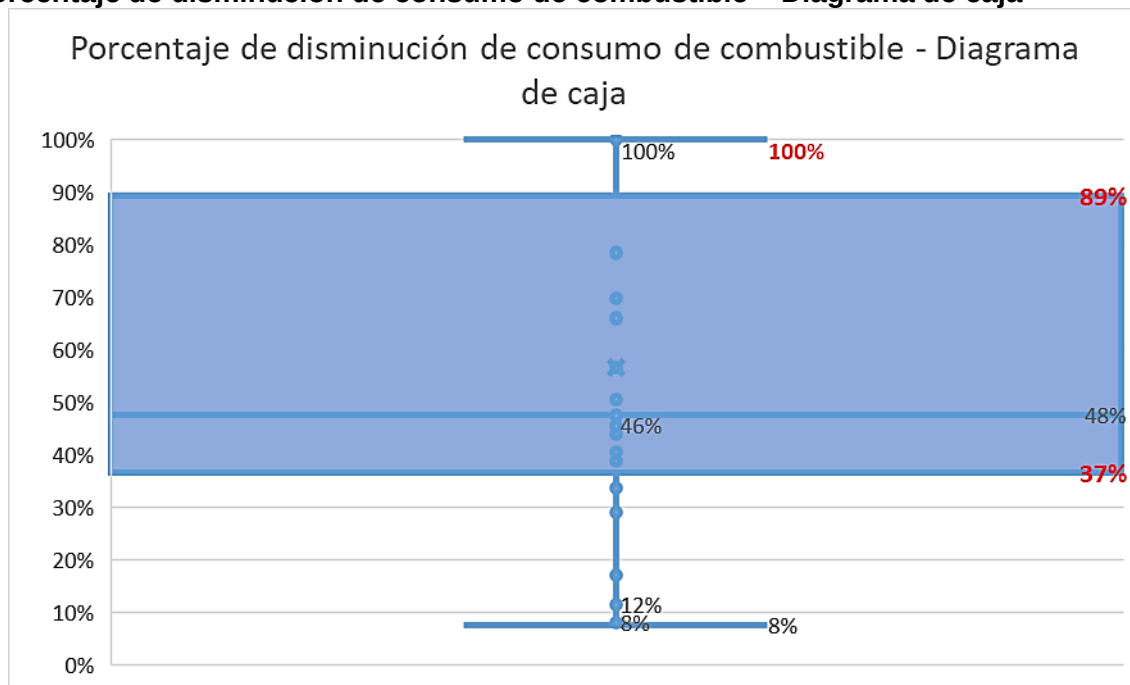
Item	Grupo electrógeno	Consumo combustible (gl)	Energía generada GE (kWh)	Energía generada SF (kWh)	Porcentaje de disminución de consumo de combustible	Disminución de consumo de combustible (gl)
27	00031115CB GRUPO ELECTROGENO - DE18-CB - 100 KW	2,107.60	1,770.60	805.93	46%	959.32
28	00031219CB GRUPO ELECTROGENO - GEP125-CB -	4,359.70	3,892.36	2,566.57	66%	2,874.73
29	00031320CB GRUPO ELECTROGENO - DE65-EO - 75 KW	2,073.90	1,791.57	2,293.79	100%	2,073.90
30	00031854GR GRUPO ELECTROGENO - GEP125-1CB - 100 KW	1,410.00	1,308.20	2,070.61	100%	1,410.00

Nota: Fuente (Elaboración propia)

Agrupando los porcentajes de disminución de consumo de combustible, obtenemos el siguiente diagrama de caja:

Figura 21

Porcentaje de disminución de consumo de combustible – Diagrama de caja



Nota: Fuente (Elaboración propia)

En la Figura 21 visualizamos que la mayor cantidad de casos de análisis (15) se encuentran entre un porcentaje de 37% y 89%, mientras que solamente 7 casos de análisis se encuentran por debajo de este rango.

De igual forma podemos obtener de la Tabla 9 que la moda de los porcentajes de disminución de consumo de combustible es de 100%, encontrándose 7 veces. Mientras que la mediana es 48%.

3.5 Disminución de gasto en combustible

Uno de los objetivos de la instalación de un sistema fotovoltaico es reducir el consumo de combustible fósil y asociado a ello reducir el gasto relacionado al consumo de combustible. Es por ello que se va a multiplicar el consumo de combustible mensual por el precio de referencia ponderado recopilado por Osinergmin, el cambio de dólar/soles y el porcentaje de disminución de combustible calculado en la Tabla 9.

$$\text{Disminución Gasto comb. (US\$)} = \frac{\% \text{ disminución} \times \text{Consumo comb. (gl)} \times \text{Precio ref. } \left(\frac{\text{Sol}}{\text{gl}}\right)}{\text{Tasa cambio } \left(\frac{\text{USS\$}}{\text{Sol}}\right)} \quad (11)$$

3.5.1 Consumo de combustible mensual

El consumo de combustible mensual lo obtenemos del Anexo 1, realizando la suma de los días contemplados en cada uno de los meses del periodo 2023-2024.

Tabla 10

Consumo de combustible mensual en el proyecto CPF (gl)

Item	Grupo electrógeno	Ene- 23	Feb- 23	Mar- 23	Abr- 23	May- 23	Jun- 23	Jul-23	Ago- 23	Set- 23	Oct- 23	Nov- 23	Dic- 23	Ene- 24
1	0003100800 GRUPO ELECTROGENO - DE100CB - 180 KW	2,603	2,421	1,307	55	543	1,231	1,001	0	0	0	0	0	0
2	0003100801 GRUPO ELECTROGENO - DE3330-CB -	458	455	2,311	2,275	1,968	1,789	1,956	316	0	0	0	0	0
3	0003100802 GRUPO ELECTROGENO - RPS 31-C -	1,035	753	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0003100803 GRUPO ELECTROGENO - DP150 NM1 -	292	258	779	777	726	793	822	78	0	0	0	0	0
5	0003100805 GRUPO ELECTROGENO - DP150 NM1 -	267	73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0003100808 GRUPO ELECTROGENO - TG35JDLS - 220 KW	4,013	3,306	118	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0003100809 GRUPO ELECTROGENO - DE65-EO -	557	453	525	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0003100810 GRUPO ELECTROGENO - DE100CB - 400 KW	3,361	4,034	5,268	5,819	6,104	5,641	6,186	685	0	0	0	0	0
9	0003100811 GRUPO ELECTROGENO - GEP125-CB - 125 KW	31	278	61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0003100813 GRUPO ELECTROGENO - GEP75-1 - 60 KW	0	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0003100816 GRUPO ELECTROGENO - GEP110 -	0	0	691	983	948	785	839	27	0	0	0	0	0

Item	Grupo electrógeno	Ene- 23	Feb- 23	Mar- 23	Abr- 23	May- 23	Jun- 23	Jul-23	Ago- 23	Set- 23	Oct- 23	Nov- 23	Dic- 23	Ene- 24
12	0003100817 GRUPO ELECTROGENO - MP-82 I -	0	0	59	85	46	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0003100818 GRUPO ELECTROGENO - GEP169-CB -	0	0	0	0	92	28	0	0	0	0	367	498	338
14	0003100819 GRUPO ELECTROGENO - QAC1100 SD – TWIN POWER -	0	0	0	0	89	761	0	0	0	0	0	0	0
15	0003100820 GRUPO ELECTROGENO - QAC1100 SD – TWIN POWER -	0	0	0	0	164	306	0	0	0	0	0	0	0
16	0003100821 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	0	0	0	0	0	1,113	138	362	0	0	0	0	0
17	0003100822 GRUPO ELECTROGENO - DE18-CB -	0	0	0	0	0	363	752	0	0	0	0	0	0
18	0003100823 GRUPO ELECTROGENO - APD 125C-6 -	0	0	0	0	0	0	0	250	245	180	316	342	0
19	0003100824 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	0	0	0	0	0	0	0	1,990	2,616	3,629	1,943	545	0
20	0003100825 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	0	0	0	0	0	0	108	42	0	0	0	0	0
21	0003100826 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	0	0	0	0	0	0	0	896	1,028	922	517	0	0
22	0003100827 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	0	0	0	0	0	0	19	317	718	1,635	1,575	1,120	595
23	0003100828 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	0	0	0	0	0	0	0	5,128	4,041	0	0	0	0
24	0003100829 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	0	0	0	0	0	0	0	999	1,078	951	495	0	0

Item	Grupo electrógeno	Ene- 23	Feb- 23	Mar- 23	Abr- 23	May- 23	Jun- 23	Jul-23	Ago- 23	Set- 23	Oct- 23	Nov- 23	Dic- 23	Ene- 24
25	0003100830 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	0	0	0	0	0	0	165	963	916	916	827	660	106
26	00031104CB GRUPO ELECTROGENO - GEP110 - 100 KW	1,119	1,104	1,234	1,019	965	486	0	0	0	0	0	0	0
27	00031115CB GRUPO ELECTROGENO - DE18-CB - 100 KW	991	905	212	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	00031219CB GRUPO ELECTROGENO - GEP125-CB -	144	645	819	817	797	787	350	0	0	0	0	0	0
29	00031320CB GRUPO ELECTROGENO - DE65-EO - 75 KW	418	544	344	361	241	105	61	0	0	0	0	0	0
30	00031854GR GRUPO ELECTROGENO - GEP125-1CB - 100 KW	1,223	29	0	0	0	158	0	0	0	0	0	0	0

Nota: Fuente (Elaboración propia)

3.5.2 Precio de referencia Diesel

El precio de referencia 1 de energéticos (PR1), en este caso Diesel, lo obtendremos de la página web oficial de Osinergmin de los informes emitidos mensualmente, según decreto supremo N°012-2005-EM y resolución OSINERG N° 062-2005-OS/CD. Los informes mensuales desde el 01-01-2023 al 31-01-2024 se encontrarán detallados en el Anexo 7. Se tiene en consideración que no se contemplan impuestos en el precio de referencia 1, por lo que se agregara el impuesto general a las ventas del 18%.

Figura 22

Precios de Referencia Energéticos usados en Generación Eléctrica – Febrero 2023

Precios de Referencia (Soles/galón)

Plantas	Diesel B5 ⁽¹⁾	Residual 6	Residual 500
Talara	11,75	6,73	
Piura	11,87		
Eten	11,99		
Salaverry	11,99		
Chimbote	11,87		6,89
Supe	11,75	6,99	
Callao	11,75	6,60	6,50
Conchán	11,75	6,60	6,50
Cerro de Pasco	12,11		
Pisco	11,99		
Mollendo	12,22		6,89
Juliaca	12,46		
Cuzco	12,34		
Ilo	12,22		
El Milagro	11,99		
Tarapoto	11,99		
Yurimaguas	12,58		
Iquitos	12,11	7,59	
Pucallpa	12,11		
Pto. Maldonado	13,52		
PR1P (Promedio Febrero)	11,75	6,60	6,50

* No Incluye Impuestos

Nota: Fuente (OSINERGMIN, 2025).

Tabla 11**Resumen precios de referencia (Soles/gl)**

Mes	Ene-23	Feb-23	Mar-23	Abr-23	May-23	Jun-23	Jul-23	Ago-23	Set-23	Oct-23	Nov-23	Dic-23	Ene-24
PR1P Diesel	12.68	11.75	11.11	10.47	9.12	9.02	9.72	11.84	12.57	12.58	11.35	10.59	10.38
Precio referencia (incluye IGV)	14.96	13.87	13.11	12.35	10.76	10.64	11.47	13.97	14.83	14.84	13.39	12.50	12.25

Nota: Fuente (Elaboración propia)

3.5.3 Tipo de cambio de Dólar

El tipo de cambio de soles a dólares americanos lo obtenemos de la información oficial proporcionada por el Banco Central de Reserva del Perú, en el periodo de 01-01-2023 al 31-01-2024:

Figura 23

Tipo de cambio – Dólar Americano (US\$)

Desde: Ene 2023 Ver Tabla Descargar XLSX Descargar CSV Ver Gráfico
Hasta: Ene 2024

DÓLAR AMERICANO (US\$)

<https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/mensuales/resultados/PN01234PM/html/2023-1/2024-1/>

Fecha	Tipo de cambio de las principales monedas - promedio del periodo (S/ por UM) - Dólar Americano (US\$)
Ene23	3.833
Feb23	3.841
Mar23	3.780
Abr23	3.766
May23	3.689
Jun23	3.651
Jul23	3.601
Ago23	3.696
Sep23	3.730
Oct23	3.844
Nov23	3.762
Dic23	3.734
Ene24	3.740

Nota: Fuente (Banco Central de Reserva del Perú, 2025).

3.5.4 Cálculo de disminución de gasto en combustible en proyecto

Con la información obtenida de los principales organismos del estado peruano en el periodo de estudio 2023-2024, se realiza el cálculo de la disminución de gasto en combustible que se hubiera obtenido de realizar la implementación del sistema solar fotovoltaico diseñado para el proyecto CPF en la unidad minera Quellaveco.

$$\text{Disminución Gasto comb. (US\$)} = \frac{\% \text{ disminución} \times \text{Consumo comb. (gl)} \times \text{Precio ref. } \left(\frac{\text{Sol}}{\text{gl}} \right)}{\text{Tasa cambio } \left(\frac{\text{US\$}}{\text{Sol}} \right)} \quad (11)$$

Tabla 12

Disminución de gasto en combustible en proyecto CPF con utilización de sistema fotovoltaico (US\$)

Eliminación de gasto en combustible en proyectos GP4 con utilización de sistema fotovoltaico (US\$)															Disminución
Item	Grupo electrógeno	Ene- 23	Feb- 23	Mar- 23	Abr- 23	May- 23	Jun- 23	Jul- 23	Ago- 23	Set- 23	Oct- 23	Nov- 23	Dic- 23	Ene- 24	gasto en combustible en proyecto (US\$)
0003100800 GRUPO															
1	ELECTROGENO - DE100CB - 180 KW	3501	3011	1562	62	545	1236	1098	0	0	0	0	0	0	11016
0003100801 GRUPO															
2	ELECTROGENO - DE3330-CB -	520	478	2334	2174	1673	1519	1815	348	0	0	0	0	0	10861
0003100802 GRUPO															
3	ELECTROGENO - RPS 31-C -	1567	1054	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2621
0003100803 GRUPO															
4	ELECTROGENO - DP150 NM1 -	755	617	1790	1689	1402	1530	1733	195	0	0	0	0	0	9711
0003100805 GRUPO															
5	ELECTROGENO - DP150 NM1 -	1040	264	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1304

Item	Grupo electrógeno													Disminución	
		Ene-23	Feb-23	Mar-23	Abr-23	May-23	Jun-23	Jul-23	Ago-23	Set-23	Oct-23	Nov-23	Dic-23	Ene-24	gasto en combustible en proyecto (US\$)
0003100808 GRUPO															
6	ELECTROGENO - TG35JDLS - 220 KW	1803	1374	47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3224
0003100809 GRUPO															
7	ELECTROGENO - DE65-EO -	1705	1282	1427	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4414
0003100810 GRUPO															
8	ELECTROGENO - DE100CB - 400 KW	1068	1185	1487	1554	1449	1338	1604	211	0	0	0	0	0	9896
0003100811 GRUPO															
9	ELECTROGENO - GEP125-CB - 125 KW	121	1003	212	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1335
0003100813 GRUPO															
10	ELECTROGENO - GEP75-1 - 60 KW	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Item	Grupo electrógeno													Disminución	
		Ene- 23	Feb- 23	Mar- 23	Abr- 23	May- 23	Jun- 23	Jul- 23	Ago- 23	Set- 23	Oct- 23	Nov- 23	Dic- 23	Ene- 24	gasto en combustible en proyecto (US\$)
	0003100816 GRUPO														
11	ELECTROGENO - GEP110 -	0	0	1137	1531	1312	1087	1269	48	0	0	0	0	0	6385
	0003100817 GRUPO														
12	ELECTROGENO - MP- 82 I -	0	0	204	279	133	0	0	0	0	0	0	0	0	616
	0003100818 GRUPO														
13	ELECTROGENO - GEP169-CB -	0	0	0	0	267	82	0	0	0	0	1305	1667	1108	4428
	0003100819 GRUPO														
14	ELECTROGENO - QAC1100 SD – TWIN POWER -	0	0	0	0	87	746	0	0	0	0	0	0	0	833
	0003100820 GRUPO														
15	ELECTROGENO - QAC1100 SD – TWIN POWER -	0	0	0	0	228	423	0	0	0	0	0	0	0	651

Item	Grupo electrógeno														Disminución	
		Ene-23	Feb-23	Mar-23	Abr-23	May-23	Jun-23	Jul-23	Ago-23	Set-23	Oct-23	Nov-23	Dic-23	Ene-24	gasto en combustible en proyecto (US\$)	
	0003100821 GRUPO															
16	ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	0	0	0	0	0	2145	290	905	0	0	0	0	0	3340	
	0003100822 GRUPO															
17	ELECTROGENO - DE18-CB -	0	0	0	0	0	599	1354	0	0	0	0	0	0	1954	
	0003100823 GRUPO															
18	ELECTROGENO - APD 125C-6 -	0	0	0	0	0	0	0	944	974	695	1125	1145	0	4883	
	0003100824 GRUPO															
19	ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	0	0	0	0	0	0	0	1290	1784	2403	1186	313	0	6977	
	0003100825 GRUPO															
20	ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	0	0	0	0	0	0	239	111	0	0	0	0	0	350	

Item	Grupo electrógeno														Disminución	
		Ene- 23	Feb- 23	Mar- 23	Abr- 23	May- 23	Jun- 23	Jul- 23	Ago- 23	Set- 23	Oct- 23	Nov- 23	Dic- 23	Ene- 24	gasto en combustible en proyecto (US\$)	
	0003100826 GRUPO															
21	ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	0	0	0	0	0	0	0	1486	1793	1562	807	0	0	5648	
	0003100827 GRUPO															
22	ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	0	0	0	0	0	0	25	486	1157	2559	2272	1519	790	8807	
	0003100828 GRUPO															
23	ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	0	0	0	0	0	0	0	1490	1235	0	0	0	0	2725	
	0003100829 GRUPO															
24	ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	0	0	0	0	0	0	0	1584	1797	1540	739	0	0	5660	
	0003100830 GRUPO															
25	ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	0	0	0	0	0	0	265	1837	1838	1784	1485	1113	175	8497	

Item	Grupo electrógeno													Disminución	
		Ene-23	Feb-23	Mar-23	Abr-23	May-23	Jun-23	Jul-23	Ago-23	Set-23	Oct-23	Nov-23	Dic-23	Ene-24	gasto en combustible en proyecto (US\$)
00031104CB GRUPO															
26	ELECTROGENO - GEP110 - 100 KW	1755	1602	1719	1342	1131	570	0	0	0	0	0	0	0	8119
00031115CB GRUPO															
27	ELECTROGENO - DE18-CB - 100 KW	1760	1486	335	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3582
00031219CB GRUPO															
28	ELECTROGENO - GEP125-CB -	371	1535	1874	1768	1534	1512	735	0	0	0	0	0	0	9329
00031320CB GRUPO															
29	ELECTROGENO - DE65-EO - 75 KW	1630	1962	1192	1185	704	307	195	0	0	0	0	0	0	7175
00031854GR GRUPO															
30	ELECTROGENO - GEP125-1CB - 100 KW	4775	105	0	0	0	460	0	0	0	0	0	0	0	5340

Nota: Fuente (Elaboración propia)

De la Tabla 12, obtenemos que la disminución de gasto en combustible en el proyecto CPF pudo haber llegado a un valor de US\$ 149 681.

3.5.5 Cálculo de disminución de gasto en combustible anual

Para poder realizar los cálculos de TIR y VAN posteriormente, se requiere conocer el ingreso de dinero en periodos anuales que generaría la instalación de un sistema fotovoltaico en las cargas móviles de proyectos electromecánicos. Por lo tanto, se determina que la proyección de disminución de gasto en combustible anual es el ahorro en el presupuesto anual que se ahorraría la empresa ya que la energía que requiere sería proporcionada por el parque solar instalado.

Se toma en consideración que el tiempo de uso anual que tendrían los paneles solares sería de 330 días, debido a los días de instalación, traslado y reubicación por los que se vería afectado.

$$\frac{\text{Disminución Gasto comb. anual (US\$)}}{\text{Disminución Gasto comb. proyecto (US\$)}} = \frac{330}{\text{Días de utilización GE}} \quad (12)$$

Tabla 13

Disminución de gasto en combustible anual con utilización de sistema fotovoltaico

Item	Grupo electrógeno	Días de utilización GE	Disminución gasto en combustible en proyecto (US\$)	Disminución gasto en combustible anual (US\$)
1	0003100800 GRUPO ELECTROGENO - DE100CB - 180 KW	203	\$ 11,016	\$ 17,907
2	0003100801 GRUPO ELECTROGENO - DE3330-CB -	216	\$ 10,861	\$ 16,593
3	0003100802 GRUPO ELECTROGENO - RPS 31-C -	51	\$ 2,621	\$ 16,957
4	0003100803 GRUPO ELECTROGENO - DP150 NM1 -	214	\$ 9,711	\$ 14,975
5	0003100805 GRUPO ELECTROGENO - DP150 NM1 -	37	\$ 1,304	\$ 11,629

Item	Grupo electrógeno	Días de utilización GE	Disminución gasto en combustible en proyecto (US\$)	Disminución gasto en combustible anual (US\$)
6	0003100808 GRUPO ELECTROGENO - TG35JDLS - 220 KW	62	\$ 3,224	\$ 17,161
7	0003100809 GRUPO ELECTROGENO - DE65-EO -	88	\$ 4,414	\$ 16,554
8	0003100810 GRUPO ELECTROGENO - DE100CB - 400 KW	203	\$ 9,896	\$ 16,087
9	0003100811 GRUPO ELECTROGENO - GEP125-CB - 125 KW	42	\$ 1,335	\$ 10,492
10	0003100813 GRUPO ELECTROGENO - GEP75-1 - 60 KW	-	-	-
11	0003100816 GRUPO ELECTROGENO - GEP110 -	144	\$ 6,385	\$ 14,632
12	0003100817 GRUPO ELECTROGENO - MP-82 I -	61	\$ 616	\$ 3,333
13	0003100818 GRUPO ELECTROGENO - GEP169-CB -	257	\$ 4,428	\$ 5,686
14	0003100819 GRUPO ELECTROGENO - QAC1100 SD – TWIN POWER -	20	\$ 833	\$ 13,751
15	0003100820 GRUPO ELECTROGENO - QAC1100 SD – TWIN POWER -	13	\$ 651	\$ 16,535
16	0003100821 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	73	\$ 3,340	\$ 15,100
17	0003100822 GRUPO ELECTROGENO - DE18-CB -	44	\$ 1,954	\$ 14,651
18	0003100823 GRUPO ELECTROGENO - APD 125C-6 -	140	\$ 4,883	\$ 11,511
19	0003100824 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	130	\$ 6,977	\$ 17,710
20	0003100825 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	5	\$ 350	\$ 23,078

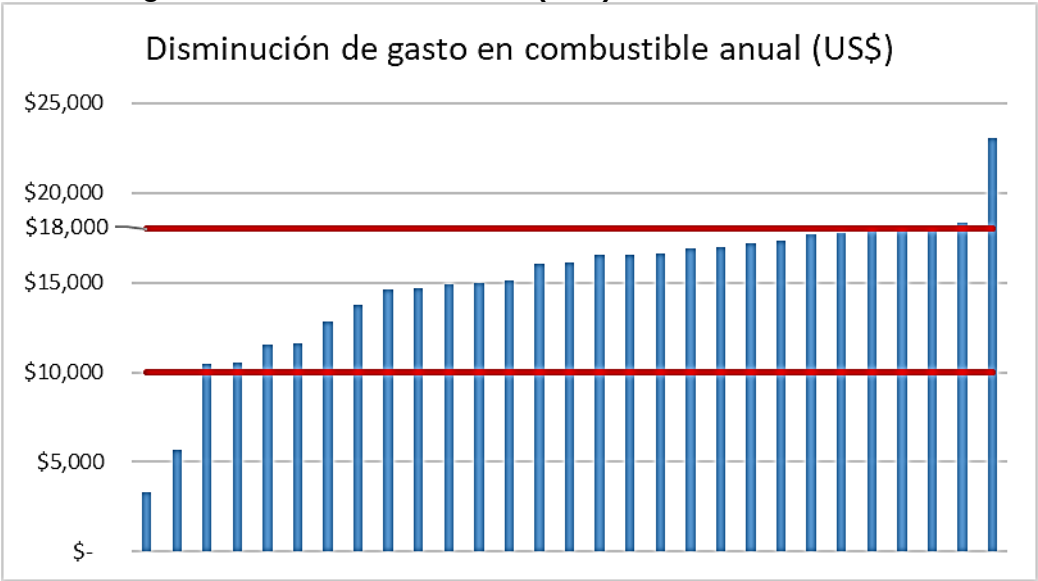
Item	Grupo electrógeno	Días de utilización GE	Disminución gasto en combustible en proyecto (US\$)	Disminución gasto en combustible anual (US\$)
21	0003100826 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	104	\$ 5,648	\$ 17,921
22	0003100827 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	172	\$ 8,807	\$ 16,898
23	0003100828 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	49	\$ 2,725	\$ 18,351
24	0003100829 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	105	\$ 5,660	\$ 17,787
25	0003100830 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	162	\$ 8,497	\$ 17,309
26	00031104CB GRUPO ELECTROGENO - GEP110 - 100 KW	167	\$ 8,119	\$ 16,044
27	00031115CB GRUPO ELECTROGENO - DE18-CB - 100 KW	65	\$ 3,582	\$ 18,184
28	00031219CB GRUPO ELECTROGENO - GEP125-CB -	207	\$ 9,329	\$ 14,872
29	00031320CB GRUPO ELECTROGENO - DE65-EO - 75 KW	185	\$ 7,175	\$ 12,799
30	00031854GR GRUPO ELECTROGENO - GEP125-1CB - 100 KW	167	\$ 5,340	\$ 10,551
			TOTAL	\$ 435,059

Nota: Fuente (Elaboración propia)

Se obtiene una disminución total de gasto en combustible anualmente de US\$ 435 059. Teniendo el 90% de los casos dentro de un rango de US\$ 10 000 y US\$ 18 000.

