



UNIVERSIDAD
DE ATACAMA

FACULTAD TECNOLÓGICA
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍAS DE LA ENERGÍA

PROYECTO PLAZA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA AUTÓNOMA

Proyecto de Titulación para optar al título de Técnico Universitario en Energías Renovables
y Eficiencia Energética

Profesor guía: Juan Carlos Madrigal

David Enrique Sierra Veragua
Fernando Gabriel Araya Tapia

Copiapó, Chile 2023

A mi madre y familia

Quienes siempre de una u otra forma me incitaron a volver a estudiar,
y cuya decisión me tomó muchos años.
Hoy puedo confirmar que fue la decisión correcta.
Gracias por el apoyo continuo de ustedes.
Me dio fuerza para superar todos los problemas
y dificultades que se fueron presentando en este difícil camino.

A mi padre

Mi guía, mi arquitecto y mi gran amigo.
Quien nos dejó en mayo recién pasado, y a quien le debo todo lo que soy hoy en día. Mi
sueño fue entregarte este título en vida, pero Dios quiso algo distinto.
Este logro va para ti.
A mi héroe simplemente, gracias totales.

David Enrique Sierra Veragua

A Dios

Por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados, que es el obtener nuestro propio título universitario.

A mis padres Manuel y Jeannette

Por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, por siempre tener una palabra de aliento cuando más lo necesitaba, gracias a ustedes logré llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. Ha sido el orgullo y el privilegio de ser su hijo, son los mejores padres.

A mis hermanos,

Por estar siempre presentes acompañándome en este camino creyendo en mí y dándome apoyo moral, que nos brindaron a lo largo de esta etapa de nuestras vidas.

A mis compañeros,

Por hacer de esta aventura algo maravilloso y digno de recordar entregando momentos de alegrías y risas cuando más se necesitaban.

A los profesores

que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito abriéndonos las puertas y compartieron sus conocimientos.

Fernando Gabriel Araya Tapia

AGRADECIMIENTOS

Agradecido principalmente del apoyo de mis padres quienes están felices de estar terminando esta etapa la cual veía imposible, pero gracias a dios los logré, a mi esposa y familia quienes siempre me impulsaban cuando quise abandonar este gran desafío todos los profesores que durante el transcurso de la carrera nos entregaron sus conocimientos con gran dedicación y entusiasmo. Quiero de manera especial agradecer al profesor Juan Carlos Madrigal, por su constante apoyo y gran paciencia. Fue esa persona que con sus directrices pudo explicarme aquellos detalles que permitieron culminar nuestro proyecto. De corazón, gracias por sus enseñanzas.

A mi compañero Fernando Araya, con quien compartimos horas de trabajo y estudio para culminar con éxito este proceso.

David Enrique Sierra Veragua

AGRADECIMIENTOS

Mis agradecimientos en este proyecto van dirigidos a todos quienes de una u otra forma nos ayudaron con consejos para no bajar los brazos, mis profesores, mis compañeros de curso cual fueron fundamental en esta carrera muy importante siendo un motivo para contribuir a la energía de la eficiencia energética.

Fernando Gabriel Araya Tapia

RESUMEN

Sin la energía eléctrica no sería posible el estilo de vida que a día de hoy lleva la sociedad. La energía se considera una de las principales necesidades, más allá de entregar confort, es la necesidad diaria de comunicarse con sus seres queridos, familiares, amigos y mantenerse informado mediante distintos medios de comunicación. Sin embargo, la energía producida de manera convencional se ha tornado escasa e inaccesible en momentos de emergencia. Mayoritariamente la energía que se produce en el país son las hidroeléctricas por lo que genera impactos principalmente ambientales y sociales, provocando alteración al ecosistema terrestre y la biodiversidad como también alteración en el ecosistema acuático, por lo que es importante generar energía eléctrica limpia con el menor impacto posible. Cabe destacar que en el norte de Chile posee la mayor incidencia solar del mundo principalmente en el desierto de Atacama y zonas próximas por lo que es favorable potenciar la energía solar renovable que utiliza la radiación electromagnética proveniente del sol y así impulsar y generar proyectos eficientes a la comunidad como el que se expone a continuación, que busca aprovechar espacios urbanos de la ciudad para transformarlos en un espacio de reencuentro y conexión comunitaria con la utilización de los recursos naturales disponibles como el sol para su energización.

INDICE

| | |
|--|----|
| <u>CAPITULO I</u> | 1 |
| <u>INTRODUCCIÓN</u> | 1 |
| <u>1.1 Objetivo general</u> | 1 |
| <u>1.2 Objetivos específicos</u> | 2 |
| <u>1.3 Resumen de Capítulos</u> | 2 |
| <u>1.4 Problema y solución</u> | 3 |
| <u>1.5 Alcances y restricciones</u> | 3 |
| <u>CAPÍTULO II</u> | 5 |
| <u>MARCO TEÓRICO</u> | 5 |
| <u>2.1 Energía alternativa en nuestro país.</u> | 5 |
| <u>CAPITULO III</u> | 23 |
| <u>3.1 Dimensionamiento Off Grid</u> | 23 |
| <u>3.2 Ubicación geográfica</u> | 23 |
| <u>3.3 Plaza “Venancio Diaz”</u> | 24 |
| <u>3.4 Orientación e inclinación</u> | 26 |
| <u>3.5 Latitud y longitud</u> | 27 |
| <u>3.6 Datos climatológicos</u> | 28 |
| <u>3.7 Radiación</u> | 28 |
| <u>3.7.1 Nivel máximo de radiación solar</u> | 29 |
| <u>3.7.2 Nivel mínimo de radiación solar</u> | 30 |
| <u>CAPITULO IV</u> | 31 |
| <u>DEMANDA DE ENERGÍA ACTUAL Y POR SUMINISTRAR</u> | 31 |
| <u>4.1.- Consumo actual:</u> | 31 |
| <u>4.2.- Consumo por suministrar:</u> | 32 |
| <u>4.2.1.- Tabla de consumo:</u> | 32 |
| <u>4.2.2.- Cargadores:</u> | 33 |
| <u>4.3 Cálculo de Paneles</u> | 34 |
| <u>4.3.1 Panel seleccionado</u> | 34 |
| <u>4.3.2 Cantidad de paneles a utilizar</u> | 36 |
| <u>4.3.2 Inversor a utilizar</u> | 36 |
| <u>4.3.3 Batería a utilizar</u> | 42 |
| <u>4.3.4 Controlador de carga</u> | 46 |
| <u>4.4 Dimensionamiento On Grid</u> | 53 |
| <u>4.5 Paneles e inversor a utilizar</u> | 54 |

| | |
|---|----|
| <u>CAPITULO V</u> | 56 |
| <u>ESTUDIO ECONÓMICO</u> | 56 |
| <u>5.1 Inversión General</u> | 56 |
| <u>5.2 Carta Gantt</u> | 57 |
| <u>CAPITULO VI</u> | 58 |
| <u>ANÁLISIS Y DISCUSIONES</u> | 79 |
| <u>6.1 RETscreen: Ubicación</u> | 59 |
| <u>6.2 Datos Climatológicos</u> | 60 |
| <u>6.3 RETscreen: Instalación</u> | 61 |
| <u>6.4 Modelo de energía</u> | 61 |
| <u>6.5 Análisis de costos</u> | 62 |
| <u>6.6 Análisis de emisiones</u> | 63 |
| <u>6.7 Análisis financiero</u> | 64 |
| <u>6.8 Gráfico de flujo de caja</u> | 65 |
| <u>6.9 Análisis de sensibilidad de riesgo</u> | 65 |
| <u>BIBLIOGRAFÍA</u> | 69 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|--|--------------------|
| Figura n° 2.1: imagen efecto fotovoltaico..... | 27 |
| Figura n° 2.2: fuentes de energía renovable..... | 27 |
| Figura n° 2.3: ciclo de generación de energía fotovoltaica..... | 28 |
| Figura n° 2.4: diagrama de un campo eléctrico con cargas positivas y negativas..... | 28 |
| Figura n° 2.5: consumo de energía a través de artefactos conectados..... | 29 |
| Figura n° 2.6: imagen de batería general de automóvil..... | 29 |
| Figura n° 2.7: partes que componen un panel fotovoltaico..... | 30 |
| Figura n° 2.8: manera como las radiaciones electromagnéticas llegan a nuestro planeta | 30 |
| Figura n° 2.9: tipos de artefactos eléctricos..... | 31 |
| Figura n° 2.10:tipos de alumbrado público..... | 31 |
| Figura n° 2.11: foco de halogeno de 400w de potencia..... | 32 |
| Figura n° 2.12: foco tipo alumbrado público 84 watt neutro..... | 32 |
| Figura n° 2.13: estimado el consumo eléctrico de casa, siendo el más eficiente a y g el menos eficiente..... | 33 |
| Figura n° 2.14: diagrama de cómo funciona un sistema centralizado..... | 33 |
| Figura n° 1.15: diagrama de inversor que transforma la corriente continua (dc) en corriente alterna(ac)..... | 34 |
| Figura n° 2.16: regulador de carga epsolar mppt tracer..... | 34 |
| Figura n° 2.17: panel fotovoltaico monocristalino..... | 35 |
| Figura n° 2.18: paneles fotovoltaico policristalinos..... | 36 |