Figura 24

Disminución de gasto en combustible anual (US\$)



Nota: Fuente (Elaboración propia)

3.6 Inversión para instalación de sistema fotovoltaico

Todos los proyectos tienen un costo asociado a la instalación que comprende el costo de los equipos y materiales, y el costo de la mano de obra para ejecutar la instalación.

A continuación, se detalla el costo y cantidad de los modelos seleccionados de los equipos que conforman el sistema fotovoltaico en base al precio recabado del mercado local:

Tabla 14

Costo de equipos para instalación de sistema fotovoltaico

Equipo	Descripción	Cantidad	Costo unidad	Ficha técnica
Panel	Panel Solar 550W Monocristalino PERC Tensite	4	S/ 713.40	Anexo 2
Batería	Batería Litio 4.8kWh 48V TS-L5000/LV Tensite	Por definir	S/ 7,032.80	Anexo 3
Rack	Gabinete de piso DC 1.63m 32RU	1	S/ 2,907.86	Anexo 4
Inversor	Inversor de Red Tensite 6kW Trifásico AR6T-2	1	S/ 5,071.20	Anexo 5

Nota: Adaptado de (Auto Solar, 2022)

La cantidad de baterías se define de acuerdo a la energía diaria que va a requerir la carga o la energía diaria que podrá suministrar el sistema fotovoltaico.

$$\text{Cant. Baterías} = \frac{\text{Requerimiento de energía ajustado}}{\text{Energía utilizable por batería}} \quad (13)$$

El requerimiento de energía ajustado mencionado en la ecuación 13 hace referencia al requerimiento de energía total aumentado por la profundidad de descarga de la batería y su eficiencia.

$$\text{Requerimiento de energía ajustado} = \frac{\text{Requerimiento de energía total}}{\text{DoD} \times \text{Eficiencia batería}} \quad (14)$$

DoD: Depth of Discharge / Profundidad de descarga

La profundidad de descarga se define como la fracción máxima de la capacidad de una batería (expresada en Ah) que se extrae de la batería cargada de forma regular (Cheng, y otros, 2018).

Ingresando la ecuación 14 en la ecuación 13 para calcular la cantidad de baterías obtenemos:

$$\text{Cant. Baterías} = \frac{\text{Requerimiento de energía total}}{\text{DoD} \times \text{Eficiencia batería} \times \text{Energía utilizable por batería}} \quad (15)$$

Reemplazando los datos de eficiencia de batería, profundidad de descarga y energía utilizable por batería del modelo seleccionado, identificados en la ficha técnica en el Anexo 3, en la ecuación 15:

$$\text{Cant. Baterías} = \frac{\text{Requerimiento de energía total}}{80\% \times 97\% \times 4.3 \text{ kWh}}$$

$$\text{Cant. Baterías} = \frac{\text{Requerimiento de energía total}}{3.3368 \text{ kWh}}$$

Para obtener el valor de requerimiento de energía total analizamos el porcentaje de disminución de consumo de combustible obtenido en la Tabla 9, donde nos indica si el sistema fotovoltaico va a poder proporcionar la energía total que requiere la carga o solamente un porcentaje de esta, yendo acompañado aún en estos casos por un grupo electrógeno para completarla

La cantidad de baterías para los casos que se encuentran por debajo del 100% van a proporcionar la totalidad de energía que podrá generar el sistema fotovoltaico, mientras que los casos que alcanzan el 100% van a proporcionar solamente la carga requerida. Por lo tanto, se debe diferenciar el análisis de la cantidad de baterías a requerirse para cada uno de estos dos escenarios, ya que la carga a entregar por parte del sistema fotovoltaico va a ser distinta. Se denominarán los casos por debajo del 100% como casos de energía máxima, mientras que para los casos que alcanzan el 100% como casos de carga máxima.

3.6.1 Cantidad de baterías (Caso energía máxima)

En estos casos el requerimiento de energía total se calcula en base a la energía máxima que puede proporcionar el sistema fotovoltaico, ya que por sí solo el sistema fotovoltaico no puede cubrir la totalidad de la carga requerida.

Tabla 15

Casos energía máxima

ITEM	Grupo electrógeno	Porcentaje de disminución de consumo de combustible
1	0003100800 GRUPO ELECTROGENO - DE100CB - 180 KW	34%
2	0003100801 GRUPO ELECTROGENO - DE3330-CB -	29%
3	0003100802 GRUPO ELECTROGENO - RPS 31-C -	39%
4	0003100803 GRUPO ELECTROGENO - DP150 NM1 -	66%
6	0003100808 GRUPO ELECTROGENO - TG35JDLS - 220 KW	12%
7	0003100809 GRUPO ELECTROGENO - DE65-EO -	78%
8	0003100810 GRUPO ELECTROGENO - DE100CB - 400 KW	8%

ITEM	Grupo electrógeno	Porcentaje de disminución de consumo de combustible
11	0003100816 GRUPO ELECTROGENO - GEP110 -	47%
14	0003100819 GRUPO ELECTROGENO - QAC1100 SD – TWIN POWER -	34%
15	0003100820 GRUPO ELECTROGENO - QAC1100 SD – TWIN POWER -	48%
16	0003100821 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	66%
17	0003100822 GRUPO ELECTROGENO - DE18-CB -	57%
19	0003100824 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	17%
20	0003100825 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	70%
21	0003100826 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	44%
22	0003100827 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	41%
23	0003100828 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	8%
24	0003100829 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	42%
25	0003100830 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	50%
26	00031104CB GRUPO ELECTROGENO - GEP110 - 100 KW	40%
27	00031115CB GRUPO ELECTROGENO - DE18-CB - 100 KW	46%
28	00031219CB GRUPO ELECTROGENO - GEP125-CB -	66%

Nota: Fuente (Elaboración propia)

Calculando la energía diaria que puede proporcionar el sistema fotovoltaico diseñado en base a la ecuación 5 antes mencionada:

$$\text{Energía generada SF} = \text{Potencia real SF} \times \text{Tiempo utilización} \quad (5)$$

El tiempo de utilización diario es equivalente a las HSP. Y reemplazando la potencia real del sistema fotovoltaico 1.827 kW.

$$\text{Energía diaria generada SF} = 1.827 \text{ kW} \times 6.785 \text{ h}$$

$$\text{Energía diaria generada SF} = 12.396 \text{ kWh}$$

Calculando el requerimiento de energía total, tendremos la energía diaria generada por el sistema fotovoltaico y la cantidad de días de respaldo que debe tener el sistema. Se tomarán 2 días como días de respaldo para evitar la generación de un sistema robusto y costoso.

$$\text{Requerimiento de energía total} = \text{Energía diaria generada SF} \times \text{Días de respaldo} \quad (16)$$

$$\text{Requerimiento de energía total} = 12.396 \text{ kWh} \times 2$$

$$\text{Requerimiento de energía total} = 24.792 \text{ kWh}$$

Reemplazando el valor de requerimiento de energía total en la ecuación 15 obtenemos:

$$\text{Cant. Baterías} = \frac{\text{Requerimiento de energía total}}{\text{DoD} \times \text{Eficiencia batería} \times \text{Energía utilizable por batería}} \quad (15)$$

$$\text{Cant. Baterías} = \frac{24.792 \text{ kWh}}{3.3368 \text{ kWh}}$$

$$\text{Cant. Baterías} = 7.43$$

Por lo tanto, se requieren 8 baterías para poder cubrir el requerimiento del caso energía máxima.

3.6.2 Cantidad de baterías (Caso carga máxima)

En estos casos el requerimiento de energía total se calcula en base a carga que se requiere, ya que el sistema fotovoltaico cubre y excede la carga solicitada.

Tabla 16

Casos carga máxima

Item	Grupo electrógeno	Energía generada GE (kWh)	Días de utilización GE	Porcentaje de disminución de consumo de combustible
5	0003100805 GRUPO ELECTROGENO - DP150 NM1 -	293.38	37	100%
9	0003100811 GRUPO ELECTROGENO - GEP125-CB - 125 KW	314.21	42	100%
12	0003100817 GRUPO ELECTROGENO - MP-82 I -	153.00	61	100%
13	0003100818 GRUPO ELECTROGENO - GEP169-CB -	1,131.98	257	100%
18	0003100823 GRUPO ELECTROGENO - APD 125C-6 -	1,160.95	140	100%
29	00031320CB GRUPO ELECTROGENO - DE65-EO - 75 KW	1,791.57	185	100%
30	00031854GR GRUPO ELECTROGENO - GEP125-1CB - 100 KW	1,308.20	167	100%

Nota: Fuente (Elaboración propia)

Para poder calcular la energía diaria requerida por la carga se divide la cantidad de energía generada por el grupo electrógeno entre los días de utilización de este.

$$Energía\ diaria\ SF = \frac{Energía\ generada\ GE}{Días\ de\ utilización\ GE} \quad (17)$$

Tabla 17

Energía diaria (kWh) - Casos carga máxima

Grupo electrógeno	Energía generada GE (kWh)	Días de utilización GE	Energía diaria SF (kWh)
0003100805 GRUPO ELECTROGENO - DP150 NM1 -	293.38	37	7.93

Grupo electrógeno	Energía generada GE (kWh)	Días de utilización GE	Energía diaria SF (kWh)
0003100811 GRUPO ELECTROGENO - GEP125-CB - 125 KW	314.21	42	7.48
0003100817 GRUPO ELECTROGENO - MP-82 I -	153.00	61	2.51
0003100818 GRUPO ELECTROGENO - GEP169-CB -	1,131.98	257	4.40
0003100823 GRUPO ELECTROGENO - APD 125C-6 -	1,160.95	140	8.29
00031320CB GRUPO ELECTROGENO - DE65-EO - 75 KW	1,791.57	185	9.68
00031854GR GRUPO ELECTROGENO - GEP125-1CB - 100 KW	1,308.20	167	7.83

Nota: Fuente (Elaboración propia)

Los siguientes cálculos se harán en base a la máxima energía diaria generada en los casos de carga máxima ya que este es el caso de mayor cantidad de baterías requeridas, siendo este valor 9.68 kWh. Reemplazando este valor en la ecuación 16:

$$\text{Requerimiento de energía total} = \text{Energía diaria generada SF} \times \text{Días de respaldo} \quad (16)$$

$$\text{Requerimiento de energía total} = 9.68 \text{ kWh} \times 2$$

$$\text{Requerimiento de energía total} = 19.36 \text{ kWh}$$

Reemplazando el valor de requerimiento de energía total en la ecuación 15 obtenemos:

$$\text{Cant. Baterías} = \frac{\text{Requerimiento de energía total}}{\text{DoD} \times \text{Eficiencia batería} \times \text{Energía utilizable por batería}} \quad (15)$$

$$\text{Cant. Baterías} = \frac{19.36 \text{ kWh}}{3.3368 \text{ kWh}}$$

$$\text{Cant. Baterías} = 5.802$$

Por lo tanto, se requieren 6 baterías para poder cubrir el requerimiento del caso energía máxima.

3.6.3 Cálculo de inversión para instalación

Para ambos casos se estima un costo de mano de obra para la instalación y materiales varios de US\$ 2 000. A continuación, se realiza el cálculo de inversión para instalación del caso energía máxima, con una tasa de cambio de dólar de 3.74, obteniendo un total de inversión de US\$ 19 939.86:

Tabla 18

Cálculo de inversión SF - Casos energía máxima

Descripción	Cantidad	Costo unidad (sol)		Costo unidad (US\$)		Costo total (US\$)	
Panel Solar 550W Monocrystalino PERC Tensite	4	S/	713.40	\$	190.75	\$	762.99
Batería Litio 4.8kWh 48V TS- L5000/LV Tensite	8	S/	7,032.80	\$	1,880.43	\$	15,043.42
Gabinete de piso DC 1.63m 32RU	1	S/	2,907.86	\$	777.50	\$	777.50
Inversor de Red Tensite 6kW Trifásico AR6T-2	1	S/	5,071.20	\$	1,355.94	\$	1,355.94
Mano de obra y materiales varios	1	-	-	\$	2,000.00	\$	2,000.00
Total inversión SF						\$	19,939.86

Nota: Fuente (Elaboración propia)

En segunda instancia se realiza el cálculo de inversión para instalación del caso carga máxima, obteniendo un total de inversión de US\$ 16 179.00:

Tabla 19

Cálculo de inversión SF - Casos carga máxima

Descripción	Cantidad		Costo unidad (sol)		Costo unidad (US\$)		Costo total (US\$)
Panel Solar 550W Monocrystalino PERC Tensite	4	S/	713.40	\$	190.75	\$	762.99
Batería Litio 4.8kWh 48V TS- L5000/LV Tensite	6	S/	7,032.80	\$	1,880.43	\$	11,282.57
Gabinete de piso DC 1.63m 32RU	1	S/	2,907.86	\$	777.50	\$	777.50
Inversor de Red Tensite 6kW Trifásico AR6T-2	1	S/	5,071.20	\$	1,355.94	\$	1,355.94
Mano de obra y materiales varios	1	-		\$	2,000.00	\$	2,000.00
Total inversión SF						\$	16,179.00

Nota: Fuente (Elaboración propia)

3.7 Análisis de rentabilidad y viabilidad del proyecto

El análisis de la rentabilidad y viabilidad del proyecto de implementación de sistemas fotovoltaicos en cargas móviles en el proyecto CPF en la unidad minera Quellaveco ubicada en el departamento de Moquegua se basará en los indicadores financieros de la tasa interna de retorno (TIR) y el valor actual neto (VAN). El VAN nos indica si un proyecto es viable o no desde la perspectiva de la rentabilidad, mientras que el TIR nos muestra la viabilidad en función del tiempo que se tardará en recuperar la inversión. Se utilizarán las siguientes fórmulas para el cálculo del VAN y TIR:

Figura 25

Fórmula del valor actual neto (VAN)

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

F_t son los flujos de dinero en cada periodo t

I_0 es la inversión realiza en el momento inicial ($t = 0$)

n es el número de periodos de tiempo

k es el tipo de descuento o tipo de interés exigido a la inversión

Nota: Fuente (Velayos Morales, 2024).

Figura 26

Fórmula de la tasa interna de retorno (TIR)

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+TIR)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+TIR)} + \frac{F_2}{(1+TIR)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+TIR)^n} = 0$$

F_t son los flujos de dinero en cada periodo t

I_0 es la inversión realiza en el momento inicial ($t = 0$)

n es el número de periodos de tiempo

Nota: Fuente (Sevilla Arias, 2024).

Los datos indicados en las fórmulas anteriores serán representados por:

- F_t = Disminución gasto en combustible anual (US\$) – Costo mantenimiento (US\$)

Se estima el costo de mantemiento en US\$ 2 000

- I_0 = Inversión instalación sistema fotovoltaico (US\$)
- n = Vida útil sistema fotovoltaico

Se estima la vida útil del sistema en 10 años, siendo el tiempo de garantía mínima de los equipos, según las fichas técnicas

- $k = 15\%$

Tasa de descuento para equilibrar los costos en los cálculos del costo nivelado de la energía (LCOE) (Faster Capital, 2024).

Reemplazando los datos en las fórmulas del VAN y TIR, utilizando el programa Excel, obtenemos los siguientes resultados:

Tabla 20

Cálculo del VAN y TIR

ITEM	Grupo electrógeno	Disminución gasto		Inversión		TIR	VAN
		en combustible	anual (US\$)	instalación	sistema		
				fotovoltaico	(US\$)		
0003100800 GRUPO							
1	ELECTROGENO - DE100CB - 180 KW	\$	17,907	\$	19,940	80%	\$ 59,896
0003100801 GRUPO							
2	ELECTROGENO - DE3330-CB -	\$	16,593	\$	19,940	73%	\$ 53,300
0003100802 GRUPO							
3	ELECTROGENO - RPS 31-C -	\$	16,957	\$	19,940	75%	\$ 55,126
0003100803 GRUPO							
4	ELECTROGENO - DP150 NM1 -	\$	14,975	\$	19,940	65%	\$ 45,179
0003100805 GRUPO							
5	ELECTROGENO - DP150 NM1 -	\$	11,629	\$	16,179	59%	\$ 32,145
0003100808 GRUPO							
6	ELECTROGENO - TG35JDLS - 220 KW	\$	17,161	\$	19,940	76%	\$ 56,151

ITEM	Grupo electrógeno	Inversión				TIR	VAN
		Disminución gasto	instalación				
		en combustible	sistema				
		anual (US\$)	fotovoltaico	(US\$)			
0003100809 GRUPO							
7	ELECTROGENO - DE65-EO -	\$ 16,554	\$ 19,940	73%	\$ 53,104		
0003100810 GRUPO							
8	ELECTROGENO - DE100CB - 400 KW	\$ 16,087	\$ 19,940	70%	\$ 50,758		
0003100811 GRUPO							
9	ELECTROGENO - GEP125-CB - 125 KW	\$ 10,492	\$ 16,179	52%	\$ 26,441		
0003100813 GRUPO							
10	ELECTROGENO - GEP75-1 - 60 KW	-	-	-	-		
0003100816 GRUPO							
11	ELECTROGENO - GEP110 -	\$ 14,632	\$ 19,940	63%	\$ 43,456		
0003100817 GRUPO							
12	ELECTROGENO - MP- 82 I -	\$ 3,333	\$ 16,179	-3%	\$ -9,488		
0003100818 GRUPO							
13	ELECTROGENO - GEP169-CB -	\$ 5,686	\$ 16,179	19%	\$ 2,320		
0003100819 GRUPO							
14	ELECTROGENO - QAC1100 SD – TWIN POWER -	\$ 13,751	\$ 19,940	58%	\$ 39,034		
0003100820 GRUPO							
15	ELECTROGENO -	\$ 16,535	\$ 19,940	73%	\$ 53,006		

ITEM	Grupo electrógeno	Inversión				TIR	VAN	
		Disminución gasto	instalación					
		en combustible	sistema					
		anual (US\$)	fotovoltaico	(US\$)				
	QAC1100 SD – TWIN							
	POWER -							
	0003100821 GRUPO							
16	ELECTROGENO -	\$	15,100	\$	19,940	65%	\$	45,807
	1706A-E93TAG1 -							
	0003100822 GRUPO							
17	ELECTROGENO -	\$	14,651	\$	19,940	63%	\$	43,554
	DE18-CB -							
	0003100823 GRUPO							
18	ELECTROGENO - APD	\$	11,511	\$	16,179	58%	\$	31,554
	125C-6 -							
	0003100824 GRUPO							
19	ELECTROGENO -	\$	17,710	\$	19,940	79%	\$	58,903
	1706A-E93TAG1 -							
	0003100825 GRUPO							
20	ELECTROGENO -	\$	23,078	\$	19,940	106%	\$	85,848
	1706A-E93TAG1 -							
	0003100826 GRUPO							
21	ELECTROGENO -	\$	17,921	\$	19,940	80%	\$	59,966
	1706A-E93TAG1 -							
	0003100827 GRUPO							
22	ELECTROGENO -	\$	16,898	\$	19,940	74%	\$	54,829
	1706A-E93TAG1 -							
	0003100828 GRUPO							
23	ELECTROGENO -	\$	18,351	\$	19,940	82%	\$	62,123
	1706A-E93TAG1 -							

ITEM	Grupo electrógeno	Inversión				TIR	VAN
		Disminución gasto	instalación				
		en combustible	sistema				
		anual (US\$)	fotovoltaico	(US\$)			
0003100829 GRUPO							
24	ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	\$ 17,787	\$ 19,940		79%	\$ 59,293	
0003100830 GRUPO							
25	ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	\$ 17,309	\$ 19,940		77%	\$ 56,893	
00031104CB GRUPO							
26	ELECTROGENO - GEP110 - 100 KW	\$ 16,044	\$ 19,940		70%	\$ 50,542	
00031115CB GRUPO							
27	ELECTROGENO - DE18-CB - 100 KW	\$ 18,184	\$ 19,940		81%	\$ 61,285	
00031219CB GRUPO							
28	ELECTROGENO - GEP125-CB -	\$ 14,872	\$ 19,940		64%	\$ 44,662	
00031320CB GRUPO							
29	ELECTROGENO - DE65-EO - 75 KW	\$ 12,799	\$ 16,179		66%	\$ 38,018	
00031854GR GRUPO							
30	ELECTROGENO - GEP125-1CB - 100 KW	\$ 10,551	\$ 16,179		52%	\$ 26,738	

Nota: Fuente (Elaboración propia)

3.8 Huella de carbono

La huella de carbono identifica la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que son liberadas a la atmósfera como consecuencia del desarrollo de cualquier actividad; permite identificar todas las fuentes de emisiones de GEI y establecer a partir de este conocimiento, medidas de reducción efectivas. Para poder comparar la huella de carbono del apartado analizado en el proyecto CPF, sin el uso de paneles solares para cogenerar energía junto con los grupos electrógenos de diésel en los proyectos electromecánicos y con el escenario de utilización de energía fotovoltaica se realizará el cálculo de ambas huellas de carbono

El cálculo de la huella de carbono consiste en realizar la multiplicación del dato de actividad por el factor de emisión:

$$\text{Huella de carbono} = \text{Dato actividad} \times \text{Factor emisión} \quad (18)$$

El dato de actividad es el parámetro que define el grado o nivel de la actividad que genera las emisiones de GEI, siendo para este caso de análisis el consumo de combustible diésel en los grupos electrógenos.

El factor de emisión es la cantidad de GEI por cada unidad del dato de actividad. El factor de emisión será obtenido de las tablas proporcionadas por el Greenhouse Gas Protocol Corporate Standard (GHG Protocol), desarrollado por World Resources Institute (Instituto de Recursos Mundiales) y World Business Council for Sustainable Development (Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible), el cual es uno de los protocolos más utilizados a escala internacional para cuantificar y gestionar las emisiones de GEI.

El cálculo de emisión de GEI en este análisis se realizará para cada gas (CO_2 , CH_4 y NO_2), por lo tanto, se multiplicará la cantidad de combustible consumido por su factor de emisión correspondiente y posteriormente por su potencial de calentamiento global (PCG), el cual genera una equivalencia entre los diferentes gases de efecto invernadero y el dióxido de carbono CO_2 .

$$\text{Huella de carbono} = \sum_{GEI} \text{Dato actividad} \times \text{Factor emisión} \times \text{GWP} \quad (18)$$

Los valores de los factores de emisión (FE) para el diésel son obtenidos del GHG Protocol en el Anexo 8 (Greenhouse Gas Protocol, 2024):

$$\text{Factor emisión}_{\text{diesel} \rightarrow \text{CO}_2} = 2.910 \text{ kg CO}_2 / \text{litro}$$

$$\text{Factor emisión}_{\text{diesel} \rightarrow \text{CH}_4} = 0.00039 \text{ kg CH}_4 / \text{litro}$$

$$\text{Factor emisión}_{\text{diesel} \rightarrow \text{N}_2\text{O}} = 0.00002 \text{ kg N}_2\text{O} / \text{litro}$$

Mientras que los valores de potencial de calentamiento global, los encontramos en la Figura 27:

Figura 27

Potencial de calentamiento global valores relativos al dióxido de carbono
IPCC Global Warming Potential (GWP) values relative to CO₂

Common chemical name or industrial designation	Chemical formula	GWP values for 100-year time horizon		
		Fourth Assessment Report (AR4)	Fifth Assessment Report (AR5)	Sixth Assessment Report (AR6)
Major Greenhouse Gases				
Carbon dioxide	CO ₂	1	1	1
Methane – non-fossil	CH ₄	25	28	27.0
Methane – fossil	CH ₄	N/A	30	29.8
Nitrous oxide	N ₂ O	298	265	273
Nitrogen trifluoride	NF ₃	17,200	16,100	17,400
Sulfur hexafluoride	SF ₆	22,800	23,500	24,300

Nota: Fuente (Greenhouse Gas Protocol, 2024)

Capítulo IV. Resultados, Contrastaciones de Hipótesis y Discusión de Resultados

4.1 Resultados

4.1.1 Viabilidad de instalación de sistema fotovoltaico

Se establecen los siguientes criterios para determinar la viabilidad del proyecto de acuerdo a los parámetros económicos del valor actual neto y la tasa interna de retorno para la instalación de sistemas fotovoltaicos en cada caso del apartado 3.7:

$$VAN > 0$$

$$TIR > 15\%$$

Tabla 21

Análisis de viabilidad del proyecto

Item	Grupo electrógeno	TIR	VAN	Análisis TIR y VAN
1	0003100800 GRUPO ELECTROGENO - DE100CB - 180 KW	80%	\$ 59,896	VIABLE
2	0003100801 GRUPO ELECTROGENO - DE3330-CB -	73%	\$ 53,300	VIABLE
3	0003100802 GRUPO ELECTROGENO - RPS 31-C -	75%	\$ 55,126	VIABLE
4	0003100803 GRUPO ELECTROGENO - DP150 NM1 -	65%	\$ 45,179	VIABLE
5	0003100805 GRUPO ELECTROGENO - DP150 NM1 -	59%	\$ 32,145	VIABLE
6	0003100808 GRUPO ELECTROGENO - TG35JDLS - 220 KW	76%	\$ 56,151	VIABLE
7	0003100809 GRUPO ELECTROGENO - DE65-EO -	73%	\$ 53,104	VIABLE
8	0003100810 GRUPO ELECTROGENO - DE100CB - 400 KW	70%	\$ 50,758	VIABLE

Item	Grupo electrógeno	TIR	VAN		Análisis TIR y VAN
9	0003100811 GRUPO ELECTROGENO - GEP125-CB - 125 KW	52%	\$	26,441	VIABLE
10	0003100813 GRUPO ELECTROGENO - GEP75-1 - 60 KW	-	-	-	-
11	0003100816 GRUPO ELECTROGENO - GEP110 -	63%	\$	43,456	VIABLE
12	0003100817 GRUPO ELECTROGENO - MP-82 I -	-3%	\$	-9,488	NO VIABLE
13	0003100818 GRUPO ELECTROGENO - GEP169-CB -	19%	\$	2,320	VIABLE
14	0003100819 GRUPO ELECTROGENO - QAC1100 SD – TWIN POWER -	58%	\$	39,034	VIABLE
15	0003100820 GRUPO ELECTROGENO - QAC1100 SD – TWIN POWER -	73%	\$	53,006	VIABLE
16	0003100821 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	65%	\$	45,807	VIABLE
17	0003100822 GRUPO ELECTROGENO - DE18-CB -	63%	\$	43,554	VIABLE
18	0003100823 GRUPO ELECTROGENO - APD 125C-6 -	58%	\$	31,554	VIABLE
19	0003100824 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	79%	\$	58,903	VIABLE
20	0003100825 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	106%	\$	85,848	VIABLE
21	0003100826 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	80%	\$	59,966	VIABLE
22	0003100827 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	74%	\$	54,829	VIABLE
23	0003100828 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	82%	\$	62,123	VIABLE

Item	Grupo electrógeno	TIR	VAN	Análisis TIR y VAN
24	0003100829 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	79%	\$ 59,293	VIABLE
25	0003100830 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	77%	\$ 56,893	VIABLE
26	00031104CB GRUPO ELECTROGENO - GEP110 - 100 KW	70%	\$ 50,542	VIABLE
27	00031115CB GRUPO ELECTROGENO - DE18-CB - 100 KW	81%	\$ 61,285	VIABLE
28	00031219CB GRUPO ELECTROGENO - GEP125-CB -	64%	\$ 44,662	VIABLE
29	00031320CB GRUPO ELECTROGENO - DE65-EO - 75 KW	66%	\$ 38,018	VIABLE
30	00031854GR GRUPO ELECTROGENO - GEP125-1CB - 100 KW	52%	\$ 26,738	VIABLE

Nota: Fuente (Elaboración propia)

4.1.2 Resultado final del proyecto global

Para obtener una visión global del proyecto de instalación de sistemas fotovoltaicos para cargas móviles en el proyecto CPF en la unidad minera Quellaveco en el departamento de Moquegua se realiza la suma total de los mini proyectos viables en los parámetros de:

- Disminución de consumo de combustible (gl)
- Disminución gasto en combustible en proyecto (US\$)
- Disminución gasto en combustible anual (US\$)
- Inversión instalación sistema fotovoltaico (US\$)

De igual forma a como se realizó el análisis de la viabilidad de los mini proyectos, se calculan los índices de TIR y VAN, obteniendo que el resultado final es el de un proyecto global viable.

Tabla 22

Análisis de viabilidad del proyecto global

	Disminución de consumo de combustible (gl)	Disminución gasto en combustible en proyecto (US\$)	Disminución gasto en combustible anual (US\$)	Inversión instalación sistema fotovoltaico (US\$)	TIR	VAN	ANÁLISIS TIR y VAN
Total proy. Viabiles	42,901.25	\$ 149,065	\$ 431,726	\$ 535,751	70%	\$ 1,349,931	VIABLE

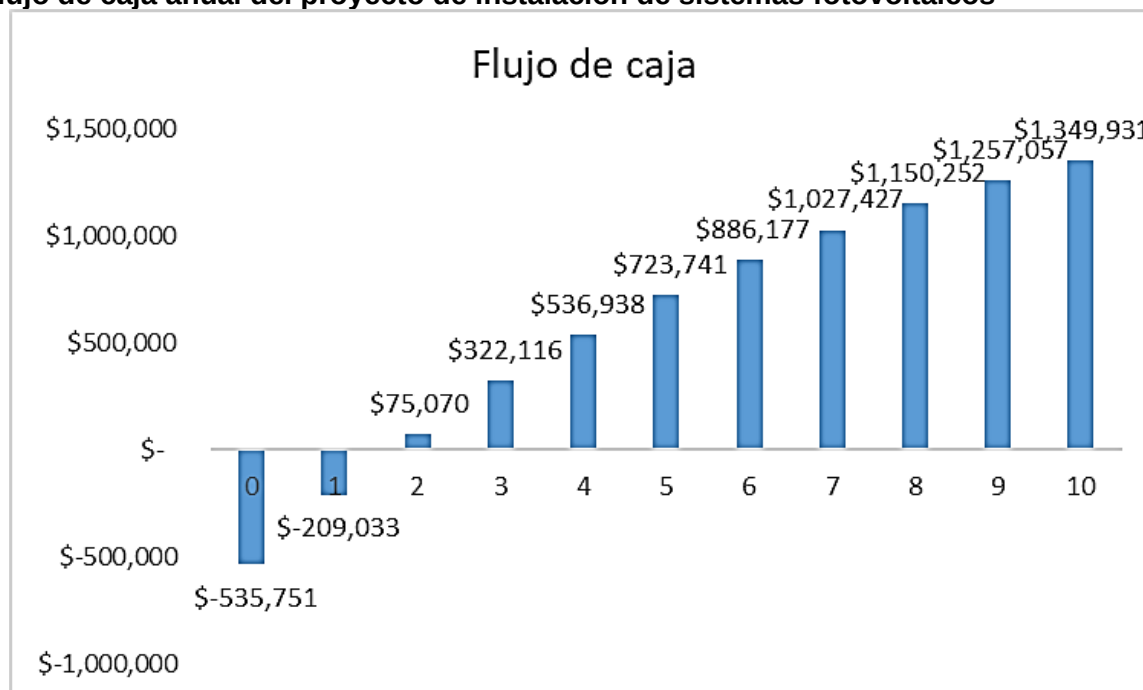
Nota: Fuente (Elaboración propia)

4.1.3 Flujo de caja de proyecto global

Utilizando la fórmula detallada en la Figura 26 de forma anual para calcular el flujo de caja del valor actual neto año tras año del proyecto de instalación de sistemas fotovoltaicos, obtenemos la Figura 28.

Figura 28

Flujo de caja anual del proyecto de instalación de sistemas fotovoltaicos



Nota: Fuente (Elaboración propia)

4.1.4 Resultados de huella de carbono

Caso 1: Huella de carbono de grupos electrógenos. El consumo total de combustible diésel de los grupos electrógenos en el proyecto CPF es de 138 315 gl (523 580 l), según lo calculado de la Tabla 3. Realizando el cálculo con la ecuación 18:

$$\text{Huella de carbono} = \sum_{GEI} \text{Dato actividad} \times \text{Factor emisión} \times \text{GWP} \quad (18)$$

$$\begin{aligned} \text{Huella de carbono} = & (523\,580 \times 2.910 \times 1)_{\text{CO}_2} + (523\,580 \times 0.00039 \times 25)_{\text{CH}_4} \\ & + (523\,580 \times 0.00002 \times 298)_{\text{N}_2\text{O}} \end{aligned}$$

$$\text{Huella de carbono} = (1\,523\,618)_{\text{CO}_2} + (5\,105)_{\text{CH}_4} + (3\,120)_{\text{N}_2\text{O}}$$

$$\text{Huella de carbono}=1\,531\,843\text{ kg CO}_2\text{ eq}$$

$$\text{Huella de carbono}=1\,532\text{ t CO}_2\text{ eq}$$

Caso 2: Huella de carbono de grupos electrógenos + sistema fotovoltaico. El consumo de combustible diésel proyectado total de los grupos electrógenos en el proyecto CPF con la instalación de los sistemas fotovoltaico es la resta entre el consumo total y la sumatoria de la disminución de consumo de combustible calculada en la Tabla 22 (42 901 gl = 162 399 l), por lo tanto, tendremos un nuevo consumo de combustible de 361 181 l. Realizando el cálculo con la ecuación 18:

$$\text{Huella de carbono}=\sum_{GEI} \text{Dato actividad} \times \text{Factor emisión} \times \text{GWP} \quad (18)$$

$$\begin{aligned} \text{Huella de carbono}=&(361\,181 \times 2.910 \times 1)_{\text{CO}_2} + (361\,181 \times 0.00039 \times 25)_{\text{CH}_4} \\ &+ (361\,181 \times 0.00002 \times 298)_{\text{N}_2\text{O}} \end{aligned}$$

$$\text{Huella de carbono}=(1\,051\,037)_{\text{CO}_2} + (3\,521)_{\text{CH}_4} + (2\,153)_{\text{N}_2\text{O}}$$

$$\text{Huella de carbono}=1\,056\,711\text{ kg CO}_2\text{ eq}$$

$$\text{Huella de carbono}_{\text{disminuida}}=1\,057\text{ t CO}_2\text{ eq}$$

4.2 Contrastaciones de Hipótesis

Los resultados obtenidos demuestran que la radiación solar en Moquegua es considerablemente alta durante gran parte del año, con lo cual la generación de energía solar es eficiente y suficiente para cubrir las necesidades de las obras electromecánicas. Esto se confirma por la medición de la producción energética de los paneles solares, que demuestra que estos sistemas pueden generar una cantidad de electricidad que reduce significativamente la dependencia de generadores a combustibles fósiles.

Adicionalmente, el análisis económico ha mostrado que la reducción en el consumo de combustibles fósiles se traduce en una disminución de los costos operativos. Los cálculos de indicadores económicos muestran que, aunque la instalación inicial de los paneles solares

representa un gasto importante, los ahorros en combustible a largo plazo generan un beneficio económico sustancial para las empresas que implementen esta tecnología. Esto confirma que las empresas que adopten esta solución verán una mejora en su rentabilidad debido a la disminución de los costos recurrentes.

Los resultados indican que la energía solar generada por los paneles en las obras electromecánicas reemplaza en gran medida la necesidad de utilizar generadores a base de combustibles fósiles. La reducción en el consumo de diésel ha sido significativa, y se ha logrado una disminución considerable de las emisiones de CO₂ asociadas al uso de estos combustibles. Los cálculos previos sobre la generación de energía solar y las necesidades energéticas de los equipos de cargas móviles coinciden con los resultados obtenidos, demostrando que la energía solar puede satisfacer una parte considerable de la demanda, especialmente en las horas de mayor radiación solar.

Un resultado favorable clave de la instalación de paneles solares es la significativa reducción de la huella de carbono asociada con las operaciones de la empresa. Al reemplazar los generadores de combustible fósil por energía solar, se ha logrado una disminución sustancial de las emisiones de CO₂, contribuyendo a un impacto ambiental positivo. Este cambio no solo beneficia al medio ambiente, sino que también refuerza el compromiso de la empresa con la sostenibilidad.

Este tipo de resultados no solo mitiga el impacto ambiental de las operaciones, sino que también posiciona a la empresa como un referente en el uso responsable de recursos energéticos y en la gestión efectiva del cambio hacia la sostenibilidad.

Por lo tanto, la hipótesis se valida, ya que los paneles solares efectivamente contribuyen a reducir el uso de combustibles fósiles en las obras electromecánicas, lo cual se traduce en una reducción de los costos operativos asociados al uso de generadores tradicionales.

4.3 Discusión de resultados

Obtenemos de la Tabla 21 en el análisis de viabilidad del proyecto que el grupo electrógeno del ítem 12 no es viable, debido a que su tasa interna de retorno es de -3% y su valor actual neto de -\$9,488. Por lo tanto, ambos parámetros no cumplirían con lo recomendado: tasa interna de retorno mayor a 15% y un valor actual neto mayor a 0. Se identifica que esto sucede por la conjugación de dos causísticas: poca cantidad de consumo de combustible utilizada 189.50 gl de diésel y un periodo de tiempo extenso 61 días, entendiéndolo de otra forma sería por un bajo requerimiento energético que no justifica la implementación de 4 paneles solares.

El resultado del proyecto global nos indica una tasa interna de retorno de 70% y un valor actual neto \$1,349,931, indicando que es viable y rentable la implementación de 28 sistemas fotovoltaicos de 30 grupos electrógenos estudiados en la unidad minera Quellaveco en el departamento de Moquegua. Se obtiene un ahorro tangible a partir del segundo año de instalación, tal como se puede apreciar en el flujo de caja de la Figura 28 cuando la curva inicia a localizarse en la zona positiva de la gráfica.

Con respecto a los resultados obtenidos en el apartado 4.1.4 Resultados de huella de carbono, comparando los resultados de los casos 1 y 2, se aprecia una disminución de 475 toneladas CO₂eq, lo cual representa el 31% de reducción de gases de efecto invernadero producidos por el uso de grupos electrógenos en la construcción del proyecto CPF. Apoyando así a conseguir la meta del estado peruano en reducir en un 30 % las emisiones GEI al año 2030 para hacer frente a la acción climática (Plataforma del Estado Peruano, 2024), ya que el proyecto tendría un porcentaje mayor a lo solicitado.

Conclusiones

La disponibilidad de energía solar en el departamento de Moquegua determinada por un HSP de 6.785 horas supera las 4-5 horas de sol pico requeridas para la generación eficiente de energía solar, lo que indica que las condiciones climáticas de la región son propicias para la utilización de este tipo de tecnología.

Los resultados obtenidos indican que, en los casos donde se alcanza una autonomía del 100% con energía solar, es posible reemplazar el grupo electrógeno por uno de tamaño mínimo, que solo se utilizará en casos excepcionales, o incluso eliminar completamente el uso del grupo electrógeno. Esta modificación no solo reduce la dependencia de combustibles fósiles, sino que también disminuye considerablemente el gasto en alquiler del grupo electrógeno, generando ahorros sustanciales en los costos operativos. Mientras que en el resto de casos rentables se obtiene en promedio una reducción considerable de 43%. De esta manera, se logra una mejora económica a largo plazo, ofreciendo una solución sostenible y rentable que optimiza los recursos energéticos.

Los resultados del análisis financiero global demuestran que el proyecto es altamente viable y rentable. Con una tasa interna de retorno (TIR) del 70% y un valor actual neto (VAN) de \$1,349,931, se confirma que la implementación de 28 sistemas fotovoltaicos en los 30 grupos electrógenos estudiados en la unidad minera Quellaveco, ubicada en el departamento de Moquegua, es una decisión económica favorable. Estos indicadores financieros positivos destacan la rentabilidad y sostenibilidad del proyecto a largo plazo, sugiriendo que la inversión en energía solar no solo es viable sino también altamente beneficiosa para la empresa, al generar un significativo retorno económico.

El análisis del flujo de caja realizado muestra que, a partir del segundo año de instalación, el proyecto genera un flujo de caja positivo, lo que indica que la rentabilidad se alcanza en un periodo de dos años. Este comportamiento sugiere que, en ese tiempo, la inversión inicial comienza a recuperarse, y los beneficios económicos se empiezan a materializar. En conclusión, la viabilidad económica del proyecto es aceptable, ya que la

instalación de los paneles solares resulta rentable a partir de los primeros dos años de operación. Este análisis proporciona una base sólida para seguir adelante con el proyecto, ya que se proyecta que generará un retorno positivo en un plazo relativamente corto, asegurando la rentabilidad y el éxito a largo plazo.

A partir del análisis de viabilidad presentado en la Tabla 21, se concluye que el grupo electrógeno correspondiente al ítem 12 no es viable para su implementación dentro del proyecto. Por lo tanto, el análisis sugiere que, en este caso, la instalación de 4 paneles solares no es una solución adecuada, dado que la demanda energética no es lo suficientemente alta para generar los beneficios económicos necesarios para recuperar la inversión en un tiempo razonable. Es recomendable revisar el mini proyecto para identificar alternativas que optimicen el consumo de energía o consideren otro diseño de sistema fotovoltaico más pequeño y ajustado a las necesidades específicas del punto de trabajo.

Los resultados obtenidos en el apartado 4.1.4, sobre la huella de carbono, muestran una reducción significativa de 475 toneladas CO₂eq, lo que equivale a un 31% de disminución en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) generadas por el uso de grupos electrógenos en la construcción del proyecto CPF. Esta reducción no solo demuestra la efectividad del proyecto en términos de sostenibilidad ambiental, sino que también contribuye de manera positiva al cumplimiento de la meta del Estado peruano de reducir las emisiones GEI en un 30% para el año 2030, superando la meta establecida. En este sentido, el proyecto no solo cumple con los estándares nacionales, sino que también juega un papel clave en la acción climática y en la mitigación del cambio climático, posicionando a la iniciativa como un ejemplo de responsabilidad ambiental y compromiso con los objetivos globales de sostenibilidad.

Recomendaciones

Para llevar a cabo la instalación de un sistema fotovoltaico en un proyecto electromecánico, es fundamental realizar un análisis detallado del tiempo de operación y del consumo energético que tendrá el grupo electrógeno en el sitio.

En el caso de grupos electrógenos que requieran un alto grado de movilidad o estén sujetos a condiciones operativas demandantes, será necesario evaluar la viabilidad de instalar una estructura especializada para el izaje. Esta estructura debe ser diseñada considerando aspectos como la seguridad en la manipulación, el peso de los equipos y las dimensiones específicas del sistema. Además, se debe garantizar que la estructura sea robusta, fácil de operar y mantenga la eficiencia del sistema fotovoltaico en todas las fases del proyecto.

Se recomienda implementar un plan de capacitación continua para el personal especializado encargado de la instalación y el mantenimiento de los sistemas fotovoltaicos, integrándolos dentro de la plantilla habitual del área de mantenimiento de equipos. De esta forma, se optimizarán los recursos humanos disponibles y se reducirán los costos operativos asociados a la contratación de empresas externas especializadas. Además, la capacitación permitirá al personal desarrollar habilidades técnicas que no solo disminuirán los costos de instalación, sino que también mejorarán la eficiencia y fiabilidad del mantenimiento, garantizando el funcionamiento continuo del sistema fotovoltaico.

La elaboración y ejecución de programas de mantenimiento preventivo y correctivo para los sistemas fotovoltaicos es esencial para asegurar la sostenibilidad y el buen rendimiento del proyecto a largo plazo. Estos programas deben incluir revisiones periódicas de los paneles solares, inversores y cables, así como la limpieza regular de los paneles para optimizar su eficiencia. Además, es recomendable establecer un sistema de monitoreo remoto que permita detectar posibles fallos o desviaciones en el rendimiento, lo cual facilitará una respuesta rápida y preventiva.

Es crucial inculcar en el personal la idea de que los sistemas fotovoltaicos son activos fijos de la empresa, cuya correcta gestión impacta directamente en la rentabilidad y el éxito a largo plazo de la organización. El personal debe comprender que estos equipos no solo contribuyen a reducir costos operativos, sino que también son fundamentales para alcanzar los objetivos medioambientales y las metas de sostenibilidad de la empresa. Fomentar un sentido de responsabilidad en el cuidado y operación de los equipos contribuirá a maximizar su vida útil y a optimizar los beneficios económicos y ecológicos a largo plazo.

Referencias

- Adigüzel, E. (Marzo de 2023). The effect of the marble dust to the efficiency of photovoltaic panels efficiency by SVM. *Energy Reports*, 9, 66 -76. doi:10.1016/j.egy.2022.10.358
- Alsibiani, S. (2024). Experimental study of an optical concentrated solar thermoelectric power generator. *Ain Shams Engineering Journal*, 15(2). doi:https://doi.org/10.1016/j.asej.2023.102380
- Alvarez, D. (2017). *Evaluacion de la orinetacion y el angulo de inclinacion optimo de una superficie palana para maximizar la captacion de irradiacion solar en cuenca Ecuador*. [tesis de pregrado, universidad politecnica Salesiana], Repositorio UPS. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14458/1/UPS-CT007120.pdf>
- Arsene, K. (septiembre de 2024). ¿Importa el consumo de energía para el cambio climático en África? Nuevos conocimientos a partir del análisis de datos de panel. *Innovación y Desarrollo Verde*, 3(3). doi:10.1016/j.igd.2024.100132
- Aulestina, L., & Celi, M. (2017). *Implementación de un sistema de paneles solares fotovoltaicos con capacidad de 20 kw/mes para ser utilizados en instalaciones industriales*. [tesis de pregrado, universidad politecnica Salesiana], Repositorio Ups Q. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/13636/3/UPS-KT01347.pdf>
- Auto Solar. (2022). *Auto Solar*. Obtenido de Auto Solar: https://autosolar.pe/energia-solar/proyectos-con-paneles-solares?srsItid=AfmBOopJNsHwwztTLyqjmFa3Rmc1QrsP-l6wGi-WEQ1WV_NvjDQ5c_d7
- Auto Solar. (2022). *Auto Solar*. Obtenido de Auto Solar: <https://autosolar.pe/paneles-solares-24v/panel-solar-550w-monocristalino-perc-tensite>
- Balcilar, M., Usman, O., & Ike, G. (2023). Operational behaviours of multinational corporations, renewable energy transition, and environmental sustainability in Africa: Does the level of natural resource rents matter? *Resources Policy*, 81. doi:https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.103344
- Banco Central de Reserva del Perú. (2025). *Estadística*. Obtenido de BCRPData: <https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/mensuales/resultados/PN01234PM/html/2023-1/2024-1/>

- Benavidez, C. (2018). *Radiación solar*. [tesis de pregrado, universidad san ignacio de loyola], repositorio Universidad San Ignacio de Loyola, lima. Obtenido de <https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/ab53fcbe-348a-4380-b673-6765d4e0e603/content>
- Bordons, C., García, F., & Valverdec, L. (2015). *Gestión Óptima de la Energía en Microrredes con Generación Renovable Optimal Energy Management for Renewable Energy Microreds*. Obtenido de <https://bibliotecas.ups.edu.ec:2230/science/article/pii/S1697791215000023>
- Chalco, P., & Zacarías, I. (2020). *Diseño técnico - económico de autogeneración de energía eléctrica para oficina administrativa en la ciudad de Arequipa, 2020*. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12394/9767>
- Chen, J., Xiao, L., Zhang, K., Wu, T., Luo, X., Wang, Y., & Peng, P. (2024). First principles investigation on CaxLa1-xB6 as the solar radiation shielding material for energy-efficient windows. *Materials Letters*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.matlet.2024.136932>
- Chen, X., Zhang, H., Xin Xin, Z., Qiang, G., & Chang, C.-P. (2024). Do renewable energy investment and financial development mitigate climate change? *Journal of Asian Economics*, 93. doi:<https://doi.org/10.1016/j.asieco.2024.101749>.
- Cheng, Y.-S., Liu, Y.-H., Hesse, H., Naumann, M., Truong, C., & Jossen, A. (2018). A PSO-Optimized Fuzzy Logic Control-Based Charging Method for Individual Household Battery Storage Systems within a Community. *MDPI Energies*.
- Cho, S., Jinsoo, K., & Deokoh, L. (2024). Optimal design of renewable energy certificate multipliers using an LCOE-Integrated AHP model: A case study of South Korea. *Renewable Energy*, 226. doi:<https://doi.org/10.1016/j.renene.2024.120386>.
- Deutsche Zusammenarbitd. (2022). *Análisis del potencial y eventuales actuales usos que tiene la fuentes de energía alternativa en la minería peruana*. Obtenido de Deutsche Zusammenarbitd: chrome-extension://efaidnbmhttps://minsus.net/mineria-sustentable/wp-content/uploads/2021/02/Energias-renovables-en-la-mineria-del-Peru.pdf
- Ecoinventos. (4 de septiembre de 2022). *Ecoinventos*. Obtenido de Ecoinventos: <https://ecoinventos.com/celulas-solares-fotovoltaicas/>
- El Ydrissi, M., Ghennioui, H., & Alae, A. (2023). Dust InSMS: Intelligent soiling measurement system for dust detection on solar mirrors using computer vision methods. *Expert Systems with Applications*, 211. doi:10.1016/j.eswa.2022.118646