| | |
|---|---------------------------|
| <u>Figura n°2.19: como funciona un sistema on grid, de autoconsumo o interconectado a la red.</u> | <u>37</u> |
| <u>Figura n°2.20: diagrama sistema solar off grid conformado por paneles solares, inversor, baterías y regulador solar.</u> | <u>38</u> |
| <u>Figura n° 2.21: dirección en la que avanza la corriente alterna.</u> | <u>40</u> |
| <u>Figura n° 2.22: dirección en la que avanza la corriente continua.</u> | <u>40</u> |
| <u>Figura n° 2.23: movimiento de electrones en la corriente eléctrica</u> | <u>41</u> |
| <u>Figura n° 2.24: calculo de kilowatts</u> | <u>41</u> |
| <u>Figura n° 2.25: calculo de kilowatts/hora.</u> | <u>42</u> |
| <u>Figura n° 2.26: elementos conectados en serie</u> | <u>42</u> |
| <u>Figura n° 2.27: elementos conectados en paralelo</u> | <u>43</u> |

INDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| <u>CAPITULO IV</u> | 53 |
| <u>4.2.1.- Tabla de consumo:</u> | 54 |
| <u>Tabla 1.- Tabla de consumo proyecto.</u> | 54 |
| <u>Tabla 2.- Tabla técnica inversor</u> | 76 |
| <u>Tabla 3.- Tabla técnica panel solar</u> | 76 |

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

En la actualidad y de manera transversal, es imposible mantener el ritmo y la forma de vida sin electricidad. Sin embargo, y de manera contradictoria, no se es plenamente consciente de que el fluido eléctrico está presente, hasta que nos vemos enfrentados a su ausencia, ya sea por catástrofes naturales, accidentes, o por simplemente encontrarnos en espacios y circunstancias donde obtenerla se torna difícil.

Obtener energía de distintas formas y bajo el menor impacto al planeta ha sido una tarea que se viene desarrollando desde hace muchos años, y gracias a ese trabajo hoy podemos implementar energía renovable.

Hoy en día es posible lograr que el acceso a la energía renovable en espacios públicos sea una alternativa viable para que espacios urbanos se transformen en espacios ecológicamente sanos y económicamente sustentables, que produzcan lo necesario para satisfacer las necesidades de quienes los habitan.

1.1 Objetivo general

Incorporar un proyecto de plazas autosuficientes energéticamente en la ciudad de Copiapó, en la Plaza Parque Calle Venancio Diaz, Población El Tambo, implementando el uso de energía Solar Fotovoltaica para la carga de equipos personales de bajo consumo, con la finalidad de potenciar un espacio de esparcimiento y conexión para toda la comuna que permitirá impulsar un cambio de conciencia en los vecinos, en el uso y goce del espacio público, creando además un punto de encuentro seguro en caso de problemas de suministro eléctrico.