- Faster Capital. (12 de Junio de 2024). *Tasa de descuento El dilema de la tasa de descuento equilibrar los costos en los calculos del LCOE*. Obtenido de FasterCapital: <https://fastercapital.com/es/contenido/Tasa-de-descuento--El-dilema-de-la-tasa-de-descuento--equilibrar-los-costos-en-los-calculos-del-LCOE.html>
- Fuertes , H. (2019). *Diseño de un sistema de generación de energía fotovoltaico para una población del medio atraco -chocó* . Obtenido de <https://red.uao.edu.co/server/api/core/bitstreams/fc4343d0-12f1-424a-8b14-89b7100d00e9/content>
- Greenhouse Gas Protocol. (13 de Marzo de 2024). *Calculation tooals and guidance*. Obtenido de Greenhouse Gas Protocol: <https://ghgprotocol.org/calculation-tools-and-guidance>
- INEI. (2020). *Estadísticas Ambientales*. Inei. Obtenido de <https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/ambienbtalesene.pdf>
- Kazem, H., Chaichan, M., & Al-Waeli, A. (2020). A review of dust accumulation and cleaning methods for solar photovoltaic systems. *Journal of Cleaner Production*, 276. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123187>
- Kumar Sen, K., Hosan, S., Karmaker, S., Chapman, A., & Saha, B. (2024). Clarifying the linkage between renewable energy deployment and energy justice: Toward equitable sustainability. *Sustainable Futures*, 8. doi:<https://doi.org/10.1016/j.sfr.2024.100236>.
- Lei, D., Cai, L., & Wu, F. (2024). Parameter identification of photovoltaic cell using modified bare-bones imperialist competition algorithm. *Optik*, 305. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2024.171798>.
- Li, Y., Xi, Z., & Li, S. (2022). All-day continuous electrical power generator by solar heating and radiative cooling from the sky. *Applied Energy*, 322. doi:<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.119403>.
- Man-Wen, T., Mansir, I., & Eldin, S. (2023). Economic and thermal performance analysis of two-stage thin-film solar thermoelectric power generator,. *Case Studies in Thermal Engineering*, 45. doi:<https://doi.org/10.1016/j.csite.2023.103012>.
- Muñoz, C., & Céspedes, A. (12 de Noviembre de 2019). *El Comercio*. Obtenido de Problemática en la investigación de incendios en lima: Obtenido de <https://elcomercio.pe/lima/sucesos/larcomar-ano-fatidico-incendio-cine-uvk-noticia-473175-noticia/>

- NASA Prediction Of Worldwide Energy Resources. (2024). *Data Access Viewer*. Obtenido de NASA Prediction Of Worldwide Energy Resources: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>
- Ortiz , A., & Garcia , F. (25 de febrero de 2006). Nuevo método para extraer los parámetros del modelo de células solares a partir de soluciones analíticas explícitas de sus características IV iluminadas. *Materiales de energía solar y células solares.*, 352 .361. doi:10.1016/j.solmat.2005.04.023
- OSINERGMIN. (2025). *Precios de referencia de combustible*. Obtenido de OSINERGMIN: <https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/institucional/regulacion-tarifaria/precios-de-referencia-banda-de-precios/precios-de-referencia-de-combustibles>
- Pintanel, T., Martinez, A., Uche, J., Del Amo, A., & Bayot, A. (2022). *Energy and environmental benefits of an integrated solar photovoltaic and thermal hybrid, seasonal storage and heat pump system for social housing*. Obtenido de <https://pdf.sciencedirectassets.com/271641/1-s2.0-S1359431122X00100/1-s2.0-S1359431122006093/main.pdf?X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEOz%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2FwEaCXVzLWVhc3QtMSJHMEUCIBVG%2BU>
- Plataforma del Estado Peruano. (23 de Junio de 2024). *Perú: 850 organizaciones de los sectores público y privado miden su huella de carbono*. Obtenido de Plataforma del Estado Peruano: <https://www.gob.pe/institucion/minam/noticias/975411-peru-850-organizaciones-de-los-sectores-publico-y-privado-miden-su-huella-de-carbono>
- Ptolomeo. (2020). *Conversión de corriente directa a corriente alterna*. Obtenido de www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/787/8/A8.pdf
- Sevilla Arias, A. (12 de Noviembre de 2024). *Tasa interna de retorno (TIR): Qué es, fórmula y ejemplos*. Obtenido de Economipedia: <https://economipedia.com/definiciones/tasa-interna-de-retorno-tir.html>
- Toledo, E. (13 de octubre de 2023). Sociología de energías renovables y transformación energética en México. *Estudios sociológicos/ ScieELO*, 41(122), 441 - 470. doi:<https://doi.org/10.24201/es.2023v41n122.2271>
- Velayos Morales, V. (28 de Febrero de 2024). *Valor actual neto (VAN): Qué es y cómo utilizarlo*. Obtenido de Economipedia: <https://economipedia.com/definiciones/valor-actual-neto.html>
- Venegas, C., Ramos, H., Lopez, I., & Burgos, L. (2019). *EVALUACIÓN DE LA FACTIBILIDAD DE INSTALACIÓN DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA PARA*

LA ILUMINACIÓN EN UN CAMPAMENTO MINERO DE LA LIBERTAD.
Obtenido de SEARCHING: Science:
<https://proyectostipo.dnp.gov.co/images/pdf/Celdas/ptceldas.pdf>

Viera , A. (2021). *“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA MEDIANTE CELDAS FOTOVOLTAICAS UBICADA EN LAS RIVERAS DEL RÍO PAYAMINO DE LA CIUDAD DEL COCA PARA LA EMPRESA ORELLANA TURISMO EP.* [Tesis de pregrado, Universidad tecnica de Ambato], Repositorio de Universidad tecnica de Ambato, Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/33707/1/Tesis%20I.%20M.%20655%20-%20Viera%20%20Andi%20Jonathan%20%20Andr%c3%a9s.pdf>

Xie, B.-C., Zhang, R.-Y., & Chen, X.-P. (2023). China's optimal development pathway of intermittent renewable power towards carbon neutrality. *Journal of Cleaner Production*, 406. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136903>.

Anexos

Anexo 1:	<i>Consumo diario de combustible y horas de utilización de grupos electrógenos en un proyecto de construcción electromecánica (planta CPF) en el departamento de Moquegua.</i>	1
Anexo 2:	<i>Ficha técnica del panel solar</i>	29
Anexo 3 :	<i>Ficha técnica de la batería</i>	31
Anexo 4:	<i>Ficha técnica del rack de baterías</i>	33
Anexo 5:	<i>Ficha técnica del inversor</i>	34
Anexo 6:	<i>Irradiancia solar para superficies inclinadas obtenidas de la página web de la NASA</i>	36
Anexo 7:	<i>Informes emitidos mensualmente por OSINERGMIN de los precios de referencia energéticos usados en generación eléctrica desde enero 2023 a enero 2024</i>	38
Anexo 8:	<i>Factores de emisión GHG Protocol Combustión Estacionaria</i>	51

Anexo 1:

Consumo diario de combustible y horas de utilización de grupos electrógenos en un proyecto de construcción electromecánica (planta CPF) en el departamento de Moquegua.

Item	Grupo electrógeno	01/01/23	02/01/23	03/01/23	04/01/23	05/01/23	06/01/23	07/01/23	08/01/23	09/01/23	10/01/23	11/01/23	12/01/23	13/01/23	14/01/23	15/01/23	16/01/23	17/01/23	18/01/23	19/01/23	20/01/23	21/01/23	22/01/23	23/01/23	24/01/23	25/01/23	26/01/23	27/01/23	28/01/23
1	0003100800 GRUPO ELECTROGENO - DE100CB - 180 KW	27	25	35	85	97	95	109	92	85.1	89	68	86	90	83	78.9	86.5	90	82	100	105	94	93.4	98.2	79.1	97	93	87.3	90
2	0003100801 GRUPO ELECTROGENO - DE3330-CB -		24		30		31		37		31		37		35		34		32		33		34		35		31.6		33
3	0003100802 GRUPO ELECTROGENO - RPS 31-C -	65	40	31	34	34	35	35	32	34	31	35	35	37.3	34	32.4	40	32.2	34.8	32.7	36	36.6	34.8	32.6	33	36	34	32	39
4	0003100803 GRUPO ELECTROGENO - DP150 NM1 -		15.1		16		19		19				17.5		39		26		15		25.2		28		18.2		16		20
5	0003100805 GRUPO ELECTROGENO - DP150 NM1 -		13		16		17		19						45				35		25		24		16.5		16		22
6	0003100808 GRUPO ELECTROGENO - TG35JDLS - 220 KW		426			385		270			335.3				434.3			387		361			362.24					457	
7	0003100809 GRUPO ELECTROGENO - DE65-EO -	20	21	20	18	19	23	19	19	18.7	19.6	25	19	22.4	19.8	15	19	12.9	18.8	16.5	14.6	18	12.9	15.7	13.9	21	16	15.2	14.9
8	0003100810 GRUPO ELECTROGENO - DE100CB - 400 KW	106	120	143	130	64	124	130	110	137	103	91	106	103	86.7	89	85.7	96.7	83.8	88.2	105.6	91.5	94	100	91.2	111	120	130.8	127
9	0003100811 GRUPO ELECTROGENO - GEP125-CB - 125 KW																											31	
10	0003100813 GRUPO ELECTROGENO - GEP75-1 - 60 KW																												
11	0003100816 GRUPO ELECTROGENO - GEP110 -																												
12	0003100817 GRUPO ELECTROGENO - MP-82 I -																												
13	0003100818 GRUPO ELECTROGENO - GEP169-CB -																												
14	0003100819 GRUPO ELECTROGENO - QAC1100 SD – TWIN POWER -																												
15	0003100820 GRUPO ELECTROGENO - QAC1100 SD – TWIN POWER -																												
16	0003100821 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																												

Item	Grupo electrógeno	01/01/23	02/01/23	03/01/23	04/01/23	05/01/23	06/01/23	07/01/23	08/01/23	09/01/23	10/01/23	11/01/23	12/01/23	13/01/23	14/01/23	15/01/23	16/01/23	17/01/23	18/01/23	19/01/23	20/01/23	21/01/23	22/01/23	23/01/23	24/01/23	25/01/23	26/01/23	27/01/23	28/01/23
17	0003100822 GRUPO ELECTROGENO - DE18-CB -																												
18	0003100823 GRUPO ELECTROGENO - APD 125C-6 -																												
19	0003100824 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																												
20	0003100825 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																												
21	0003100826 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																												
22	0003100827 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																												
23	0003100828 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																												
24	0003100829 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																												
25	0003100830 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																												
26	00031104CB GRUPO ELECTROGENO - GEP110 - 100 KW	33	45.5	38	34	27	37	40	35	37	35	37	38	28.9	38.5	35.5	36.7	37.3	38.7	37.3	28	37	36.4	35	13.9	38	38	36	41
27	00031115CB GRUPO ELECTROGENO - DE18-CB - 100 KW	35	30	33	31	31	32	35.3	30	33	32	35.1	30	31.5	32.8	32.3	32.5	31.4	30.6	33	32.8	30.5	33.4	33.5	34	34	32	12.1	33
28	00031219CB GRUPO ELECTROGENO - GEP125-CB -	10.5		10		6																			40		25.6	5	
29	00031320CB GRUPO ELECTROGENO - DE65-EO - 75 KW	12	12		10	12	20	10	10	26.6	20	12	12	11.2	12	10	19	20	16.3	15	19	20	16	10	13	15	13	4	10.5
30	00031854GR GRUPO ELECTROGENO - GEP125-1CB - 100 KW	35	30	33	40	39	45	38	45	42	41	40	34	37.1	49.8	38.1	42	49	47.6	39.4	51.6	49	36.5	42	49.9	42	41	34.9	34.3

Item	Grupo electrógeno	29/01/23	30/01/23	31/01/23	01/02/23	02/02/23	03/02/23	04/02/23	05/02/23	06/02/23	07/02/23	08/02/23	09/02/23	10/02/23	11/02/23	12/02/23	13/02/23	14/02/23	15/02/23	16/02/23	17/02/23	18/02/23	19/02/23	20/02/23	21/02/23	22/02/23	23/02/23	24/02/23
1	0003100800 GRUPO ELECTROGENO - DE100CB - 180 KW	78.7	97	87	94	113	113	105	75	92	103.5	96	101	95.7	79.1	89	95.6	79	81.1	83	80	73.5	78	75	77	71	73	69.7
2	0003100801 GRUPO ELECTROGENO - DE3330-CB -				63.4		28		34		30		30		32		29		31		32		29.4		30.8		27.1	
3	0003100802 GRUPO ELECTROGENO - RPS 31-C -		37		35	37	38	32.4	37	36.5	36.3	35	34	33.9	30.8	46	34.3	34.3	36.6	34	35.5	33	39	38.6	35.6			
4	0003100803 GRUPO ELECTROGENO - DP150 NM1 -		18		14		14		16.5		16		5		7		12		16.2							8	26	22
5	0003100805 GRUPO ELECTROGENO - DP150 NM1 -		18		18		20		18		17																	
6	0003100808 GRUPO ELECTROGENO - TG35JDLS - 220 KW		150	445			102	342		307.7			362			275		367.3			360.2			198.6		320.1		
7	0003100809 GRUPO ELECTROGENO - DE65-EO -	16.5	17	16	17	17	24	14	15	18		14	16.6	15.5	17.8	18	17	16.6	18.6	17	16	17	16.4	16.3	15.8	19	16	15
8	0003100810 GRUPO ELECTROGENO - DE100CB - 400 KW	120	137	136	55	157	149	161	151	152	138	127	132	150	153	149	156	146.7	126	153.5	194.2	119	157.5	164	154	128	148.5	159.3
9	0003100811 GRUPO ELECTROGENO - GEP125-CB - 125 KW							20		22		16			39	16		13.5		24.6		25		10.7		23	18	
10	0003100813 GRUPO ELECTROGENO - GEP75-1 - 60 KW															28												
11	0003100816 GRUPO ELECTROGENO - GEP110 -																											
12	0003100817 GRUPO ELECTROGENO - MP-82 I -																											
13	0003100818 GRUPO ELECTROGENO - GEP169-CB -																											
14	0003100819 GRUPO ELECTROGENO - QAC1100 SD - TWIN POWER -																											
15	0003100820 GRUPO ELECTROGENO - QAC1100 SD - TWIN POWER -																											
16	0003100821 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																											

A

Item	Grupo electrógeno	29/01/23	30/01/23	31/01/23	01/02/23	02/02/23	03/02/23	04/02/23	05/02/23	06/02/23	07/02/23	08/02/23	09/02/23	10/02/23	11/02/23	12/02/23	13/02/23	14/02/23	15/02/23	16/02/23	17/02/23	18/02/23	19/02/23	20/02/23	21/02/23	22/02/23	23/02/23	24/02/23
17	0003100822 GRUPO ELECTROGENO - DE18-CB -																											
18	0003100823 GRUPO ELECTROGENO - APD 125C-6 -																											
19	0003100824 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																											
20	0003100825 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																											
21	0003100826 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																											
22	0003100827 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																											
23	0003100828 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																											
24	0003100829 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																											
25	0003100830 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																											
26	00031104CB GRUPO ELECTROGENO - GEP110 - 100 KW	35.5	45	46	38	39	46	39	43	37.5	40	37.5	39.7	37.6	37.1	39.4	38.4	36.6	39.1	37.6	42.9	38.3	37.5	37.7	37.6	38	41.5	43
27	00031115CB GRUPO ELECTROGENO - DE18-CB - 100 KW	32	33	39	33	36	33	35	34	33	36	32	34	29.5	34	34.6	33	31	33	30	36.4	33	30	32.9	32.6	22	31	30
28	00031219CB GRUPO ELECTROGENO - GEP125-CB -	19		28		13		29	42	35	32	12		9	15	33	32	28.6	30	26	30	26	24.5	23	26	26	27	22
29	00031320CB GRUPO ELECTROGENO - DE65-EO - 75 KW	12	13	12	12	9	13	19	20	29	24.7	24	25	25	34.7	30	25	26	35	25	16	11.5	27.3	12.3	13	14	11	14
30	00031854GR GRUPO ELECTROGENO - GEP125-1CB - 100 KW		35	42	29																							

Item	Grupo electrógeno	25/02/23	26/02/23	27/02/23	28/02/23	01/03/23	02/03/23	03/03/23	04/03/23	05/03/23	06/03/23	07/03/23	08/03/23	09/03/23	10/03/23	11/03/23	12/03/23	13/03/23	14/03/23	15/03/23	16/03/23	17/03/23	18/03/23	19/03/23	20/03/23	21/03/23	22/03/23	23/03/23
1	0003100800 GRUPO ELECTROGENO - DE100CB - 180 KW	78	85.5	75	90	66	71	65	74	53	64	56	59	71.5	55	64.5	54	36.1	41.7	37		62		60.4		71.5		63.4
2	0003100801 GRUPO ELECTROGENO - DE3330-CB -	30		28.4		29		30		30	28	80	83	82	88	89	88.4	104	101	97.5	102.7	98	99	86	88	98	88	87.4
3	0003100802 GRUPO ELECTROGENO - RPS 31-C -																											
4	0003100803 GRUPO ELECTROGENO - DP150 NM1 -	26.1	24.4	26	25	27	25	25.2	29	26	26	26	25	24.8	25	22	26.6	26	25.7	19	27	27		26	27.7	29	21.2	26.2
5	0003100805 GRUPO ELECTROGENO - DP150 NM1 -																											
6	0003100808 GRUPO ELECTROGENO - TG35JDLS - 220 KW	331			340				118																			
7	0003100809 GRUPO ELECTROGENO - DE65-EO -	14.7	17	19	15	22.9	17	23	24.4	18	15	13	16.2	16	20	14.4	17.6	16.6	28	18	18.6	17.2		17	17	25	19.2	17.2
8	0003100810 GRUPO ELECTROGENO - DE100CB - 400 KW	121	177	121.4	134	110	129	129	126	144	112	140	130	172	162	144.8	143.7	169.4	168	189	180	184.3	203.8	233	172	191	237.5	173.5
9	0003100811 GRUPO ELECTROGENO - GEP125-CB - 125 KW		32	18			2					37			22													
10	0003100813 GRUPO ELECTROGENO - GEP75-1 - 60 KW																											
11	0003100816 GRUPO ELECTROGENO - GEP110 -														31	41.2	30	33.6	30	32	32.5	32		30.4	30	33.4	35	33.8
12	0003100817 GRUPO ELECTROGENO - MP-82 I -																17		10		12.9							
13	0003100818 GRUPO ELECTROGENO - GEP169-CB -																											
14	0003100819 GRUPO ELECTROGENO - QAC1100 SD – TWIN POWER -																											
15	0003100820 GRUPO ELECTROGENO - QAC1100 SD – TWIN POWER -																											
16	0003100821 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																											

Item	Grupo electrógeno	25/02/23	26/02/23	27/02/23	28/02/23	01/03/23	02/03/23	03/03/23	04/03/23	05/03/23	06/03/23	07/03/23	08/03/23	09/03/23	10/03/23	11/03/23	12/03/23	13/03/23	14/03/23	15/03/23	16/03/23	17/03/23	18/03/23	19/03/23	20/03/23	21/03/23	22/03/23	23/03/23
17	0003100822 GRUPO ELECTROGENO - DE18-CB -																											
18	0003100823 GRUPO ELECTROGENO - APD 125C-6 -																											
19	0003100824 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																											
20	0003100825 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																											
21	0003100826 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																											
22	0003100827 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																											
23	0003100828 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																											
24	0003100829 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																											
25	0003100830 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																											
26	00031104CB GRUPO ELECTROGENO - GEP110 - 100 KW	39.2	41.2	40.7	41.3	35.5	42	26.8	41	41	39	39	38	41.8	79	37.2	42	39	38.8	45	35.8	41.5	34.6	39.4	38.7	41.5	39.6	41.9
27	00031115CB GRUPO ELECTROGENO - DE18-CB - 100 KW	29.5	30	35	31	28	34	32	31	30.3	25	32																
28	00031219CB GRUPO ELECTROGENO - GEP125-CB -	26	23	31	24	31	28	27.3	30	24	27	24	34	29	25	23.7	32	29	30	29	32.6	28		28	25	29	24	25.5
29	00031320CB GRUPO ELECTROGENO - DE65-EO - 75 KW	13	10	12	13	12.7	12	27	20.6	11	10	15	15.3	11			12	10.2	10.6	12	15	12.8		11.1	12.3	11	15	12
30	00031854GR GRUPO ELECTROGENO - GEP125-1CB - 100 KW																											

Item	Grupo electrógeno	24/03/23	25/03/23	26/03/23	27/03/23	28/03/23	29/03/23	30/03/23	31/03/23	01/04/23	02/04/23	03/04/23	04/04/23	05/04/23	06/04/23	07/04/23	08/04/23	09/04/23	10/04/23	11/04/23	12/04/23	13/04/23	14/04/23	15/04/23	16/04/23	17/04/23	18/04/23
1	0003100800 GRUPO ELECTROGENO - DE100CB - 180 KW	42		70				70		55																	
2	0003100801 GRUPO ELECTROGENO - DE3330-CB -	87.8	84.4	77.4	73.8	77	74	75	84.5	69.4	98	73	80.7	74	78	87	78	73	74	75	71.2	72.5	71	80	69.6	68	70.8
3	0003100802 GRUPO ELECTROGENO - RPS 31-C -																										
4	0003100803 GRUPO ELECTROGENO - DP150 NM1 -	28	28	27	27	28	26	28	25	28	23	30	25.2	28	29	30	29	25	28.5	24.6	24.7	27.1	26.2	22	25.5	26.4	26.6
5	0003100805 GRUPO ELECTROGENO - DP150 NM1 -																										
6	0003100808 GRUPO ELECTROGENO - TG35JDLS - 220 KW																										
7	0003100809 GRUPO ELECTROGENO - DE65-EO -	16.3	18.4	17.4	15.7	17	16	13																			
8	0003100810 GRUPO ELECTROGENO - DE100CB - 400 KW	173	185.4	204	168	182.93	191	169	250.5	152	230.9	164	160.8	313	176	152	163	263	150	143.7	258.3	176.5	157.9	144.6	257	156	155.9
9	0003100811 GRUPO ELECTROGENO - GEP125-CB - 125 KW																										
10	0003100813 GRUPO ELECTROGENO - GEP75-1 - 60 KW																										
11	0003100816 GRUPO ELECTROGENO - GEP110 -	36.1	32.6	35	33.2	32	32	32	33	36	32	32.8	34	31	34	35	35	33.5	31	34	32.2	31.8		64	33	32.2	31
12	0003100817 GRUPO ELECTROGENO - MP-82 I -						19									31		11		9						22	
13	0003100818 GRUPO ELECTROGENO - GEP169-CB -																										
14	0003100819 GRUPO ELECTROGENO - QAC1100 SD - TWIN POWER -																										
15	0003100820 GRUPO ELECTROGENO - QAC1100 SD - TWIN POWER -																										
16	0003100821 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																										

Item	Grupo electrógeno	24/03/23	25/03/23	26/03/23	27/03/23	28/03/23	29/03/23	30/03/23	31/03/23	01/04/23	02/04/23	03/04/23	04/04/23	05/04/23	06/04/23	07/04/23	08/04/23	09/04/23	10/04/23	11/04/23	12/04/23	13/04/23	14/04/23	15/04/23	16/04/23	17/04/23	18/04/23
17	0003100822 GRUPO ELECTROGENO - DE18-CB -																										
18	0003100823 GRUPO ELECTROGENO - APD 125C-6 -																										
19	0003100824 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																										
20	0003100825 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																										
21	0003100826 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																										
22	0003100827 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																										
23	0003100828 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																										
24	0003100829 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																										
25	0003100830 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																										
26	00031104CB GRUPO ELECTROGENO - GEP110 - 100 KW	37.9	43.1	35.8	37.5	36	30.9	37	37.5	36	37.5	37	35	35	14	34	35	34.7	32	36.5	33.5	33	36.6	32.3	33.3	36.5	37.3
27	00031115CB GRUPO ELECTROGENO - DE18-CB - 100 KW																										
28	00031219CB GRUPO ELECTROGENO - GEP125-CB -	27.6	24.9	26.3	25.4	25	25	25	25	30	28	23.2	24	25	27	29	28	27	19.4	30.6	24.7	25.7	33	28	24.2	25.1	27.4
29	00031320CB GRUPO ELECTROGENO - DE65-EO - 75 KW	8	12	12	11	8	12	12		32		23.7		22		28		22	13		20			20	24.1	10	
30	00031854GR GRUPO ELECTROGENO - GEP125-1CB - 100 KW																										