1.2 Objetivos específicos

- Describir el consumo energético actual de la Plaza Parque Calle Venancio Diaz.
 - Utilizar sistema de almacenamiento de energía innovadores que aporten al sistema central generando economía en el consumo del recurso energético.
 - Dimensionar la instalación fotovoltaica con sistema ON GRID.
 - Cuantificar económicamente el proyecto propuesto.
 - Abastecer en caso de emergencia a la población con 4 puntos de conexión eléctrica para celulares.
 - Generar un punto de encuentro en situaciones de catástrofe.
-
- **Resumen de Capítulos**

CAPITULO I: **Introducción** especifica una moción inicial del proyecto en donde se establecen los objetivos.

CAPITULO II: **Marco teórico** entrega información para una mejor comprensión del lector, explicando y detallando tanto palabras como procesos técnicos.

CAPITULO III: **Elección del sistema a implementar** analiza a factibilidad de transformación de la plaza a intervenir y plantea la pregunta a analizar, respecto a cuál sistema de dimensionamiento brinda mayor eficiencia a menor costo.

CAPITULO IV: **Demanda de energía actual y por suministrar** realiza la estimación y comparación entre ambas demandas.

CAPITULO V: **Estudio económico** proyecta y calcula

CAPITULO VI: **Análisis y discusiones** resume

- **Problema y solución**

En la actualidad la comuna de Copiapó presenta múltiples espacios comunitarios, como plazas recreacionales y de esparcimiento que cuentan con sistema de alumbrados antiguos y de alto consumo de energía convencional. Adicional a ello, nuestro país tiene historia de reiteradas catástrofes naturales, en donde el suministro eléctrico es el primero en sufrir cortes, lo que genera el quiebre de la comunicación entre familias además de provocar inseguridad general

El proyecto de plaza autónoma fotovoltaica nace con la finalidad de solucionar la problemática antes mencionada, y permite crear espacios y puntos de encuentros donde la comunidad tenga accesibilidad a energía de forma gratis y rápida, en un lugar céntrico de cada sector. La energía permite la comunicación, y hoy en día es imprescindible en la vida moderna de manera transversal. Con este proyecto, logramos suplir una necesidad, apoyar la comunicación, e incentivar el uso de energía no convencional, ya que todo lo anterior se realizará con energía limpia, lo que además permite acercar este tipo de energías a la comunidad.

- **Alcances y restricciones**

El presente proyecto permitirá realizar la intervención, remodelación y puesta en marcha de una plaza hoy en día convencional, que tendrá la capacidad de además de auto sustentarse con energía limpia, entregarla de manera gratuita a toda la comunidad. Presenta la manera posible, medida y ejecutable de un proyecto innovador que permitirá acercar la energía renovable a una parte de la comunidad perteneciente a la Región de Atacama, en el norte grande de nuestro país que recibe la mayor cantidad de radiación solar en el mundo, con niveles de radiación global (GHI) que llegan a los 2.500 kW/m² año, y a los 3.500 kW/m² año en el caso de la radiación normal directa (DNI), con 4.000 horas promedio de sol, transformándola en una zona excepcional para la ejecución de inversiones en tecnologías solares, solar fotovoltaica (FV) y concentración solar de potencia (CSP).

Si bien es una intervención menor inversión y complejidad tecnológica en comparación con los grandes parques fotovoltaicos ya existentes y en proceso de construcción en nuestro país, es la forma más directa de acercar las energías renovables a las distintas personas que frecuentan la plaza donde presenciarán en primera persona cómo la energía solar fotovoltaica no es contaminante, no tiene partes móviles que analizar y no requiere mucho mantenimiento.

Esta intervención tiene restricciones, las cuales no son sobre la fuente de energía, que es el sol, el que tiene reservas que exceden nuestras necesidades. Se trata de la técnica de construcción y fabricación de los módulos fotovoltaicos que es complejo y que implica una inversión inicial importante para su emisión y almacenamiento. Hoy en día no es económicamente competitiva con otras energías actuales, ya que no es económicamente rentable en el corto y mediano plazo, por lo que es una apuesta de inversión en el largo tiempo, pero que entregará calidad de vida sin impacto medioambiental de por medio. .