Item	Grupo electrógeno	19/04/23	20/04/23	21/04/23	22/04/23	23/04/23	24/04/23	25/04/23	26/04/23	27/04/23	28/04/23	29/04/23	30/04/23	01/05/23	02/05/23	03/05/23	04/05/23	05/05/23	06/05/23	07/05/23	08/05/23	09/05/23	10/05/23	11/05/23	12/05/23	13/05/23	14/05/23
1	0003100800 GRUPO ELECTROGENO - DE100CB - 180 KW																39	52			48			48.2		41	
2	0003100801 GRUPO ELECTROGENO - DE3330-CB -	83.4	73	73	75	74.3	75	71.2	78	74.5	78.6	77	79	62	66	64.7	45	65	67.5	68	69	68.8	70.6	68	68.9	66.8	65.4
3	0003100802 GRUPO ELECTROGENO - RPS 31-C -																										
4	0003100803 GRUPO ELECTROGENO - DP150 NM1 -	29	29	27	26	27.1	27	27.7		26	28	26	25.7	23.3	25	27		26	28	26.4	24.6	25	28.7	24.9	26.2		27.4
5	0003100805 GRUPO ELECTROGENO - DP150 NM1 -																										
6	0003100808 GRUPO ELECTROGENO - TG35JDLS - 220 KW																										
7	0003100809 GRUPO ELECTROGENO - DE65-EO -																										
8	0003100810 GRUPO ELECTROGENO - DE100CB - 400 KW	242.5	225	148.5	161.2	245	276	168	160.5	174	182.5	280.5	181	177.6	161	291	160	273	168	144	174	338.6	124.6	147	127	256	257.5
9	0003100811 GRUPO ELECTROGENO - GEP125-CB - 125 KW																										
10	0003100813 GRUPO ELECTROGENO - GEP75-1 - 60 KW																										
11	0003100816 GRUPO ELECTROGENO - GEP110 -	31	32.2	32	34	29.1	33	31	35	35	34	31.6	33	34	31.5	32	31	32	31	32.2	32.4	32.4		31	32	32	31
12	0003100817 GRUPO ELECTROGENO - MP-82 I -		12																		12.5				33.1		
13	0003100818 GRUPO ELECTROGENO - GEP169-CB -																					37					24.9
14	0003100819 GRUPO ELECTROGENO - QAC1100 SD – TWIN POWER -																										
15	0003100820 GRUPO ELECTROGENO - QAC1100 SD – TWIN POWER -																										
16	0003100821 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																										

Item	Grupo electrógeno	19/04/23	20/04/23	21/04/23	22/04/23	23/04/23	24/04/23	25/04/23	26/04/23	27/04/23	28/04/23	29/04/23	30/04/23	01/05/23	02/05/23	03/05/23	04/05/23	05/05/23	06/05/23	07/05/23	08/05/23	09/05/23	10/05/23	11/05/23	12/05/23	13/05/23	14/05/23
17	0003100822 GRUPO ELECTROGENO - DE18-CB -																										
18	0003100823 GRUPO ELECTROGENO - APD 125C-6 -																										
19	0003100824 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																										
20	0003100825 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																										
21	0003100826 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																										
22	0003100827 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																										
23	0003100828 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																										
24	0003100829 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																										
25	0003100830 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																										
26	00031104CB GRUPO ELECTROGENO - GEP110 - 100 KW	34	35.1	35	34.4	31.4	34	35	36.4	33.4	29.4	38.3	32.9	31	35.5	34	33.2	34	35	33.4	33.6	32.2	33.9	7.7	34	32.2	38
27	00031115CB GRUPO ELECTROGENO - DE18-CB - 100 KW																										
28	00031219CB GRUPO ELECTROGENO - GEP125-CB -	36	36.3	33	28	27.4		30.2	29	32	30.4	30	25.5	27.7	22	25	23.2	21.6	23.6	33.6	21	30.7	25.8	22.7	27.3	24.5	21.4
29	00031320CB GRUPO ELECTROGENO - DE65-EO - 75 KW	20		19		20		24	15		24.5		24		26	12.7		20		18		15		22	9	9	
30	00031854GR GRUPO ELECTROGENO - GEP125-1CB - 100 KW																										

Item	Grupo electrógeno	15/05/23	16/05/23	17/05/23	18/05/23	19/05/23	20/05/23	21/05/23	22/05/23	23/05/23	24/05/23	25/05/23	26/05/23	27/05/23	28/05/23	29/05/23	30/05/23	31/05/23	01/06/23	02/06/23	03/06/23	04/06/23	05/06/23	06/06/23	07/06/23	08/06/23	09/06/23	10/06/23
1	0003100800 GRUPO ELECTROGENO - DE100CB - 180 KW		40.1	20			47		41		34.6		40		46.6		45			94	51	80	75	31	75	70	34	16.9
2	0003100801 GRUPO ELECTROGENO - DE3330-CB -	61.4	66.8	61	63	65	64	65	18	61	67	69	60	67	74	60	67	63.5	64.5	24	70.5	64	69.2	61.1	67	64	63	63.2
3	0003100802 GRUPO ELECTROGENO - RPS 31-C -																											
4	0003100803 GRUPO ELECTROGENO - DP150 NM1 -	25.3	24.2	26	25.6	29.7	24	24	25	24	28	28	25	26	25.6	25	28		24	25	26	25	23.8	26.1	25	27	27.3	27.7
5	0003100805 GRUPO ELECTROGENO - DP150 NM1 -																											
6	0003100808 GRUPO ELECTROGENO - TG35JDLS - 220 KW																											
7	0003100809 GRUPO ELECTROGENO - DE65-EO -																											
8	0003100810 GRUPO ELECTROGENO - DE100CB - 400 KW	142.4	151	166	158.9	326.8	170	162	166	340	153	168	160	177	334	182	183.5	164.3	313.6	179	149.1	268	150	144	156.5	299.8	136.8	151
9	0003100811 GRUPO ELECTROGENO - GEP125-CB - 125 KW																											
10	0003100813 GRUPO ELECTROGENO - GEP75-1 - 60 KW																											
11	0003100816 GRUPO ELECTROGENO - GEP110 -	32	32	32	30.9	32	30.7	31.5	35	33	32.2	28	37	31	33	28	30	25	29	24.9	32	28	22.9	27.2	24.8	23	25.6	23.7
12	0003100817 GRUPO ELECTROGENO - MP-82 I -																											
13	0003100818 GRUPO ELECTROGENO - GEP169-CB -	29.6																										
14	0003100819 GRUPO ELECTROGENO - QAC1100 SD – TWIN POWER -									19				31			39		85.5		85.1		100.5	114	36.4	107.9	61	
15	0003100820 GRUPO ELECTROGENO - QAC1100 SD – TWIN POWER -									91				32.6			40.8		24.7		62	219						
16	0003100821 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																						58.5		77			

Item	Grupo electrógeno	15/05/23	16/05/23	17/05/23	18/05/23	19/05/23	20/05/23	21/05/23	22/05/23	23/05/23	24/05/23	25/05/23	26/05/23	27/05/23	28/05/23	29/05/23	30/05/23	31/05/23	01/06/23	02/06/23	03/06/23	04/06/23	05/06/23	06/06/23	07/06/23	08/06/23	09/06/23	10/06/23
17	0003100822 GRUPO ELECTROGENO - DE18-CB -																											
18	0003100823 GRUPO ELECTROGENO - APD 125C-6 -																											
19	0003100824 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																											
20	0003100825 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																											
21	0003100826 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																											
22	0003100827 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																											
23	0003100828 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																											
24	0003100829 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																											
25	0003100830 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																											
26	00031104CB GRUPO ELECTROGENO - GEP110 - 100 KW	28.9	11.7	32	35.5	36.5	34	37	34	27	33	32	31	28	28.9	29.5	28.4	29.5	27	34.5	26.5	29	29.4	27.8	28.4	27.8	29.3	26
27	00031115CB GRUPO ELECTROGENO - DE18-CB - 100 KW																											
28	00031219CB GRUPO ELECTROGENO - GEP125-CB -	30	32.3	24	26.3	25	25	24	28	35.3	29	28	33.4	27		26	26	28	26	33.9	28.5	29	27.6	30	30	29	30	27.8
29	00031320CB GRUPO ELECTROGENO - DE65-EO - 75 KW	16.7			19.7	15		20		16.3		14				8						19.5				24		
30	00031854GR GRUPO ELECTROGENO - GEP125-1CB - 100 KW																				19.9		28		24			21.3

Item	Grupo electrógeno	11/06/23	12/06/23	13/06/23	14/06/23	15/06/23	16/06/23	17/06/23	18/06/23	19/06/23	20/06/23	21/06/23	22/06/23	23/06/23	24/06/23	25/06/23	26/06/23	27/06/23	28/06/23	29/06/23	30/06/23	01/07/23	02/07/23	03/07/23	04/07/23	05/07/23	06/07/23	07/07/23	08/07/23	09/07/23
1	0003100800 GRUPO ELECTROGENO - DE100CB - 180 KW			59		46.2		46	17	60	73	64	51	62	61.5	63	23	20	24		34	21	25	19	33.7	44	49.4	44	36	30
2	0003100801 GRUPO ELECTROGENO - DE3330-CB -	62.7	64.6	61.5	63	65.5	61	64	62	63.8	66.9	67	63.8	35.7	64	64	63	63.7		61.8	60	60	66.5	60	62	62	62	63.3	66	62
3	0003100802 GRUPO ELECTROGENO - RPS 31-C -																													
4	0003100803 GRUPO ELECTROGENO - DP150 NM1 -	27.4	27.3	28	26	28	26.8	28	25	26	29	26	24.5	27	27.7	26	27	27	26	26	27	27	27.6	27	27	26	30	26	27	21
5	0003100805 GRUPO ELECTROGENO - DP150 NM1 -																													
6	0003100808 GRUPO ELECTROGENO - TG35JDLS - 220 KW																													
7	0003100809 GRUPO ELECTROGENO - DE65-EO -																													
8	0003100810 GRUPO ELECTROGENO - DE100CB - 400 KW	134	322	179	160	180	163	364	167	156	157	169	76.4	295	134	140	334	142	147	141	133	334	153	171	145	312	178	135	143	318
9	0003100811 GRUPO ELECTROGENO - GEP125-CB - 125 KW																													
10	0003100813 GRUPO ELECTROGENO - GEP75-1 - 60 KW																													
11	0003100816 GRUPO ELECTROGENO - GEP110 -	26.8	26	24.3	25	24.7	24.3	26.6	27.5	30	30.7	30	29	29.4	31	29	27.3	26.5	28		28	26	26	26	24.8	29	27.7	27	24	27.2
12	0003100817 GRUPO ELECTROGENO - MP-82 I -																													
13	0003100818 GRUPO ELECTROGENO - GEP169-CB -	11						17																						
14	0003100819 GRUPO ELECTROGENO - QAC1100 SD - TWIN POWER -	130	41																											
15	0003100820 GRUPO ELECTROGENO - QAC1100 SD - TWIN POWER -																													
16	0003100821 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	108	58.3	81	89.5	83	81.7	45.9				31.5		54.7	50.8	51	52.5	54	49	21	66			60.5	21					

Item	Grupo electrógeno	11/06/23	12/06/23	13/06/23	14/06/23	15/06/23	16/06/23	17/06/23	18/06/23	19/06/23	20/06/23	21/06/23	22/06/23	23/06/23	24/06/23	25/06/23	26/06/23	27/06/23	28/06/23	29/06/23	30/06/23	01/07/23	02/07/23	03/07/23	04/07/23	05/07/23	06/07/23	07/07/23	08/07/23	09/07/23
17	0003100822 GRUPO ELECTROGENO - DE18-CB -	21							7	30.9	30	30		29	30.7	32	30	31.8	30	30	31	28.8	31	31.5	9.8	30.7	31.7	29.5	30.4	29
18	0003100823 GRUPO ELECTROGENO - APD 125C-6 -																													
19	0003100824 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																													
20	0003100825 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																													
21	0003100826 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																													
22	0003100827 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																													
23	0003100828 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																													
24	0003100829 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																													
25	0003100830 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																													
26	00031104CB GRUPO ELECTROGENO - GEP110 - 100 KW	28.7	28.5	26.4	29	30	29	29																						
27	00031115CB GRUPO ELECTROGENO - DE18-CB - 100 KW																													
28	00031219CB GRUPO ELECTROGENO - GEP125-CB -	27.5	31.6	28.8	26	30	28	24	27	32	27	29	37	26	26	34.5	17	23.3	11	9		5	14	12	9.2	9	9	14.6	17	18
29	00031320CB GRUPO ELECTROGENO - DE65-EO - 75 KW	22.4		10.4			12			17												31	12.2			18				
30	00031854GR GRUPO ELECTROGENO - GEP125-1CB - 100 KW	16.4			26			22.2																						

Item	Grupo electrógeno	10/07/23	11/07/23	12/07/23	13/07/23	14/07/23	15/07/23	16/07/23	17/07/23	18/07/23	19/07/23	20/07/23	21/07/23	22/07/23	23/07/23	24/07/23	25/07/23	26/07/23	27/07/23	28/07/23	29/07/23	30/07/23	31/07/23	01/08/23	02/08/23	03/08/23	04/08/23	05/08/23	06/08/23
1	0003100800 GRUPO ELECTROGENO - DE100CB - 180 KW	56	43	37	28		32	18	45		25	18	43.6	60	54	62	57	70	27	23									
2	0003100801 GRUPO ELECTROGENO - DE3330-CB -	61.7	60.5	61.8	62	60	61	62	63	68.9	61	64	65	63.5	63	62	66	68	60	63	62.4	65.3	68	63	60	64	66	63	
3	0003100802 GRUPO ELECTROGENO - RPS 31-C -																												
4	0003100803 GRUPO ELECTROGENO - DP150 NM1 -	25.5	28	27	27	26	26	25.8	28	26	27	26	28	27	29.7	26	27	25	24	25	26	26	27	26	26.7	25.1			
5	0003100805 GRUPO ELECTROGENO - DP150 NM1 -																												
6	0003100808 GRUPO ELECTROGENO - TG35JDLS - 220 KW																												
7	0003100809 GRUPO ELECTROGENO - DE65-EO -																												
8	0003100810 GRUPO ELECTROGENO - DE100CB - 400 KW	181	172	288	138	129	307	102	290	169	165	345	157	165.5	156	145	175.8	355.8	125	139.5	76	373.9	141.5	231.5	136	153	164		
9	0003100811 GRUPO ELECTROGENO - GEP125-CB - 125 KW																												
10	0003100813 GRUPO ELECTROGENO - GEP75-1 - 60 KW																												
11	0003100816 GRUPO ELECTROGENO - GEP110 -	25.7	26	26.5	26	27	27	27	27.7	26.2	28	26	26	27	24	29	29	30	28	30.4	28.6	27.8	28.5	27					
12	0003100817 GRUPO ELECTROGENO - MP-82 I -																												
13	0003100818 GRUPO ELECTROGENO - GEP169-CB -																												
14	0003100819 GRUPO ELECTROGENO - QAC1100 SD – TWIN POWER -																												
15	0003100820 GRUPO ELECTROGENO - QAC1100 SD – TWIN POWER -																												
16	0003100821 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																				16	18.5	22	22	20	20		40	

Item	Grupo electrógeno	10/07/23	11/07/23	12/07/23	13/07/23	14/07/23	15/07/23	16/07/23	17/07/23	18/07/23	19/07/23	20/07/23	21/07/23	22/07/23	23/07/23	24/07/23	25/07/23	26/07/23	27/07/23	28/07/23	29/07/23	30/07/23	31/07/23	01/08/23	02/08/23	03/08/23	04/08/23	05/08/23	06/08/23
17	0003100822 GRUPO ELECTROGENO - DE18-CB -	29.8	31	31	28	30	30.4	31	31	31	30	33	32	33	30		33	35.3											
18	0003100823 GRUPO ELECTROGENO - APD 125C-6 -																												
19	0003100824 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																												
20	0003100825 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																		51	16	18.5	22	22	20					
21	0003100826 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																									26	27	35	
22	0003100827 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																					19	24	13	11	10	7		
23	0003100828 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																										224	408	
24	0003100829 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																								28.4	28	49	28	
25	0003100830 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																		32	32	34	30	37	32	33	33	31	35.5	32
26	00031104CB GRUPO ELECTROGENO - GEP110 - 100 KW																												
27	00031115CB GRUPO ELECTROGENO - DE18-CB - 100 KW																												
28	00031219CB GRUPO ELECTROGENO - GEP125-CB -	32.4	18	19	16	20	20	9	9	9	10	27	9	9		19			16										
29	00031320CB GRUPO ELECTROGENO - DE65-EO - 75 KW																												
30	00031854GR GRUPO ELECTROGENO - GEP125-1CB - 100 KW																												

Item	Grupo electrógeno	07/08/23	08/08/23	09/08/23	10/08/23	11/08/23	12/08/23	13/08/23	14/08/23	15/08/23	16/08/23	17/08/23	18/08/23	19/08/23	20/08/23	21/08/23	22/08/23	23/08/23	24/08/23	25/08/23	26/08/23	27/08/23	28/08/23	29/08/23	30/08/23	31/08/23	01/09/23	02/09/23	03/09/23
1	0003100800 GRUPO ELECTROGENO - DE100CB - 180 KW																												
2	0003100801 GRUPO ELECTROGENO - DE3330-CB -																												
3	0003100802 GRUPO ELECTROGENO - RPS 31-C -																												
4	0003100803 GRUPO ELECTROGENO - DP150 NM1 -																												
5	0003100805 GRUPO ELECTROGENO - DP150 NM1 -																												
6	0003100808 GRUPO ELECTROGENO - TG35JDLS - 220 KW																												
7	0003100809 GRUPO ELECTROGENO - DE65-EO -																												
8	0003100810 GRUPO ELECTROGENO - DE100CB - 400 KW																												
9	0003100811 GRUPO ELECTROGENO - GEP125-CB - 125 KW																												
10	0003100813 GRUPO ELECTROGENO - GEP75-1 - 60 KW																												
11	0003100816 GRUPO ELECTROGENO - GEP110 -																												
12	0003100817 GRUPO ELECTROGENO - MP-82 I -																												
13	0003100818 GRUPO ELECTROGENO - GEP169-CB -																												
14	0003100819 GRUPO ELECTROGENO - QAC1100 SD – TWIN POWER -																												
15	0003100820 GRUPO ELECTROGENO - QAC1100 SD – TWIN POWER -																												
16	0003100821 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	34.5		38.5		47		29		34.2		77																	

Item	Grupo electrógeno	07/08/23	08/08/23	09/08/23	10/08/23	11/08/23	12/08/23	13/08/23	14/08/23	15/08/23	16/08/23	17/08/23	18/08/23	19/08/23	20/08/23	21/08/23	22/08/23	23/08/23	24/08/23	25/08/23	26/08/23	27/08/23	28/08/23	29/08/23	30/08/23	31/08/23	01/09/23	02/09/23	03/09/23
17	0003100822 GRUPO ELECTROGENO - DE18-CB -																												
18	0003100823 GRUPO ELECTROGENO - APD 125C-6 -			25.8	20		28	13.5	23.1	21	22.4							23.4	24		26.3	22.2					13.7		
19	0003100824 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	50	122	82.7	80	76.9	75.8	81	86	80.7	70.8	82.7	63	87.9	95.2	74	78.6	77	81	80	83	81	78	78	72.5	72	41	80	76
20	0003100825 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																												
21	0003100826 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	35	40.6	68.4	36	33.5	30.6	35	37.7	36	33.6	28.5	33		33	55		34	33	34		32	37.8	33.5	34	34	35	43	34.3
22	0003100827 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	21.3		22.7		21		18		15.8				19		18	13	10		28			30.7			34.8			
23	0003100828 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	116	179.8	288	149	151	256	164	151	241	160	247	150	121	296	155.9	52	151	245	50	146	302	153.8	282.8	141.3	146.1	254.4	154	151
24	0003100829 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	24	43.8	40	37	33	40	37.6	36	28	33	40.6	35	35	45	37	35	35	38	32	34	37	37	36.5		36.5	34.9	37.5	30
25	0003100830 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	30.7	33	34	30	35.2	24.6	32	29	31.2	30.5	30	30	28	32	30	31	33	32	32	31	31	30.8	25.2	29.3	31.4	30	31	33
26	00031104CB GRUPO ELECTROGENO - GEP110 - 100 KW																												
27	00031115CB GRUPO ELECTROGENO - DE18-CB - 100 KW																												
28	00031219CB GRUPO ELECTROGENO - GEP125-CB -																												
29	00031320CB GRUPO ELECTROGENO - DE65-EO - 75 KW																												
30	00031854GR GRUPO ELECTROGENO - GEP125-1CB - 100 KW																												

Item	Grupo electrógeno	04/09/23	05/09/23	06/09/23	07/09/23	08/09/23	09/09/23	10/09/23	11/09/23	12/09/23	13/09/23	14/09/23	15/09/23	16/09/23	17/09/23	18/09/23	19/09/23	20/09/23	21/09/23	22/09/23	23/09/23	24/09/23	25/09/23	26/09/23	27/09/23	28/09/23	29/09/23	30/09/23
1	0003100800 GRUPO ELECTROGENO - DE100CB - 180 KW																											
2	0003100801 GRUPO ELECTROGENO - DE3330-CB -																											
3	0003100802 GRUPO ELECTROGENO - RPS 31-C -																											
4	0003100803 GRUPO ELECTROGENO - DP150 NM1 -																											
5	0003100805 GRUPO ELECTROGENO - DP150 NM1 -																											
6	0003100808 GRUPO ELECTROGENO - TG35JDLS - 220 KW																											
7	0003100809 GRUPO ELECTROGENO - DE65-EO -																											
8	0003100810 GRUPO ELECTROGENO - DE100CB - 400 KW																											
9	0003100811 GRUPO ELECTROGENO - GEP125-CB - 125 KW																											
10	0003100813 GRUPO ELECTROGENO - GEP75-1 - 60 KW																											
11	0003100816 GRUPO ELECTROGENO - GEP110 -																											
12	0003100817 GRUPO ELECTROGENO - MP-82 I -																											
13	0003100818 GRUPO ELECTROGENO - GEP169-CB -																											
14	0003100819 GRUPO ELECTROGENO - QAC1100 SD – TWIN POWER -																											
15	0003100820 GRUPO ELECTROGENO - QAC1100 SD – TWIN POWER -																											
16	0003100821 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																											

Item	Grupo electrógeno	04/09/23	05/09/23	06/09/23	07/09/23	08/09/23	09/09/23	10/09/23	11/09/23	12/09/23	13/09/23	14/09/23	15/09/23	16/09/23	17/09/23	18/09/23	19/09/23	20/09/23	21/09/23	22/09/23	23/09/23	24/09/23	25/09/23	26/09/23	27/09/23	28/09/23	29/09/23	30/09/23
17	0003100822 GRUPO ELECTROGENO - DE18-CB -																											
18	0003100823 GRUPO ELECTROGENO - APD 125C-6 -		19.4		17.5		19		17		23.3	9.9	7.6		15.5		15.9			20.9			20		14.3		15.4	15.6
19	0003100824 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	62	64	80.5	74	78.8	72.9	65.8	92	75.5	83.5	77	59.3	80.8	86	89.9	89		37.7		18	333	169.4	50.7	109	50	291	129
20	0003100825 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																											
21	0003100826 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	30	37	32	35	35	35	35	31	31	37.9	30	42	32.8	34	39.4		49.4	35	35	35	34.5	35	35	35	35.1	35.8	33.9
22	0003100827 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	33.5			30		31.2			23			10					72	53.6	56.4	52	49	50	52.9	55	49.9	50.7	48.4
23	0003100828 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	154.5	307	150	139	158	285	151	142	247	168.3	145.5	166	216	266.5	165.5	100	130	155.7	150	85							
24	0003100829 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	37	35	37.4	47	39.9	37.8	42	38	38.3	36.4	37.5	32	35	35.2	35.1	33	35	35.9	36	35.7	35	35	35	34	35	30	32
25	0003100830 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	32	34.2	32	30		30	33	28	33	36.3	31.7	33.7	33	30.4	33	32	33.9	30	29.9	32.1	29.9	30	27.2	36	30	30	31
26	00031104CB GRUPO ELECTROGENO - GEP110 - 100 KW																											
27	00031115CB GRUPO ELECTROGENO - DE18-CB - 100 KW																											
28	00031219CB GRUPO ELECTROGENO - GEP125-CB -																											
29	00031320CB GRUPO ELECTROGENO - DE65-EO - 75 KW																											
30	00031854GR GRUPO ELECTROGENO - GEP125-1CB - 100 KW																											