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Energía alternativa en nuestro país.

Al mes de septiembre 2022, el Sistema Eléctrico Nacional (SEN) posee una potencia instalada de generación de 33.172 MW, los que corresponden a más del 99% de la capacidad instalada nacional (sistemas medianos como Aysén y Magallanes y sistemas aislados son menos del 1%). Del total de capacidad instalada en el SEN, el 60,1% corresponde a tecnología de generación en base a recursos renovables (hidroeléctrica, solar FV, eólica, biomasa y geotermia). El otro 39,9% corresponde a centrales termoeléctricas a gas natural, carbón o derivados del petróleo. Esto según lo informado en el Boletín del Mercado Eléctrico de nuestro país en el mes de octubre de 2022.

La implementación de políticas públicas que entreguen una visión clara para el país en términos de desarrollo nacional, fijando metas y objetivos específicos con un horizonte y objetivo común es imprescindible, y el mayor aporte para lograr este objetivo: la energía, en particular la energía eléctrica fotovoltaica.

El norte grande de Chile es la zona que recibe la mayor cantidad de radiación solar en el mundo, con niveles de radiación global (GHI) que llegan a los 2.500 kW/m2año, y a los 3.500 kW/m2año en el caso de la radiación normal directa (DNI), con 4.000 horas promedio de sol, transformándola en una zona excepcional para la ejecución de inversiones en tecnologías solares, solar fotovoltaica (FV) y concentración solar de potencia (CSP).

2.1.1 Energía alternativa: energías procedentes de fuentes distintas como, por ejemplo; energía solar, energía eólica, energía hidroeléctrica, mareomotriz, energía geotérmica, biomasa, biogás.

2.2 Energía fotovoltaica: energía solar. La energía solar fotovoltaica consiste en obtener directamente la electricidad a partir de la radiación solar. Esto se consigue gracias a la instalación de paneles solares fotovoltaicos, que cuentan con células de silicio que transforman la luz y calor del sol en energía eléctrica

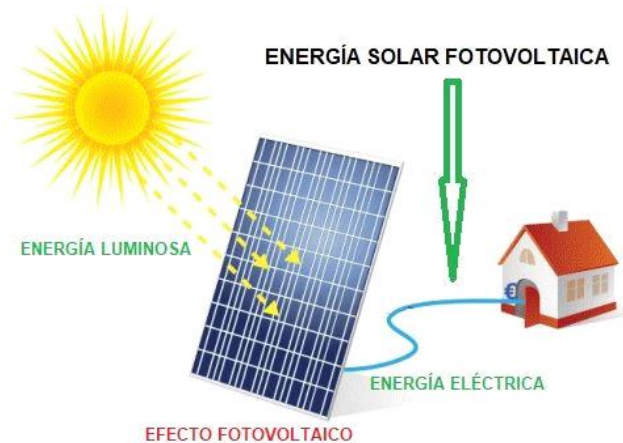


Figura N^a 2.1: Imagen efecto fotovoltaico

Fuente: <https://ingeoexpert.com/>

2.3 Energía renovable: energías que se presentan en la naturaleza de modo continuo y prácticamente inagotable. Como energía renovable podemos considerar las que se muestran en la Figura 1.1 a continuación.



Figura N^a 2.2: Fuentes de energía renovable.

Fuente: www.BBVA.com/sostenibilidad

2.4 Energía sustentable: energía que se puede mantener sin agotar sus recursos.

2.5 Energía sostenible: energía que se puede mantener durante largo tiempo sin agotar los recursos o causar grave daño al medio ambiente, especialmente en ecología y economía

2.6 Energía solar: energía obtenida a partir de la radiación del Sol y utilizada para usos térmicos mediante colectores o para generar electricidad con paneles fotovoltaicos, tal como se muestra en figura a continuación:

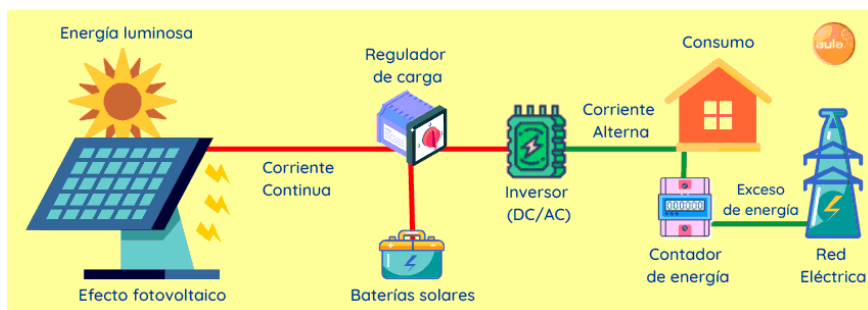


Figura N^a 2.3: Ciclo de generación de energía fotovoltaica.

Fuente: <https://www.cursosaula21.com/>

2.7 Electricidad: Fuerza que se manifiesta por la atracción o repulsión entre partículas cargadas, originada por la existencia de electrones y protones.

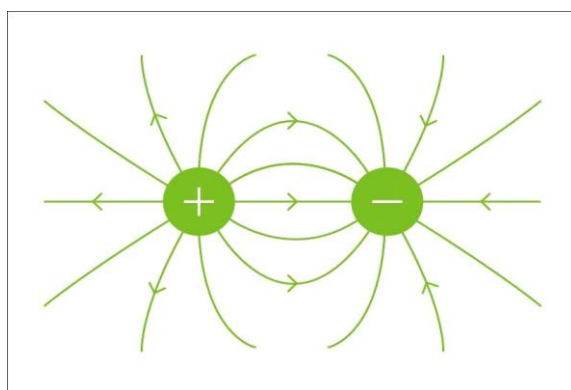


Figura N^a 2.4: Diagrama de un campo eléctrico con cargas positivas y negativas.

Fuente: www.foronuclear.org

2.8 Consumo: acción y efecto (gastar energía). El consumo eléctrico es aquella cantidad de energía consumida en un determinado periodo de facturación por el usuario. El consumo eléctrico se mide en kilovatios hora (kW) y se corresponde con varios factores que influyen en la cantidad de consumo a pagar: desde las dimensiones de la propiedad hasta el número de personas que coexisten en un mismo espacio, pasando por el uso de electrodomésticos y los hábitos de consumo.



Figura N^o 2.5: Consumo de energía a través de artefactos conectados.

Fuente: www.BBVA.com/sostenibilidad

2.9 Batería: Es un artefacto compuesto por celdas electroquímicas capaces de convertir la energía química en su interior en energía eléctrica, mediante la acumulación de corriente alterna. De esta manera, sirven para alimentar distintos circuitos eléctricos, dependiendo de su tamaño y potencia.

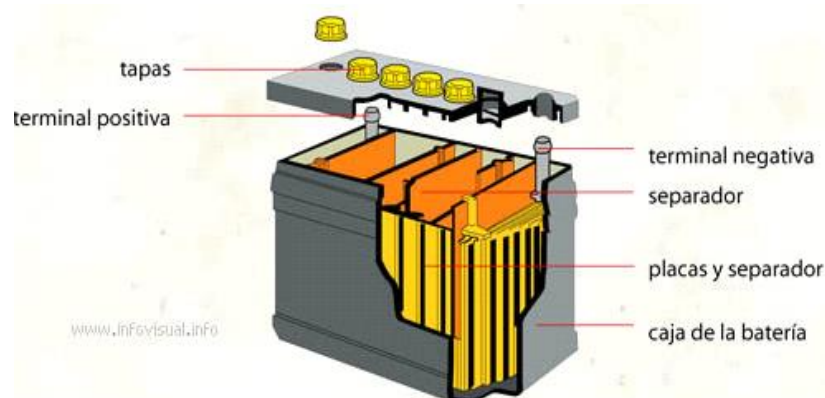


Figura N^o 2.6: Imagen de batería general de automóvil.