Item	Grupo electrógeno	01/10/23	02/10/23	03/10/23	04/10/23	05/10/23	06/10/23	07/10/23	08/10/23	09/10/23	10/10/23	11/10/23	12/10/23	13/10/23	14/10/23	15/10/23	16/10/23	17/10/23	18/10/23	19/10/23	20/10/23	21/10/23	22/10/23	23/10/23	24/10/23	25/10/23	26/10/23	27/10/23	28/10/23
1	0003100800 GRUPO ELECTROGENO - DE100CB - 180 KW																												
2	0003100801 GRUPO ELECTROGENO - DE3330-CB -																												
3	0003100802 GRUPO ELECTROGENO - RPS 31-C -																												
4	0003100803 GRUPO ELECTROGENO - DP150 NM1 -																												
5	0003100805 GRUPO ELECTROGENO - DP150 NM1 -																												
6	0003100808 GRUPO ELECTROGENO - TG35JDLS - 220 KW																												
7	0003100809 GRUPO ELECTROGENO - DE65-EO -																												
8	0003100810 GRUPO ELECTROGENO - DE100CB - 400 KW																												
9	0003100811 GRUPO ELECTROGENO - GEP125-CB - 125 KW																												
10	0003100813 GRUPO ELECTROGENO - GEP75-1 - 60 KW																												
11	0003100816 GRUPO ELECTROGENO - GEP110 -																												
12	0003100817 GRUPO ELECTROGENO - MP-82 I -																												
13	0003100818 GRUPO ELECTROGENO - GEP169-CB -																												
14	0003100819 GRUPO ELECTROGENO - QAC1100 SD – TWIN POWER -																												
15	0003100820 GRUPO ELECTROGENO - QAC1100 SD – TWIN POWER -																												
16	0003100821 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																												

Item	Grupo electrógeno	01/10/23	02/10/23	03/10/23	04/10/23	05/10/23	06/10/23	07/10/23	08/10/23	09/10/23	10/10/23	11/10/23	12/10/23	13/10/23	14/10/23	15/10/23	16/10/23	17/10/23	18/10/23	19/10/23	20/10/23	21/10/23	22/10/23	23/10/23	24/10/23	25/10/23	26/10/23	27/10/23	28/10/23
17	0003100822 GRUPO ELECTROGENO - DE18-CB -																												
18	0003100823 GRUPO ELECTROGENO - APD 125C-6 -		17.6		19.6		10.8		6		13		9			17.7		18.7		24		18.5					16.1	8.9	
19	0003100824 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	111	112	76.3	304	42	93	91	101.7	360	92	84.7	217.5	81.7	94	169	86.2	217.4	87	77.9	190	79	81	88	80.3	162.4	78.1	77.9	74.8
20	0003100825 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																												
21	0003100826 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	32.5	33	39.8	30				38	37	33	30	35	34	31	35.8	35.4	35.7	35.7	34	32	30.5	35	35.5	33	33.6	33.2	35.2	34.3
22	0003100827 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	50.4	50	55.4	51	20	57	58	54.7	61	58	54.4	56.8	52.5	56.6	57	60.2	57.4	55	55.6	49	51	54.9	51.7	47.9	47	51.6	54.6	55
23	0003100828 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																												
24	0003100829 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	32.4	29	27.5	34	26.7	31	36.7	30	30	36	25.8	32.6	32.1	32.5	30	34.7	35.6		30.7	30.3	30	38	33.5	27	34	33.7	33	33.2
25	0003100830 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	33	26.6	31	31	29	31	33.7	30	30	30	21.5	28.4	28	34	27.1	33.7	33.1	31	27.2	31	28	30.2	29.2	28.9	27	29.3	27.9	32.9
26	00031104CB GRUPO ELECTROGENO - GEP110 - 100 KW																												
27	00031115CB GRUPO ELECTROGENO - DE18-CB - 100 KW																												
28	00031219CB GRUPO ELECTROGENO - GEP125-CB -																												
29	00031320CB GRUPO ELECTROGENO - DE65-EO - 75 KW																												
30	00031854GR GRUPO ELECTROGENO - GEP125-1CB - 100 KW																												

Item	Grupo electrógeno	29/10/23	30/10/23	31/10/23	01/11/23	02/11/23	03/11/23	04/11/23	05/11/23	06/11/23	07/11/23	08/11/23	09/11/23	10/11/23	11/11/23	12/11/23	13/11/23	14/11/23	15/11/23	16/11/23	17/11/23	18/11/23	19/11/23	20/11/23	21/11/23	22/11/23	23/11/23	24/11/23	25/11/23	26/11/23
1	0003100800 GRUPO ELECTROGENO - DE100CB - 180 KW																													
2	0003100801 GRUPO ELECTROGENO - DE3330-CB -																													
3	0003100802 GRUPO ELECTROGENO - RPS 31-C -																													
4	0003100803 GRUPO ELECTROGENO - DP150 NM1 -																													
5	0003100805 GRUPO ELECTROGENO - DP150 NM1 -																													
6	0003100808 GRUPO ELECTROGENO - TG35JDLS - 220 KW																													
7	0003100809 GRUPO ELECTROGENO - DE65-EO -																													
8	0003100810 GRUPO ELECTROGENO - DE100CB - 400 KW																													
9	0003100811 GRUPO ELECTROGENO - GEP125-CB - 125 KW																													
10	0003100813 GRUPO ELECTROGENO - GEP75-1 - 60 KW																													
11	0003100816 GRUPO ELECTROGENO - GEP110 -																													
12	0003100817 GRUPO ELECTROGENO - MP-82 I -																													
13	0003100818 GRUPO ELECTROGENO - GEP169-CB -							51.8		19.7				20										26.7	26.4	26.5	25.7	25.4	23.9	25.2
14	0003100819 GRUPO ELECTROGENO - QAC1100 SD – TWIN POWER -																													
15	0003100820 GRUPO ELECTROGENO - QAC1100 SD – TWIN POWER -																													
16	0003100821 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																													

Item	Grupo electrógeno	29/10/23	30/10/23	31/10/23	01/11/23	02/11/23	03/11/23	04/11/23	05/11/23	06/11/23	07/11/23	08/11/23	09/11/23	10/11/23	11/11/23	12/11/23	13/11/23	14/11/23	15/11/23	16/11/23	17/11/23	18/11/23	19/11/23	20/11/23	21/11/23	22/11/23	23/11/23	24/11/23	25/11/23	26/11/23
17	0003100822 GRUPO ELECTROGENO - DE18-CB -																													
18	0003100823 GRUPO ELECTROGENO - APD 125C-6 -							9.8			18.2		20	18.8		15.7		14.5		18.4	19.5	7	19.5		33	17.6	17.2		18.8	13.9
19	0003100824 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	76.4	77	65.5	306.9	64.4	71.7	68	26	70.8	245	70.4	71.5	73	79	38		25	25	31	36	40.9	184.7	48.5	34.9	34.8	31.6	30.3	42.8	38.7
20	0003100825 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																													
21	0003100826 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	34.9		35.3	33	39.4	31.2	34.6	34.2	33	45.5	25.4	32.3	31.2	30	32.2	29	10	55	21.2										
22	0003100827 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	55.6	49.9	45.7	52.4	51.7	54.3	53.1	53	54.9	50.4	49.6	44.5	55.3	48	52.5	28	72	48.9	51	55.4	53	53	54.3	52.9	55.5	54.4	66.5	52.7	52.7
23	0003100828 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																													
24	0003100829 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	30.9	30.5	30	31.7	31.7	28.9	33.4	34	35	29.7	30	30	30	30	30	23	38	30.5	29										
25	0003100830 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	27.8	26.3	28.4	28.8	30.2	27.8	27	29.6	28.5	31	26.3	28	26	27	28.5	23.8	34.4	25	27	26	26	23.7	28.7	36.2	25.7	26.8	25.6	27.6	27.1
26	00031104CB GRUPO ELECTROGENO - GEP110 - 100 KW																													
27	00031115CB GRUPO ELECTROGENO - DE18-CB - 100 KW																													
28	00031219CB GRUPO ELECTROGENO - GEP125-CB -																													
29	00031320CB GRUPO ELECTROGENO - DE65-EO - 75 KW																													
30	00031854GR GRUPO ELECTROGENO - GEP125-1CB - 100 KW																													

Item	Grupo electrógeno	27/11/23	28/11/23	29/11/23	30/11/23	01/12/23	02/12/23	03/12/23	04/12/23	05/12/23	06/12/23	07/12/23	08/12/23	09/12/23	10/12/23	11/12/23	12/12/23	13/12/23	14/12/23	15/12/23	16/12/23	17/12/23	18/12/23	19/12/23	20/12/23	21/12/23	22/12/23	23/12/23	24/12/23	25/12/23	26/12/23
1	0003100800 GRUPO ELECTROGENO - DE100CB - 180 KW																														
2	0003100801 GRUPO ELECTROGENO - DE3330-CB -																														
3	0003100802 GRUPO ELECTROGENO - RPS 31-C -																														
4	0003100803 GRUPO ELECTROGENO - DP150 NM1 -																														
5	0003100805 GRUPO ELECTROGENO - DP150 NM1 -																														
6	0003100808 GRUPO ELECTROGENO - TG35JDLS - 220 KW																														
7	0003100809 GRUPO ELECTROGENO - DE65-EO -																														
8	0003100810 GRUPO ELECTROGENO - DE100CB - 400 KW																														
9	0003100811 GRUPO ELECTROGENO - GEP125-CB - 125 KW																														
10	0003100813 GRUPO ELECTROGENO - GEP75-1 - 60 KW																														
11	0003100816 GRUPO ELECTROGENO - GEP110 -																														
12	0003100817 GRUPO ELECTROGENO - MP-82 I -																														
13	0003100818 GRUPO ELECTROGENO - GEP169-CB -	24.5	24.9	20	25.8	25.5	27.2	27	26	24	24	25.9	27.9	25.7	24.1	26.5	26	25.5		15	16				27			25			
14	0003100819 GRUPO ELECTROGENO - QAC1100 SD – TWIN POWER -																														
15	0003100820 GRUPO ELECTROGENO - QAC1100 SD – TWIN POWER -																														
16	0003100821 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																														

Item	Grupo electrógeno	27/11/23	28/11/23	29/11/23	30/11/23	01/12/23	02/12/23	03/12/23	04/12/23	05/12/23	06/12/23	07/12/23	08/12/23	09/12/23	10/12/23	11/12/23	12/12/23	13/12/23	14/12/23	15/12/23	16/12/23	17/12/23	18/12/23	19/12/23	20/12/23	21/12/23	22/12/23	23/12/23	24/12/23	25/12/23	26/12/23
17	0003100822 GRUPO ELECTROGENO - DE18-CB -																														
18	0003100823 GRUPO ELECTROGENO - APD 125C-6 -		20.6	16.9	16.7	32.4	32.11	32.3	12			20.9		21.3		20	8		10.7		16	18		16	10	21		13.5	5.9	11.7	19.8
19	0003100824 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	35.8	33.8	33.8	50.9	38.6	50	60	28	63.5	31.5	27.8	29.7	32.8	41.8	30	26	34		34	17.7										
20	0003100825 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																														
21	0003100826 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																														
22	0003100827 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	53.3	51	48.8	51.5	47.7	47.3	55	50	19	52	54	45	42.1	39.5	46	45	45	42	44	46	45	43	42	43	41	42	39	37.2	41.6	26.5
23	0003100828 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																														
24	0003100829 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																														
25	0003100830 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	27.1	26.9	25.6	25.5	24.6		25			20	21.6	23.6	23.8	20.4	24	25	23	24	24	24.5	23	22	25.7	25	23	25	25.9	22.8	23	22.4
26	00031104CB GRUPO ELECTROGENO - GEP110 - 100 KW																														
27	00031115CB GRUPO ELECTROGENO - DE18-CB - 100 KW																														
28	00031219CB GRUPO ELECTROGENO - GEP125-CB -																														
29	00031320CB GRUPO ELECTROGENO - DE65-EO - 75 KW																														
30	00031854GR GRUPO ELECTROGENO - GEP125-1CB - 100 KW																														

Item	Grupo electrógeno	27/12/23	28/12/23	29/12/23	30/12/23	31/12/23	01/01/24	02/01/24	04/01/24	05/01/24	06/01/24	07/01/24	08/01/24	09/01/24	11/01/24	12/01/24	13/01/24	14/01/24	15/01/24	16/01/24	17/01/24	18/01/24	19/01/24	20/01/24	21/01/24	22/01/24	23/01/24	24/01/24	25/01/24	26/01/24	27/01/24	28/01/24	29/01/24	30/01/24	31/01/24	
1	0003100800 GRUPO ELECTROGENO - DE100CB - 180 KW																																			
2	0003100801 GRUPO ELECTROGENO - DE3330-CB -																																			
3	0003100802 GRUPO ELECTROGENO - RPS 31-C -																																			
4	0003100803 GRUPO ELECTROGENO - DP150 NM1 -																																			
5	0003100805 GRUPO ELECTROGENO - DP150 NM1 -																																			
6	0003100808 GRUPO ELECTROGENO - TG35JDLS - 220 KW																																			
7	0003100809 GRUPO ELECTROGENO - DE65-EO -																																			
8	0003100810 GRUPO ELECTROGENO - DE100CB - 400 KW																																			
9	0003100811 GRUPO ELECTROGENO - GEP125-CB - 125 KW																																			
10	0003100813 GRUPO ELECTROGENO - GEP75-1 - 60 KW																																			
11	0003100816 GRUPO ELECTROGENO - GEP110 -																																			
12	0003100817 GRUPO ELECTROGENO - MP-82 I -																																			
13	0003100818 GRUPO ELECTROGENO - GEP169-CB -	34	26	19.9							8.9	24.6	25.2	26.7	25	17	19.6	23.6		25.6		36	18	26	37	25										
14	0003100819 GRUPO ELECTROGENO - QAC1100 SD – TWIN POWER -																																			
15	0003100820 GRUPO ELECTROGENO - QAC1100 SD – TWIN POWER -																																			
16	0003100821 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																																			

Item	Grupo electrógeno	27/12/23	28/12/23	29/12/23	30/12/23	31/12/23	01/01/24	02/01/24	04/01/24	05/01/24	06/01/24	07/01/24	08/01/24	09/01/24	11/01/24	12/01/24	13/01/24	14/01/24	15/01/24	16/01/24	17/01/24	18/01/24	19/01/24	20/01/24	21/01/24	22/01/24	23/01/24	24/01/24	25/01/24	26/01/24	27/01/24	28/01/24	29/01/24	30/01/24	31/01/24	
17	0003100822 GRUPO ELECTROGENO - DE18-CB -																																			
18	0003100823 GRUPO ELECTROGENO - APD 125C-6 -	20.6																																		
19	0003100824 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																																			
20	0003100825 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																																			
21	0003100826 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																																			
22	0003100827 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -						42	15.1	38	39.7	42.7	35	41.4	44.3	41	41.3	37.6	37.8	24	30	32	19	34													
23	0003100828 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																																			
24	0003100829 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -																																			
25	0003100830 GRUPO ELECTROGENO - 1706A-E93TAG1 -	23.5	24	21.9	25.9	23.1	24.9	24.6	36.5	20																										
26	00031104CB GRUPO ELECTROGENO - GEP110 - 100 KW																																			
27	00031115CB GRUPO ELECTROGENO - DE18-CB - 100 KW																																			
28	00031219CB GRUPO ELECTROGENO - GEP125-CB -																																			
29	00031320CB GRUPO ELECTROGENO - DE65-EO - 75 KW																																			
30	00031854GR GRUPO ELECTROGENO - GEP125-1CB - 100 KW																																			

Anexo 2:

Ficha técnica del panel solar



**144 Células MBB 72S 2P**

**Mayor potencia de salida**

**Rendimiento con poca luz**

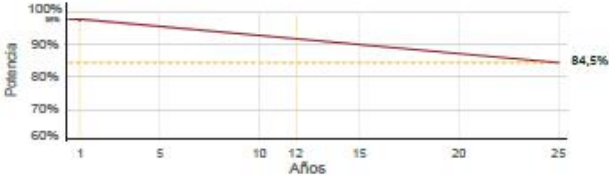
**Tecnología Half Cell Mono PERC**

**Diseño ligero**

**Mayor eficiencia de conversión del módulo**

GARANTÍA

Garantía lineal de Potencia



+

Tolerancia positiva de vatios

12

Años de garantía del producto

25

Años de garantía de potencia lineal

Tensite
Info@tensite-energy.com
www.tensite-energy.com





Patrocinador oficial de


Datos Eléctricos STC

EM550-PH

Tipo de módulo	550M Half cell Mono PERC
Máxima potencia (Wp)	550 Wp
Corriente de potencia máxima (I _{mp})	13,12 A
Voltaje de potencia máxima (V _{mp})	41,95 V
Corriente de cortocircuito (I _{sc})	13,98 A
Voltaje de circuito abierto (V _{oc})	49,80 V
Eficiencia del módulo	21%
Fusible de serie máxima	25 A
Número de Diodos	3
Tolerancia positiva de potencia	0+3%
Condiciones de prueba estándar	1.000 W/m ² , 25 °C, AM 1.5
Voltaje máximo del sistema DC	1.500 V
Coefficiente de temperatura I _{sc}	0,048% / °C
Coefficiente de temperatura V _{oc}	-0,270% / °C
Coefficiente de temperatura P _{mp}	-0,350% / °C
Rango temperatura funcionamiento	-40°C / +85°C
Temperatura operación célula (T _{ONC})	45°C ±2
Capacidad carga frontal del módulo	5.400 Pa IEC61215 (nieve)
Capacidad carga trasera del módulo	2.400 Pa IEC61215 (viento)

*Condiciones Estándar de Medida STC: Irradiación 1.000 W/m², espectro AM1.5, célula a 25°C.

Valores en condiciones TONC**

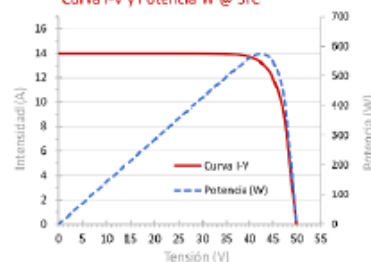
Potencia máxima TONC (P _{max})	416 W
Voltaje de potencia máxima (V _{mp} TONC)	39,65 V
Corriente de potencia máxima (I _{mp} TONC)	10,51 A
Voltaje de circuito abierto (V _{oc} TONC)	46,80 V
Corriente de cortocircuito (I _{sc} TONC)	11,11 A

**Condiciones TONC: Irradiación de 800 W/m², AM1.5, temperatura ambiente 20 °C y viento de 1 m/s.

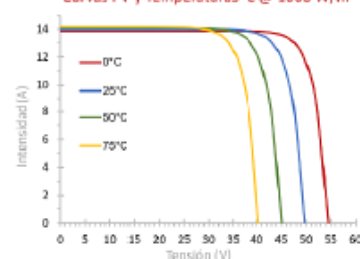
Características mecánicas

Cubierta frontal (material/espesor)	Vidrio templado / 3.2mm
Peso del módulo	27,2 kg
Dimensiones del módulo (L / W / H)	2.279 x 1.134 x 35mm
Lámina de protección posterior	TPT en blanco
Células (cantidad/material)	144 (6x12x2) / Silicio mono
Marco (material/color)	Aluminio anodizado / Plata
Grado protección caja de conexiones	≥ IP68
Cables y conectores	4mm ² , long. 1.400mm
Clasificación de calidad	Clase A
Clase de protección eléctrica	Clase II
Clase de seguridad contra incendios	Clase C

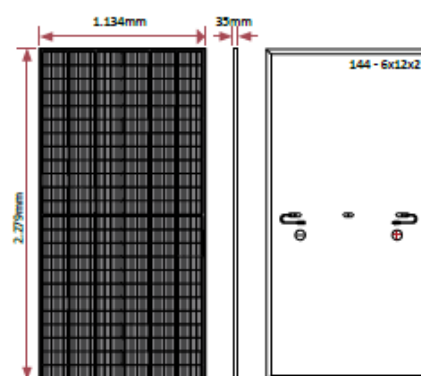
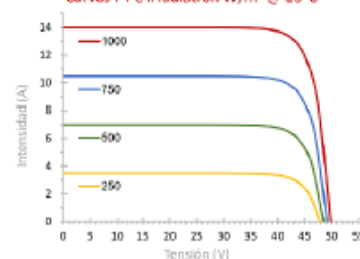
Curva I-V y Potencia W @ STC



Curvas I-V y Temperaturas °C @ 1000 W/m²



Curvas I-V e Irradiación W/m² @ 25°C



Tensite
Info@tensite-energy.com
www.tensite-energy.com



Patrocinador oficial de
aspar

Anexo 3 :

Ficha técnica de la batería

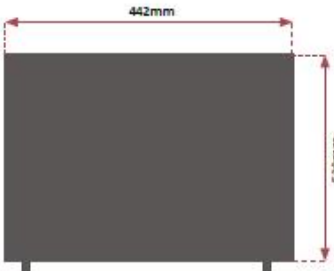


TS-L5000/LV



-  Fácil instalación
-  Seguro
-  >6000 ciclos al 80% DOD
-  7 Años de garantía del producto

DIMENSIONES



Tensite
info@tensite-energy.com
www.tensite-energy.com



Patrocinador oficial de



V-ES-1

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Tipo de batería	Litio LiFePO4
Energía total*	4,8 kWh
Energía utilizable (DC)*	4,3 kWh
Potencia nominal de carga/descarga	3,0 kW
Potencia máxima (solo descarga)	6 kW por 3s
Voltaje	42~54Vdc
Corriente constante (solo descarga)	100 A
Voltaje nominal	48 Vdc
Corriente nominal	60 A
Voltaje de carga máxima	54,75 Vdc
Peso	43kg
Dimensiones (mm)	442*133*520mm
DOD máximo recomendado	97%
Condición de uso	Interior
Temperatura de carga	de 0~50°C
Temperatura de descarga	de -10~55°C
Rango de frecuencia WiFi	2400MHz~2483MHz
Humedad	< 60% (sin agua condensada)
Categoría de sobrevoltaje	II
Tipo de enfriamiento	Enfriamiento natural
Material de caja	Metal
Color	Blanco o negro
Instalación	Montaje en pared / Instalación en suelo
Clasificación del IP	IP 20
Clase protectora	I
Máx. Número de conexiones en paralelo	16P
Garantía	7 años
Tiempo de vida	> 15 años
Comunicación	CAN / RS485
Modo de protección	Doble protección de hardware
Protección de la batería	Sobrecorriente/Sobrevoltaje/Cortocircuito/Bajo voltaje/Sobrettemperatura
Seguridad	Cell UL 1973 CE/ TUV
Clasificación de material peligroso	9
Transporte	UN 38.3
Certificado	UL CE TUV

Condiciones de prueba basadas en una temperatura de 25°C al comienzo de su vida útil.
*Energía total/Energía utilizable medida en condiciones específicas de Tensite 0.2 CC-VC

Tensite
Info@tensite-energy.com
www.tensite-energy.com



Anexo 4:

Ficha técnica del rack de baterías



FICHA TÉCNICA – GABINETE 32RU

GABINETE DE PISO DE 32RU

Están diseñados en base a las normas internacionales, con materiales de la mejor calidad para asegurar su resistencia y duración permitiendo organizar y brindar mayor seguridad a los equipos de telecomunicaciones.

Capacidad (RU)	Ancho (m)	Profundidad (m)	Alto (m)
32RU	0.60	0.80	1.50



CARACTERÍSTICAS

- Puerta frontal con vidrio de 4mm de espesor.
- Techo desmontable con perforación de 4 orificios y perforaciones para kit de 4 ventiladores.
- Posee ruedas resistentes de 2" hecho de nilón (2 con freno y 2 sin freno).
- Paneles laterales desmontables que facilitan el adecuado mantenimiento.
- Fabricación de puertas y techos en acero laminado en frío de 1.2mm.
- Estructura hecha con tubo cuadrado 1.5" y plancha de LAF 1.5mm.
- Bastidor para pernos enjaulados rotulados para una fácil instalación de equipos; hecho con plancha galvanizada de 2mm.
- La seguridad se basa en 1 chapa tipo plush y 3 chapas tipo lengüeta.