Fuente: infovisual.info

2.10 Panel solar: son dispositivos diseñados para captar la radiación electromagnética proveniente del Sol, para su posterior aprovechamiento y transformación en diversas formas de energía útil.

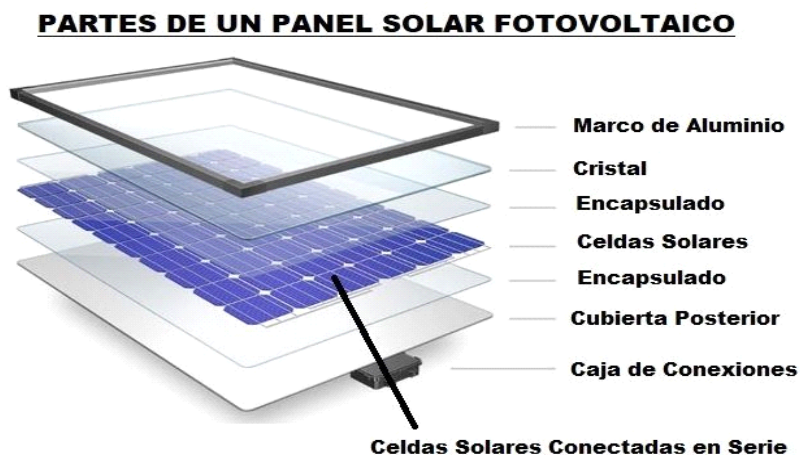


Figura N^o 2.7: Partes que componen un panel fotovoltaico.

Fuente: www.areatecnologia.com

2.11 Radiación solar: La radiación solar es la energía emitida por el Sol, que se propaga en todas las direcciones a través del espacio mediante ondas electromagnéticas. Esa energía es el motor que determina la dinámica de los procesos atmosféricos y el clima.

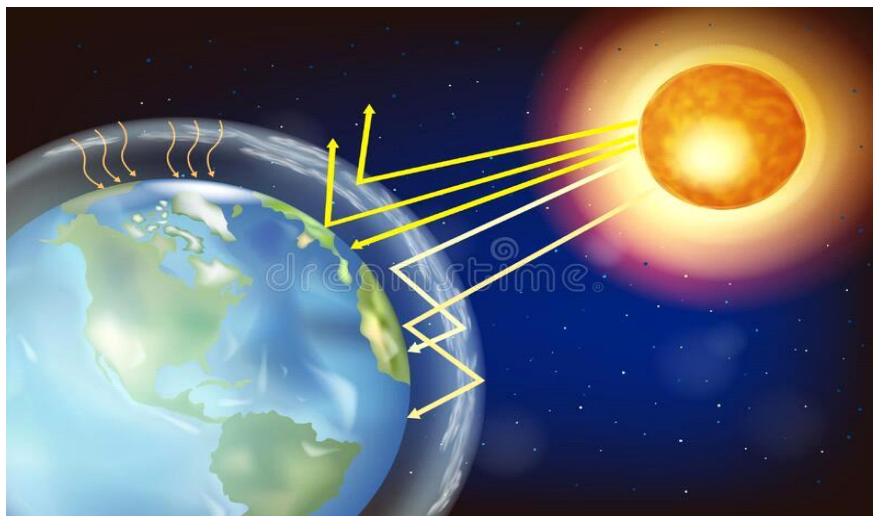


Figura N^o 2.8: Manera como las radiaciones electromagnéticas llegan a nuestro planeta

Fuente: dreamstime.com

2.12 Artefacto: Objeto, especialmente una máquina o un aparato, construido con una cierta técnica para un determinado fin.



Figura N^a 2.9: Tipos de artefactos eléctricos

Fuente: jdelectricos.com

2.13 Alumbrado: Conjunto de luces que alumbran un espacio, especialmente una vía o lugar públicos.



Figura N^o 2.10: Tipos de alumbrado público

Fuente: freepik.es

2.14 Foco Halógeno: foco que cuenta con un tipo de iluminación, similar a una bombilla convencional, pero a diferencia de estas, en vez de contar en su interior con solo un gas inerte, tiene una mezcla de este y un halógeno, lo que aumenta considerablemente la capacidad lumínica al permitir que el filamento de wolframio de su interior, también conocido como tungsteno, pueda llegar a una temperatura más alta sin fundirse.