NORMAS

EIA-3100 de 19"	DIN41494 parte 1 -7	1 E C60297 parte 1 - 2
GRADO DE PROTECCIÓN	ACABADO SUPERFICIAL	CAPACIDAD DE CARGA
IP20	Pintura en polvo electrostático color negro RAL 9005 y con tratamiento antioxidante.	Carga Estática: 800KG

Anexo 5:

Ficha técnica del inversor





Fácil instalación



Confiable

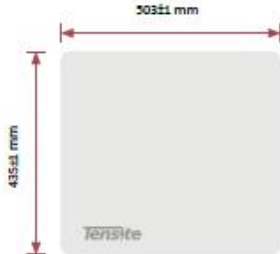


Fácil de usar



10 Años de garantía del producto

DIMENSIONES



Tensite
Info@tensite-energy.com
www.tensite-energy.com



Patrocinador oficial de



TT SE PA FI
MotoGP

Entrada Fotovoltaica	Máx. potencia del conjunto fotovoltaico	9000 Wp STC
	Tensión de entrada máx.	1100 V
	Rango de tensión MPPT / Tensión nominal de entrada	150 V a 1000 V / 630 V
	Tensión mínima de entrada / Tensión de arranque	125 V / 180 V
	Nº de rastreadores MPPT independientes/cadenas por entrada MPPT	2 / A:1 ; B:1
	Corriente de entrada máx. por MPPT	16 A / 16 A
Salida de CA	Corriente de cortocircuito por MPPT	25 A / 25 A
	Rango de tensión de CA	160 V a 300 V
	Tensión nominal de CA	220 V / 380 V
		230 V / 400 V
		240 V / 415 V
	Fases de alimentación	3 / 3-N-PE
	Frecuencia / rango de red de CA	50 Hz/45 Hz a 55 Hz
		60 Hz/55 Hz a 65 Hz
	Potencia activa nominal	6000 W
	Potencia aparente nominal	6000 VA
Eficiencia y Protección de Seguridad	Potencia aparente máx.	6600 VA ***
	Intervalo de factor de potencia ajustable	0.8 capacitivo - 0.8 inductivo
	Corriente máx. de salida de red	9.6 A
	Armónicos THDi (a potencia nominal)	< 3%
	Eficiencia máx. / Eficiencia europea	98.3% / 97.9%
	Dispositivo de desconexión del lado de CC	●
	Protección de polaridad inversa de CC / Protección contra cortocircuitos de CA	● / ●
	Unidad de monitoreo de corriente residual omnipolar	●
Datos Generales	Protección anti-fisga	●
	Monitorización de fallos de conexión a tierra / Monitorización de la red	● / ●
	Protección contra sobretensión de CA	● / Tipo II
	Clase de protección (según IEC 62109-1) / Categoría de sobretensión (según IEC 62109-1)	I / CA: III; CC: II
	Dimensiones (ancho/alto/profundidad)	503 / 435 / 183 mm
	Peso del dispositivo	17 kg
	Rango de temperaturas de funcionamiento	-25°C ... +60°C
	Topología	Sin transformador
Características	Consumo nocturno	< 1 W
	Concepto de enfriamiento	Convección natural
	Grado de protección (según IEC 60529)	IP66
	Categoría climática (según IEC 60721-3-4)	4K4H
	Valor máx. admisible de humedad relativa (sin condensación)	100%
	Altitud máx. en funcionamiento	3000 m
	Interfaz de comunicación ***	Wi-Fi / 4G / RS485 (opcional)
	Indicadores LED (de estado/error/comunicación)	●
Características	Conexión CC	Conector para enchufar
	Conexión CA	Conector para enchufar
	Tipo de montaje	Soporte para pared
	Certificados y autorizaciones (otras previa petición)	CE, EN50549, G98/99, VDE-AR-N4103, AS/NZS 4777, C10/C11, VFR2014 & UTE C15, IEC62109, IEC61727, IEC62116, IEC61000, IEC61683, IEC60068 NB/T32004

● Características estándar ○ Características opcionales - No disponible

1. Instalaciones de exportación cero compatibles con RS485 de 2 pines para conexión a medidores inteligentes aprobados.
2. DRED compatible con comunicación RS485 para Australia y Nueva Zelanda.
3. La configuración de sobrecarga está deshabilitada de forma predeterminada para los códigos de red AS/NZS4777.
4. Para códigos de red europeos y AS/NZS4777, la potencia aparente máxima en CA es igual a la potencia nominal. Datos en condiciones nominales. Toda la información está sujeta a cambios.

Tensite
Info@tensite-energy.com
www.tensite-energy.com



Anexo 6:

Irradiancia solar para superficies inclinadas obtenidas de la página web de la NASA

-BEGIN HEADER-

NASA/POWER CERES/MERRA2 Native Resolution Climatology Climatologies

20-year Meteorological and Solar Monthly & Annual Climatologies (January 2001 - December 2020)

Location: Latitude -17.1 Longitude -70.62

Elevation from MERRA-2: Average for 0.5 x 0.625 degree lat/lon region = 3851.13 meters

The value for missing source data that cannot be computed or is outside of the sources availability range: -999

Parameter(s):

SI_EF_TILTED_SURFACE_HORIZONTAL SRB V4/CERES SYN1deg Solar
Irradiance for Equator Facing Horizontal Surface (kW-hr/m²/day)

SI_EF_TILTED_SURFACE_LAT_MINUS15 SRB V4/CERES SYN1deg Solar
Irradiance for Equator Facing Latitude Minus 15 Tilt (kW-hr/m²/day)

SI_EF_TILTED_SURFACE_LATITUDE SRB V4/CERES SYN1deg Solar
Irradiance for Equator Facing Latitude Tilt (kW-hr/m²/day)

SI_EF_TILTED_SURFACE_LAT_PLUS15 SRB V4/CERES SYN1deg Solar
Irradiance for Equator Facing Latitude Plus 15 Tilt (kW-hr/m²/day)

SI_EF_TILTED_SURFACE_VERTICAL SRB V4/CERES SYN1deg Solar
Irradiance for Equator Facing Vertical Surface (kW-hr/m²/day)

SI_EF_TILTED_SURFACE_OPTIMAL SRB V4/CERES SYN1deg Solar
Optimal (kW-hr/m²/day)

SI_EF_TILTED_SURFACE_OPTIMAL_ANG SRB V4/CERES SYN1deg Solar
Irradiance Optimal Angle (Degrees)

SI_EF_TILTED_SURFACE_OPTIMAL_ANG_ORT SRB V4/CERES SYN1deg Solar
Irradiance Tilted Surface Orientation (N/S Orientation)

-END HEADER-

PARAMETER,JAN,FEB,MAR,APR,MAY,JUN,JUL,AUG,SEP,OCT,NOV,DEC,ANN

SI_EF_TILTED_SURFACE_HORIZONTAL,6.73,6.28,6.53,6.24,5.64,5.02,5.31,6.13,6.93,
7.67,8.05,7.59,-999.0

SI_EF_TILTED_SURFACE_LAT_MINUS15,6.7,6.28,6.57,6.34,5.78,5.16,5.46,6.26,7.01,7.
.69,8.02,7.54,-999.0

SI_EF_TILTED_SURFACE_LATITUDE,6.28,6.08,6.67,6.85,6.65,6.05,6.4,6.99,7.35,7.59,
7.54,6.97,-999.0

SI_EF_TILTED_SURFACE_LAT_PLUS15,5.56,5.59,6.42,6.99,7.15,6.59,6.97,7.34,7.29,7.
08,6.67,6.05,-999.0

SI_EF_TILTED_SURFACE_VERTICAL,1.83,1.87,2.79,4.14,5.23,5.1,5.4,4.87,3.64,2.33,1.
74,1.87,-999.0

SI_EF_TILTED_SURFACE_OPTIMAL,6.8,6.28,6.68,6.99,7.25,6.75,7.15,7.36,7.38,7.7,8.1
,7.73,-999.0

SI_EF_TILTED_SURFACE_OPTIMAL_ANG,-12.5,-
2.0,11.5,27.0,41.0,42.5,45.0,36.0,22.0,3.5,-8.5,-15.0,-999.0

SI_EF_TILTED_SURFACE_OPTIMAL_ANG_ORT,N,N,N,N,N,N,N,N,N,N,N,N,N,N,N,

Anexo 7:

Informes emitidos mensualmente por OSINERGMIN de los precios de referencia energéticos usados en generación eléctrica desde enero 2023 a enero 2024



Precios de Referencia de Energéticos usados en Generación Eléctrica

Decreto Supremo N°012-2005-EM y Resolución OSINERG N° 062-2005-OS/CD

Fecha : Información al 31-01-2023

Precios de Referencia (Soles/galón)

Plantas	Diesel B5 ⁽¹⁾	Residual 6	Residual 500
Talara	12.68	6.64	
Piura	12.80		
Eten	12.93		
Salaverry	12.93		
Chimbote	12.80		6.80
Supe	12.68	6.83	
Callao	12.68	6.51	6.41
Conchán	12.68	6.51	6.41
Cerro de Pasco	13.06		
Pisco	12.80		
Mollendo	13.06		6.80
Juliaca	13.44		
Cuzco	13.31		
Ilo	13.18		
El Milagro	12.93		
Tarapoto	12.93		
Yurimaguas	13.44		
Iquitos	13.06	7.48	
Pucallpa	13.06		
Pto. Maldonado	14.58		
PR1P (Promedio Enero)	12.68	6.51	6.41

* No incluye Impuestos

Factores de Ubicación geográfica por Planta de Ventas

Plantas	Diesel B5 ⁽¹⁾	Residual 6	Residual 500
Talara	1.00	1.02	
Piura	1.01		
Eten	1.02		
Salaverry	1.02		
Chimbote	1.01		1.06
Supe	1.00	1.05	
Callao	1.00	1.00	1.00
Conchán	1.00	1.00	1.00
Cerro de Pasco	1.03		
Pisco	1.01		
Mollendo	1.03		1.06
Juliaca	1.06		
Cuzco	1.05		
Ilo	1.04		
El Milagro	1.02		
Tarapoto ⁽²⁾	1.02		
Yurimaguas	1.06		
Iquitos	1.03	1.15	
Pucallpa	1.03		
Pto. Maldonado	1.15		

Precios de Referencia de Energéticos usados en Generación Eléctrica

Decreto Supremo N°012-2005-EM y Resolución OSINERG N° 062-2005-OS/CD

Fecha : Información al 28-02-2023

Precios de Referencia (Soles/galón)

Plantas	Diesel B5 ⁽¹⁾	Residual 6	Residual 500
Talara	11,75	6,73	
Piura	11,87		
Eten	11,99		
Salaverry	11,99		
Chimbote	11,87		6,89
Supe	11,75	6,99	
Callao	11,75	6,60	6,50
Conchán	11,75	6,60	6,50
Cerro de Pasco	12,11		
Pisco	11,99		
Mollendo	12,22		6,89
Juliaca	12,46		
Cuzco	12,34		
Ilo	12,22		
El Milagro	11,99		
Tarapoto	11,99		
Yurimaguas	12,58		
Iquitos	12,11	7,59	
Pucallpa	12,11		
Pto. Maldonado	13,52		
PR1P (Promedio Febrero)	11,75	6,60	6,50

* No Incluye Impuestos

Factores de Ubicación geográfica por Planta de Ventas

Plantas	Diesel B5 ⁽¹⁾	Residual 6	Residual 500
Talara	1,00	1,02	
Piura	1,01		
Eten	1,02		
Salaverry	1,02		
Chimbote	1,01		1,06
Supe	1,00	1,06	
Callao	1,00	1,00	1,00
Conchán	1,00	1,00	1,00
Cerro de Pasco	1,03		
Pisco	1,02		
Mollendo	1,04		1,06
Juliaca	1,06		
Cuzco	1,05		
Ilo	1,04		
El Milagro	1,02		
Tarapoto ⁽²⁾	1,02		
Yurimaguas	1,07		
Iquitos	1,03	1,15	
Pucallpa	1,03		
Pto. Maldonado	1,15		

Precios de Referencia de Energéticos usados en Generación Eléctrica

Decreto Supremo N°012-2005-EM y Resolución OSINERG N° 062-2005-OS/CD

Fecha : Información al 31-03-2023

Precios de Referencia (Soles/galón)

Plantas	Diesel B5 ⁽¹⁾	Residual 6	Residual 500
Talara	11,11	6,90	
Piura	11,22		
Eten	11,33		
Salaverry	11,33		
Chimbote	11,22		6,93
Supe	11,11	7,17	
Callao	11,11	6,77	6,54
Conchán	11,11	6,77	6,54
Cerro de Pasco	11,45		
Pisco	11,33		
Mollendo	11,56		6,93
Juliaca	11,78		
Cuzco	11,67		
Ilo	11,56		
El Milagro	11,33		
Tarapoto	11,45		
Yurimaguas	11,89		
Iquitos	11,45	7,78	
Pucallpa	11,45		
Pto. Maldonado	12,89		
PR1P (Promedio Marzo)	11,11	6,77	6,54

* No Incluye Impuestos

Factores de Ubicación geográfica por Planta de Ventas

Plantas	Diesel B5 ⁽¹⁾	Residual 6	Residual 500
Talara	1,00	1,02	
Piura	1,01		
Eten	1,02		
Salaverry	1,02		
Chimbote	1,01		1,06
Supe	1,00	1,06	
Callao	1,00	1,00	1,00
Conchán	1,00	1,00	1,00
Cerro de Pasco	1,03		
Pisco	1,02		
Mollendo	1,04		1,06
Juliaca	1,06		
Cuzco	1,05		
Ilo	1,04		
El Milagro	1,02		
Tarapoto ⁽²⁾	1,03		
Yurimaguas	1,07		
Iquitos	1,03	1,15	
Pucallpa	1,03		
Pto. Maldonado	1,16		

Precios de Referencia de Energéticos usados en Generación Eléctrica

Decreto Supremo N°012-2005-EM y Resolución OSINERG N° 062-2005-OS/CD

Fecha : Información al 30-04-2023

Precios de Referencia (Soles/galón)

Plantas	Diesel B5 ⁽¹⁾	Residual 6	Residual 500
Talara	10,47	7,38	
Piura	10,57		
Eten	10,67		
Salaverry	10,67		
Chimbote	10,57		7,41
Supe	10,47	7,60	
Callao	10,47	7,24	7,06
Conchán	10,47	7,24	7,06
Cerro de Pasco	10,78		
Pisco	10,67		
Mollendo	10,88		7,41
Juliaca	11,09		
Cuzco	11,09		
Ilo	10,88		
El Milagro	10,67		
Tarapoto	10,78		
Yurimaguas	11,20		
Iquitos	10,88	8,25	
Pucallpa	10,88		
Pto. Maldonado	12,24		
PR1P (Promedio Abril)	10,47	7,24	7,06

* No Incluye Impuestos

Factores de Ubicación geográfica por Planta de Ventas

Plantas	Diesel B5 ⁽¹⁾	Residual 6	Residual 500
Talara	1,00	1,02	
Piura	1,01		
Eten	1,02		
Salaverry	1,02		
Chimbote	1,01		1,05
Supe	1,00	1,05	
Callao	1,00	1,00	1,00
Conchán	1,00	1,00	1,00
Cerro de Pasco	1,03		
Pisco	1,02		
Mollendo	1,04		1,05
Juliaca	1,06		
Cuzco	1,06		
Ilo	1,04		
El Milagro	1,02		
Tarapoto ⁽²⁾	1,03		
Yurimaguas	1,07		
Iquitos	1,04	1,14	
Pucallpa	1,04		
Pto. Maldonado	1,17		

Precios de Referencia de Energéticos usados en Generación Eléctrica

Decreto Supremo N°012-2005-EM y Resolución OSINERG N° 062-2005-OS/CD

Fecha : Información al 31-05-2023

Precios de Referencia (Soles/galón)

Plantas	Diesel B5 ⁽¹⁾	Residual 6	Residual 500
Talara	9,12	6,84	
Piura	9,30		
Eten	9,30		
Salaverry	9,30		
Chimbote	9,21		6,90
Supe	9,12	7,04	
Callao	9,12	6,70	6,57
Conchán	9,12	6,70	6,57
Cerro de Pasco	9,39		
Pisco	9,30		
Mollendo	9,48		6,90
Juliaca	9,76		
Cuzco	9,67		
Ilo	9,58		
El Milagro	9,39		
Tarapoto	9,39		
Yurimaguas	9,85		
Iquitos	9,48	7,57	
Pucallpa	9,48		
Pto. Maldonado	10,76		
PR1P (Promedio Mayo)	9,12	6,70	6,57

* No Incluye Impuestos

Factores de Ubicación geográfica por Planta de Ventas

Plantas	Diesel B5 ⁽¹⁾	Residual 6	Residual 500
Talara	1,00	1,02	
Piura	1,02		
Eten	1,02		
Salaverry	1,02		
Chimbote	1,01		1,05
Supe	1,00	1,05	
Callao	1,00	1,00	1,00
Conchán	1,00	1,00	1,00
Cerro de Pasco	1,03		
Pisco	1,02		
Mollendo	1,04		1,05
Juliaca	1,07		
Cuzco	1,06		
Ilo	1,05		
El Milagro	1,03		
Tarapoto ⁽²⁾	1,03		
Yurimaguas	1,08		
Iquitos	1,04	1,13	
Pucallpa	1,04		
Pto. Maldonado	1,18		

Precios de Referencia de Energéticos usados en Generación Eléctrica

Decreto Supremo N°012-2005-EM y Resolución OSINERG N° 062-2005-OS/CD

Fecha : Información al 30-06-2023

Precios de Referencia (Soles/galón)

Plantas	Diesel B5 ⁽¹⁾	Residual 6	Residual 500
Talara	9.02	6.95	
Piura	9.20		
Eten	9.20		
Salaverry	9.29		
Chimbote	9.20		7.01
Supe	9.02	7.16	
Callao	9.02	6.82	6.68
Conchán	9.02	6.82	6.68
Cerro de Pasco	9.29		
Pisco	9.20		
Mollendo	9.47		7.01
Juliaca	9.65		
Cuzco	9.65		
Ilo	9.47		
El Milagro	9.29		
Tarapoto	9.29		
Yurimaguas	9.74		
Iquitos	9.38	7.70	
Pucallpa	9.38		
Pto. Maldonado	10.73		

PR1P (Promedio Junio)	9.02	6.82	6.68
------------------------------	-------------	-------------	-------------

* No Incluye Impuestos

Factores de Ubicación geográfica por Planta de Ventas

Plantas	Diesel B5 ⁽¹⁾	Residual 6	Residual 500
Talara	1.00	1.02	
Piura	1.02		
Eten	1.02		
Salaverry	1.03		
Chimbote	1.02		1.05
Supe	1.00	1.05	
Callao	1.00	1.00	1.00
Conchán	1.00	1.00	1.00
Cerro de Pasco	1.03		
Pisco	1.02		
Mollendo	1.05		1.05
Juliaca	1.07		
Cuzco	1.07		
Ilo	1.05		
El Milagro	1.03		
Tarapoto ⁽²⁾	1.03		
Yurimaguas	1.08		
Iquitos	1.04	1.13	
Pucallpa	1.04		
Pto. Maldonado	1.19		

Precios de Referencia de Energéticos usados en Generación Eléctrica

Decreto Supremo N°012-2005-EM y Resolución OSINERG N° 062-2005-OS/CD

Fecha : Información al 31-07-2023

Precios de Referencia (Soles/galón)

Plantas	Diesel B5 ⁽¹⁾	Residual 6	Residual 500
Talara	9,72	7,30	
Piura	9,91		
Eten	10,01		
Salaverry	10,01		
Chimbote	9,91		7,33
Supe	9,82	7,51	
Callao	9,72	7,16	6,98
Conchán	9,72	7,16	6,98
Cerro de Pasco	10,11		
Pisco	9,91		
Mollendo	10,20		7,33
Juliaca	10,50		
Cuzco	10,40		
Ilo	10,20		
El Milagro	10,01		
Tarapoto	10,01		
Yurimaguas	10,59		
Iquitos	10,11	8,09	
Pucallpa	10,11		
Pto. Maldonado	11,66		
PR1P (Promedio Julio)	9,72	7,16	6,98

* No Incluye Impuestos

Factores de Ubicación geográfica por Planta de Ventas

Plantas	Diesel B5 ⁽¹⁾	Residual 6	Residual 500
Talara	1,00	1,02	
Piura	1,02		
Eten	1,03		
Salaverry	1,03		
Chimbote	1,02		1,05
Supe	1,01	1,05	
Callao	1,00	1,00	1,00
Conchán	1,00	1,00	1,00
Cerro de Pasco	1,04		
Pisco	1,02		
Mollendo	1,05		1,05
Juliaca	1,08		
Cuzco	1,07		
Ilo	1,05		
El Milagro	1,03		
Tarapoto ⁽²⁾	1,03		
Yurimaguas	1,09		
Iquitos	1,04	1,13	
Pucallpa	1,04		
Pto. Maldonado	1,20		

Precios de Referencia de Energéticos usados en Generación Eléctrica

Decreto Supremo N°012-2005-EM y Resolución OSINERG N° 062-2005-OS/CD

Fecha : Información al 31-08-2023

Precios de Referencia (Soles/galón)

Plantas	Diesel B5 ⁽¹⁾	Residual 6	Residual 500
Talara	11,84	8,06	
Piura	12,07		
Eten	12,19		
Salaverry	12,19		
Chimbote	12,07		8,03
Supe	11,95	8,30	
Callao	11,84	7,90	7,65
Conchán	11,84	7,90	7,65
Cerro de Pasco	12,31		
Pisco	12,07		
Mollendo	12,43		8,03
Juliaca	12,78		
Cuzco	12,66		
Ilo	12,43		
El Milagro	12,19		
Tarapoto	12,19		
Yurimaguas	12,90		
Iquitos	12,43	9,01	
Pucallpa	12,31		
Pto. Maldonado	14,32		
PR1P (Promedio Agosto)	11,84	7,90	7,65

* No Incluye Impuestos

Factores de Ubicación geográfica por Planta de Ventas

Plantas	Diesel B5 ⁽¹⁾	Residual 6	Residual 500
Talara	1,00	1,02	
Piura	1,02		
Eten	1,03		
Salaverry	1,03		
Chimbote	1,02		1,05
Supe	1,01	1,05	
Callao	1,00	1,00	1,00
Conchán	1,00	1,00	1,00
Cerro de Pasco	1,04		
Pisco	1,02		
Mollendo	1,05		1,05
Juliaca	1,08		
Cuzco	1,07		
Ilo	1,05		
El Milagro	1,03		
Tarapoto ⁽²⁾	1,03		
Yurimaguas	1,09		
Iquitos	1,05	1,14	
Pucallpa	1,04		
Pto. Maldonado	1,21		

Precios de Referencia de Energéticos usados en Generación Eléctrica

Decreto Supremo N°012-2005-EM y Resolución OSINERG N° 062-2005-OS/CD

Fecha : Información al 30-09-2023

Precios de Referencia (Soles/galón)

Plantas	Diesel B5 ⁽¹⁾	Residual 6	Residual 500
Talara	12,57	8,25	
Piura	12,82		
Eten	12,82		
Salaverry	12,94		
Chimbote	12,82		8,20
Supe	12,57	8,50	
Callao	12,57	8,09	7,81
Conchán	12,57	8,09	7,81
Cerro de Pasco	12,94		
Pisco	12,82		
Mollendo	13,19		8,20
Juliaca	13,44		
Cuzco	13,44		
Ilo	13,19		
El Milagro	12,94		
Tarapoto	12,94		
Yurimaguas	13,70		
Iquitos	13,07	9,23	
Pucallpa	13,07		
Pto. Maldonado	15,08		
PR1P (Promedio Setiembre)	12,57	8,09	7,81

* No Incluye Impuestos

Factores de Ubicación geográfica por Planta de Ventas

Plantas	Diesel B5 ⁽¹⁾	Residual 6	Residual 500
Talara	1,00	1,02	
Piura	1,02		
Eten	1,02		
Salaverry	1,03		
Chimbote	1,02		1,05
Supe	1,00	1,05	
Callao	1,00	1,00	1,00
Conchán	1,00	1,00	1,00
Cerro de Pasco	1,03		
Pisco	1,02		
Mollendo	1,05		1,05
Juliaca	1,07		
Cuzco	1,07		
Ilo	1,05		
El Milagro	1,03		
Tarapoto ⁽²⁾	1,03		
Yurimaguas	1,09		
Iquitos	1,04	1,14	
Pucallpa	1,04		
Pto. Maldonado	1,20		

Precios de Referencia de Energéticos usados en Generación Eléctrica

Decreto Supremo N°012-2005-EM y Resolución OSINERG N° 062-2005-OS/CD

Fecha : Información al 31-10-2023

Precios de Referencia (Soles/galón)

Plantas	Diesel B5 ⁽¹⁾	Residual 6	Residual 500
Talara	12,58	8,17	
Piura	12,84		
Eten	12,84		
Salaverry	12,96		
Chimbote	12,71		8,12
Supe	12,58	8,41	
Callao	12,58	8,01	7,73
Conchán	12,58	8,01	7,73
Cerro de Pasco	12,96		
Pisco	12,84		
Mollendo	13,09		8,12
Juliaca	13,46		
Cuzco	13,34		
Ilo	13,21		
El Milagro	12,96		
Tarapoto	12,96		
Yurimaguas	13,59		
Iquitos	13,09	9,13	
Pucallpa	13,09		
Pto. Maldonado	14,97		
PR1P (Promedio Octubre)	12,58	8,01	7,73

* No Incluye Impuestos

Factores de Ubicación geográfica por Planta de Ventas

Plantas	Diesel B5 ⁽¹⁾	Residual 6	Residual 500
Talara	1,00	1,02	
Piura	1,02		
Eten	1,02		
Salaverry	1,03		
Chimbote	1,01		1,05
Supe	1,00	1,05	
Callao	1,00	1,00	1,00
Conchán	1,00	1,00	1,00
Cerro de Pasco	1,03		
Pisco	1,02		
Mollendo	1,04		1,05
Juliaca	1,07		
Cuzco	1,06		
Ilo	1,05		
El Milagro	1,03		
Tarapoto ⁽²⁾	1,03		
Yurimaguas	1,08		
Iquitos	1,04	1,14	
Pucallpa	1,04		
Pto. Maldonado	1,19		

Precios de Referencia de Energéticos usados en Generación Eléctrica

Decreto Supremo N°012-2005-EM y Resolución OSINERG N° 062-2005-OS/CD

Fecha : Información al 30-11-2023

Precios de Referencia (Soles/galón)

Plantas	Diesel B5 ⁽¹⁾	Residual 6	Residual 500
Talara	11,35	7,78	
Piura	11,46		
Eten	11,58		
Salaverry	11,58		
Chimbote	11,46		7,80
Supe	11,35	8,01	
Callao	11,35	7,63	7,43
Conchán	11,35	7,63	7,43
Cerro de Pasco	11,69		
Pisco	11,58		
Mollendo	11,80		7,80
Juliaca	12,03		
Cuzco	12,03		
Ilo	11,80		
El Milagro	11,58		
Tarapoto	11,69		
Yurimaguas	12,26		
Iquitos	11,80	8,70	
Pucallpa	11,80		
Pto. Maldonado	13,39		
PR1P (Promedio Noviembre)	11,35	7,63	7,43

* No Incluye Impuestos

Factores de Ubicación geográfica por Planta de Ventas

Plantas	Diesel B5 ⁽¹⁾	Residual 6	Residual 500
Talara	1,00	1,02	
Piura	1,01		
Eten	1,02		
Salaverry	1,02		
Chimbote	1,01		1,05
Supe	1,00	1,05	
Callao	1,00	1,00	1,00
Conchán	1,00	1,00	1,00
Cerro de Pasco	1,03		
Pisco	1,02		
Mollendo	1,04		1,05
Juliaca	1,06		
Cuzco	1,06		
Ilo	1,04		
El Milagro	1,02		
Tarapoto ⁽²⁾	1,03		
Yurimaguas	1,08		
Iquitos	1,04	1,14	
Pucallpa	1,04		
Pto. Maldonado	1,18		

Precios de Referencia de Energéticos usados en Generación Eléctrica

Decreto Supremo N°012-2005-EM y Resolución OSINERG N° 062-2005-OS/CD

Fecha : Información al 31-12-2023

Precios de Referencia (Soles/galón)

Plantas	Diesel B5 ⁽¹⁾	Residual 6	Residual 500
Talara	10,59	7,77	
Piura	10,69		
Eten	10,80		
Salaverry	10,80		
Chimbote	10,69		7,80
Supe	10,59	7,92	
Callao	10,59	7,55	7,43
Conchán	10,59	7,55	7,43
Cerro de Pasco	10,91		
Pisco	10,80		
Mollendo	11,01		7,80
Juliaca	11,22		
Cuzco	11,22		
Ilo	11,01		
El Milagro	10,80		
Tarapoto	10,91		
Yurimaguas	11,33		
Iquitos	11,01	8,60	
Pucallpa	11,01		
Pto. Maldonado	12,39		
PR1P (Promedio Diciembre)	10,59	7,55	7,43

* No Incluye Impuestos

Factores de Ubicación geográfica por Planta de Ventas

Plantas	Diesel B5 ⁽¹⁾	Residual 6	Residual 500
Talara	1,00	1,03	
Piura	1,01		
Eten	1,02		
Salaverry	1,02		
Chimbote	1,01		1,05
Supe	1,00	1,05	
Callao	1,00	1,00	1,00
Conchán	1,00	1,00	1,00
Cerro de Pasco	1,03		
Pisco	1,02		
Mollendo	1,04		1,05
Juliaca	1,06		
Cuzco	1,06		
Ilo	1,04		
El Milagro	1,02		
Tarapoto ⁽²⁾	1,03		
Yurimaguas	1,07		
Iquitos	1,04	1,14	
Pucallpa	1,04		
Pto. Maldonado	1,17		

Precios de Referencia de Energéticos usados en Generación Eléctrica

Decreto Supremo N°012-2005-EM y Resolución OSINERG N° 062-2005-OS/CD

Fecha : Información al 31-01-2024

Precios de Referencia (Soles/galón)

Plantas	Diesel B5 ⁽¹⁾	Residual 6	Residual 500
Talara	10,38	7,53	
Piura	10,59		
Eten	10,59		
Salaverry	10,59		
Chimbote	10,49		7,55
Supe	10,38	7,67	
Callao	10,38	7,31	7,19
Conchán	10,38	7,31	7,19
Cerro de Pasco	10,70		
Pisco	10,59		
Mollendo	10,80		7,55
Juliaca	11,11		
Cuzco	11,01		
Ilo	10,90		
El Milagro	10,59		
Tarapoto	10,70		
Yurimaguas	11,21		
Iquitos	10,80	8,33	
Pucallpa	10,80		
Pto. Maldonado	12,25		
PR1P (Promedio Enero)	10,38	7,31	7,19

* No Incluye Impuestos

Factores de Ubicación geográfica por Planta de Ventas

Plantas	Diesel B5 ⁽¹⁾	Residual 6	Residual 500
Talara	1,00	1,03	
Piura	1,02		
Eten	1,02		
Salaverry	1,02		
Chimbote	1,01		1,05
Supe	1,00	1,05	
Callao	1,00	1,00	1,00
Conchán	1,00	1,00	1,00
Cerro de Pasco	1,03		
Pisco	1,02		
Mollendo	1,04		1,05
Juliaca	1,07		
Cuzco	1,06		
Ilo	1,05		
El Milagro	1,02		
Tarapoto ⁽²⁾	1,03		
Yurimaguas	1,08		
Iquitos	1,04	1,14	
Pucallpa	1,04		
Pto. Maldonado	1,18		

Anexo 8:

Factores de emisión GHG Protocol Combustión Estacionaria

The tables below provide default values for fuels. If country-specific or supplier-specific values are available, it is preferred to use those instead. Lower Heating Value (LHV) is also referred to as Net Calorific Value (NCV) and refers to the amount of thermal energy produced by the combustion of a fuel. CO₂ emission factors are also provided for each fuel for different measurement bases. The EFs below are consistent with the 2006 IPCC Guidelines for National Inventories, where applicable. The 2006 IPCC Guidelines also provide uncertainty range for the EFs.

Table 1. CO ₂ Emission Factors by Fuel							
Fuel	Lower Heating Value (LHV) (or NCV) TJ/Gg	CO ₂ emission factors for fuel consumption data that have been supplied on different measurement bases					
		Energy basis	Mass basis	Fuel density information ¹		Liquid basis	Gas basis
		kg CO ₂ /TJ	kg CO ₂ /tonne	Of liquids (kg/litre of fuel)	Of gases (kg/m ³ of fuel)	kg CO ₂ /litre	kg CO ₂ /m ³
Oil products	Crude oil	42.3	73,300	3,100.59	0.87	2.708	
	Orimulsion	27.5	77,000	2,117.50			
	Natural Gas Liquids	44.2	64,200	2,837.64			
	Motor gasoline ²	44.3	69,300	3,069.99	0.75	2.288	
	Aviation gasoline	44.3	70,000	3,101.00	0.70	2.185	
	Jet gasoline	44.3	70,000	3,101.00	0.70	2.185	
	Jet kerosene	44.1	71,500	3,153.15	0.82	2.572	
	Other kerosene	43.8	71,900	3,149.22	0.85	2.672	
	Shale oil	38.1	73,300	2,792.73			
	Gas/Diesel oil ³	43.0	74,100	3,186.30	0.91	2.910	
	Residual fuel oil ³	40.4	77,400	3,126.96	0.96	3.005	
	Liquefied Petroleum Gases	47.3	63,100	2,994.63	0.49	1.473	
	Ethane	46.4	61,600	2,858.24			
	Naphtha	44.5	73,300	3,261.85	0.73	2.376	
	Bitumen	40.2	80,700	3,244.14			
	Lubricants	40.2	73,300	2,946.66	0.90	2.647	
	Petroleum coke	32.5	97,500	3,168.75			
	Refinery feedstocks	43.0	73,300	3,151.90			
	Refinery gas	49.5	57,600	2,851.20			
	Paraffin waxes	40.2	73,300	2,946.66			
	White Spirit/SBP	40.2	73,300	2,946.66			
	Other petroleum products	40.2	73,300	2,946.66			
Coal products	Anthracite	26.7	98,300	2,624.61			
	Coking coal	28.2	94,600	2,667.72			
	Other bituminous coal	25.8	94,600	2,440.68			
	Sub bituminous coal	18.9	96,100	1,818.29			
	Lignite	11.9	101,000	1,201.90			
	Oil shale and tar sands	8.9	107,000	952.30			
	Brown coal briquettes	20.7	97,500	2,018.25			
	Patent fuel	20.7	97,500	2,018.25			
	Coke oven coke	28.2	107,000	3,017.40			
	Lignite coke	28.2	107,000	3,017.40			
	Gas coke	28.2	107,000	3,017.40			
	Coal tar	28	80,700	2,259.60			
	Gas works gas	38.7	44,400	1,718.28			
	Coke oven gas	38.7	44,400	1,718.28			
	Blast furnace gas	2.47	260,000	642.20			
	Oxygen steel furnace gas	7.06	182,000	1,284.92			
Natural gas	Natural gas ⁴	48	56,100	2,662.80	0.7		1.885
Other wastes	Municipal waste (Non biomass fraction)	10	91,700	917.00			
	Industrial wastes	NA	143,000	NA			
	Waste oils	40.2	73,300	2,946.66			
Biomass	Wood or Wood waste	15.8	112,000	1,747.20			
	Sulphite lyes (Black liquor)	11.8	95,300	1,124.54			
	Other primary solid biomass fuels	11.6	100,000	1,160.00			
	Charcoal	29.5	112,000	3,304.00			
	Biogasoline	27	70,800	1,911.60			
	Biodiesels	27	70,800	1,911.60			
	Other liquid biofuels	27.4	79,600	2,181.04			
	Landfill gas	50.4	54,600	2,751.84			
	Sludge gas	50.4	54,600	2,751.84			
	Other biogas	50.4	54,600	2,751.84			
	Municipal wastes (Biomass fraction)	11.6	100,000	1,160.00			
	Peat	9.76	106,000	1,034.56			

¹ Density was converted from API Gravity Factor US EPA 1990-2021 Inventory, Table A-29: Carbon Content Coefficients and Underlying Data for Petroleum Products. API gravity is an arbitrary scale expressing the specific gravity (i.e., the ratio of the mass of a substance to the mass of an equal volume of water) of liquid petroleum products. Degrees API = (141.5 / specific gravity at 60 degrees F) – 131.5. For more information on API Gravity, see https://ghgprotocol.org/sites/default/files/2023-02/Stationary_Combustion_Guidance_final_1_0.pdf. For other Crude Oil API Gravity by Country, refer to Chapter 2 of the 2000 IPCC Good Practice Guidance: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/english/2_Energy.pdf

² Motor gasoline and diesel density data are from the National Archives Code of Federal Regulations: <https://www.ecfr.gov/current/title-40/chapter-I/subchapter-C/part-98/subpart-MM> (Table MM-1). Values can be found in the National Archives Code of Federal Regulations: <https://www.ecfr.gov/current/title-40/chapter-I/subchapter-C/part-98/subpart-MM>

³ Other density values for residual fuel oil no. 6 can be found in the National Archives Code of Federal Regulations: <https://www.ecfr.gov/current/title-40/chapter-I/subchapter-C/part-98/subpart-MM>

⁴ Natural gas value is from the API Compendium, Table 3-8: Densities, Higher Heating Values, and Carbon Contents for Various Fuels: <https://www.api.org/-media/files/policy/esg/ghg/2021-api-ghg-compendium>

Note: The above CO₂ emission factors are "cross-sector," meaning they can be used by reporting entities from any sector (e.g., manufacturing, energy).

Table 2. CH₄ Emission Factors by Fuel

Fuel	Lower Heating Value (LHV) (or NCV) TJ/Gg	CH ₄ emission factors for fuel consumption data that have been supplied on different measurement bases					
		Energy basis	Mass basis	Fuel density information ¹		Liquid basis	Gas basis
		kg CH ₄ /TJ	kg CH ₄ /tonne	Of liquids (kg/litre of fuel)	Of gases (kg/m ³ of fuel)	kg CH ₄ / litre	kg CH ₄ /m ³
Oil products	Crude oil	42.3	10	0.42	0.87	0.00037	
	Orimulsion	27.5	10	0.28			
	Natural Gas Liquids	44.2	10	0.44			
	Motor gasoline/Petrol ²	44.3	10	0.44	0.75	0.00033	
	Aviation gasoline	44.3	10	0.44	0.70	0.00031	
	Jet gasoline	44.3	10	0.44	0.70	0.00031	
	Jet kerosene	44.1	10	0.44	0.81	0.00036	
	Other kerosene	43.8	10	0.44	0.85	0.00037	
	Shale oil	38.1	10	0.38			
	Gas/Diesel oil	43	10	0.43	0.91	0.00039	
	Residual fuel oil	40.4	10	0.40	0.96	0.00039	
	Liquefied Petroleum Gases	47.3	5	0.24	0.49	0.00012	
	Ethane	46.4	5	0.23			
	Naphtha	44.5	10	0.45	0.73	0.00032	
	Bitumen	40.2	10	0.40			
	Lubricants	40.2	10	0.40	0.90	0.00036	
	Petroleum coke	32.5	10	0.33			
	Refinery feedstocks	43	10	0.43			
	Refinery gas	49.5	5	0.25			
	Paraffin waxes	40.2	10	0.40			
	White Spirit/SBP	40.2	10	0.40			
	Other petroleum products	40.2	10	0.40			
Coal products	Anthracite	26.7	10	0.27			
	Coking coal	26.2	10	0.26			
	Other bituminous coal	25.5	10	0.26			
	Sub bituminous coal	18.9	10	0.19			
	Lignite	11.9	10	0.12			
	Oil shale and tar sands	8.9	10	0.09			
	Brown coal briquettes	20.7	10	0.21			
	Patent fuel	20.7	10	0.21			
	Coke oven coke	28.2	10	0.28			
	Lignite coke	28.2	10	0.28			
	Gas coke	28.2	5	0.14			
	Coal tar	28	10	0.28			
	Gas works gas	38.7	5	0.19			
	Coke oven gas	38.7	5	0.19			
	Blast furnace gas	2.47	5	0.01			
	Oxygen steel furnace gas	7.06	5	0.04			
Natural gas	Natural gas	48	5	0.24	0.7		0.000168
Other wastes	Municipal waste (Non biomass fraction)	10	300	3.00			
	Industrial wastes	NA	300	NA			
	Waste oils	40.2	300	12.06			
Biomass	Wood or Wood waste	15.8	300	4.68			
	Sulphite lyes (Black liquor)	11.8	3	0.04			
	Other primary solid biomass fuels	11.8	300	3.48			
	Charcoal	29.5	200	5.90			
	Biogasoline	27	10	0.27			
	Biodiesels	27	10	0.27			
	Other liquid biofuels	27.4	10	0.27			
	Landfill gas	50.4	5	0.25			
	Sludge gas	50.4	5	0.25			
	Other biogas	50.4	5	0.25			
	Municipal wastes (Biomass fraction)	11.8	300	3.48			
	Peat	9.76	10	0.10			

¹ Density was converted from API Gravity Factor US EPA 1990-2022 Inventory, Table A-32: Carbon Content Coefficients and Underlying Data for Petroleum Products. API gravity is an arbitrary scale expressing the specific gravity (i.e., the ratio of the mass of a substance to the mass of an equal volume of water) of liquid petroleum products. Degrees API = (141.5 / specific gravity at 60 degrees F) – 131.5. For more information on API Gravity, see https://ghgprotocol.org/sites/default/files/2023-02/Stationary_Combustion_Guidance_final_1_0.pdf. For other Crude Oil API Gravity by Country, refer to Chapter 2 of the 2000 IPCC Good Practice Guidance: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/english/2_Energy.pdf

² Motor gasoline and diesel density data are from the National Archives Code of Federal Regulations: <https://www.ecfr.gov/current/title-40/chapter-I/subchapter-C/part-98/subpart-MM> (Gasoline—Other)

³ Other density values for residual fuel oil no. 6 can be found in the National Archives Code of Federal Regulations: <https://www.ecfr.gov/current/title-40/chapter-I/subchapter-C/part-98/subpart-MM>

⁴ Natural gas value is from the API Compendium, Table 3-8: Densities, Higher Heating Values, and Carbon Contents for Various Fuels: <https://www.api.org/-/media/files/policy/es/ghg/2021-api-ghg-compendium>
Note: These emission factors are specific to "Institutional" operations as opposed to "Energy" or "Manufacturing" operations, which are other categories treated by the IPCC.

Fuel	Lower Heating Value (LHV) (or NCV) TJ/Gg	N ₂ O emission factors for fuel consumption data that have been supplied on different measurement bases				
		Energy basis	Mass basis	Fuel density information ¹		Liquid basis
		kg N ₂ O/TJ	kg N ₂ O/tonne	Of liquids (kg/litre of fuel)	Of gases (kg/m ³ of fuel)	Gas basis kg N ₂ O/m ³
Oil products	Crude oil	42.3	0.8	0.03	0.87	0.00002
	Orimulsion	27.5	0.6	0.02		
	Natural Gas Liquids	44.2	0.6	0.03		
	Motor gasoline/Petrol ²	44.3	0.6	0.03	0.75	0.00002
	Aviation gasoline	44.3	0.6	0.03	0.70	0.00002
	Jet gasoline	44.3	0.6	0.03	0.70	0.00002
	Jet kerosene	44.1	0.6	0.03	0.81	0.00002
	Other kerosene	43.8	0.6	0.03	0.85	0.00002
	Shale oil	38.1	0.6	0.02		
	Gas/Diesel oil	43	0.6	0.03	0.91	0.00002
	Residual fuel oil	40.4	0.6	0.02	0.96	0.00002
	Liquefied Petroleum Gases	47.3	0.1	0.00	0.49	0.00000
	Ethane	46.4	0.1	0.00		
	Naphtha	44.5	0.6	0.03	0.73	0.00002
	Bitumen	40.2	0.6	0.02		
	Lubricants	40.2	0.6	0.02	0.90	0.00002
	Petroleum coke	32.5	0.6	0.02		
	Refinery feedstocks	43	0.6	0.03		
	Refinery gas	49.5	0.1	0.005		
	Paraffin waxes	40.2	0.6	0.02		
	White Spirit/SBP	40.2	0.6	0.02		
	Other petroleum products	40.2	0.6	0.02		
Coal products	Anthracite	26.7	1.5	0.04		
	Coking coal	28.2	1.5	0.04		
	Other bituminous coal	25.8	1.5	0.04		
	Sub bituminous coal	18.9	1.5	0.03		
	Lignite	11.9	1.5	0.02		
	Oil shale and tar sands	8.9	1.5	0.01		
	Brown coal briquettes	20.7	1.5	0.03		
	Patent fuel	20.7	1.5	0.03		
	Coke oven coke	28.2	1.5	0.04		
	Lignite coke	28.2	1.5	0.04		
	Gas coke	28.2	0.1	0.003		
	Coal tar	28	1.5	0.04		
	Gas works gas	38.7	0.1	0.004		
	Coke oven gas	38.7	0.1	0.004		
	Blast furnace gas	2.47	0.1	0.000		
	Oxygen steel furnace gas	7.06	0.1	0.001		
Natural gas	Natural gas	48	0.1	0.00	0.7	0.00000338
Other wastes	Municipal waste (Non biomass fraction)	10	4	0.04		
	Industrial wastes	NA	4	NA		
	Waste oils	40.2	4	0.16		
Biomass	Wood or Wood waste	15.6	4	0.08		
	Sulphite lyes (Black liquor)	11.6	2	0.02		
	Other primary solid biomass fuels	11.6	4	0.05		
	Charcoal	29.5	1	0.03		
	Biogasoline	27	0.6	0.02		
	Biodiesels	27	0.6	0.02		
	Other liquid biofuels	27.4	0.6	0.02		
	Landfill gas	50.4	0.1	0.01		
	Sludge gas	50.4	0.1	0.01		
	Other biogas	50.4	0.1	0.01		
	Municipal wastes (Biomass fraction)	11.6	4	0.05		
	Peat	9.76	1.4	0.01		

¹ Density was converted from API Gravity Factor US EPA 1990-2022 Inventory, Table A-32: Carbon Content Coefficients and Underlying Data for Petroleum Products. API gravity is an arbitrary scale expressing the specific gravity (i.e., the ratio of the mass of a substance to the mass of an equal volume of water) of liquid petroleum products. Degrees API = (141.5 / specific gravity at 60 degrees F) – 131.5. For more information on API Gravity, see https://ghgprotocol.org/sites/default/files/2023-02/Stationary_Combustion_Guidance_final_1_0.pdf. For other Crude Oil API Gravity by Country, refer to Chapter 2 of the 2000 IPCC Good Practice Guidance: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/english/2_Energy.pdf

² Motor gasoline and diesel density data are from the National Archives Code of Federal Regulations: <https://www.ecfr.gov/current/title-40/chapter-I/subchapter-C/part-98/subpart-MM> (Gasoline—Other)

³ Other density values for residual fuel oil no. 6 can be found in the National Archives Code of Federal Regulations: <https://www.ecfr.gov/current/title-40/chapter-I/subchapter-C/part-98/subpart-MM>

⁴ Natural gas value is from the API Compendium, Table 3-8: Densities, Higher Heating Values, and Carbon Contents for Various Fuels: <https://www.api.org/~media/files/policy/esg/ghg/2021-api-ghg-compendium>

Note: These emission factors are specific to "Institutional" operations as opposed to "Energy" or "Manufacturing" operations, which are other categories treated by the IPCC.

Anexo 9:

Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES		INDICADORES
			INDEPENDIENTE	DEPENDIENTE	
¿Qué diseño de generador fotovoltaico permitirá reducir los costos de generación de energía para las cargas móviles en obras electromecánicas?	Objetivo general:	Hipótesis general:			- Generación de energía solar (US\$). - Costos asociados a la implementación y mantenimiento de paneles solares (US\$).
	Diseñar un generador eléctrico mediante un sistema fotovoltaico para reducir costos en el consumo de combustible fósil de cargas móviles en obras electromecánicas en el departamento de Moquegua.	El diseño de un sistema fotovoltaico, aprovechando las condiciones climáticas del departamento de Moquegua, para la generación de energía utilizada en las cargas móviles en obras electromecánicas, reduce costos y beneficia económicamente a las empresas que implementen esta tecnología.	Diseño e instalación de sistema fotovoltaico.	Reducción de costos.	- Reducción de consumo de combustible fósil (US\$). - Indicadores económicos TIR y VAN de la instalación de
	Objetivos específicos:	Hipótesis específicas:			
	Analizar la disponibilidad de energía solar para la instalación de paneles solares en el departamento de Moquegua.	La disponibilidad de energía solar en el departamento de Moquegua			

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES		INDICADORES
			INDEPENDIENTE	DEPENDIENTE	
	- Analizar la reducción del consumo de combustible mediante el uso de energía fotovoltaica a partir de la instalación de paneles solares. - Evaluar la viabilidad económica de la instalación de un sistema fotovoltaico que reduce los costos asociados al consumo de combustible de las cargas móviles en obras electromecánicas en el departamento de Moquegua	permite la instalación de paneles solares. - El uso de energía fotovoltaica, a partir de la instalación de paneles solares, reduce de forma considerable la utilización de combustibles fósiles para el abastecimiento de energía de las cargas móviles. - La instalación de un sistema fotovoltaico que reduce los costos asociados al consumo de combustible de las cargas móviles en obras electromecánicas en el departamento de Moquegua presenta viabilidad económica.			sistemas fotovoltaicos.