Figura N° 2.11: Foco de halógeno de 400W de potencia

Fuente: www.gobantes.cl

2.15 Foco LED: La palabra LED viene de las siglas “Light Emitting Diode” o en español “Diodo Emisor de Luz” por lo que en resumen un LED se compone de un diodo que es capaz de dar luz. El foco LED emplea ese diodo para que la corriente eléctrica circule en una dirección pasando del ánodo al cátodo. Entre estos dos puntos se encuentra un semiconductor que emite luz cuando recibe electricidad.



Figura N° 2.12: Foco Tipo Alumbrado Público 84 Watt Neutro

Fuente: www.esol.cl

2.16 Eficiencia: Capacidad de disponer de alguien o de algo para conseguir un efecto determinado.

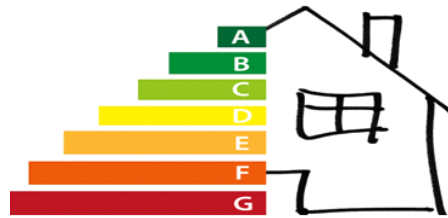


Figura Nª 2.13: Estimado el consumo eléctrico de casa, siendo el más eficiente A y G el menos eficiente

Fuente: www.tourinnovacion.cl

2.17 Sistema centralizado: Consiste en un único sistema que cubre las necesidades del conjunto de usuarios. De esta forma se disminuyen los costos del sistema, sin afectar la calidad del suministro.

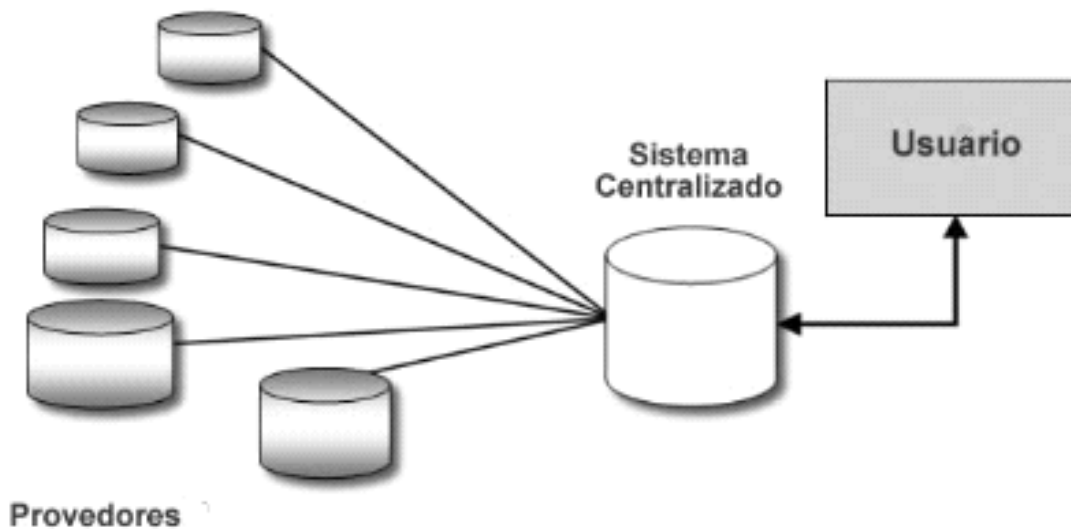


Figura Nª 2.14: Diagrama de cómo funciona un sistema centralizado

Fuente: <https://www.infoescuela.com>

2.18 Inversor de corriente: Es un dispositivo electrónico que su función es cambiar voltaje de entrada de corriente continua a un voltaje de salida de corriente alterna, es decir transformar transforma 12v o 24v de la corriente de una batería (corriente continua a 220v (corriente alterna) como la que tenemos en una vivienda. Los inversores de corriente se utilizan en una gran variedad de aplicaciones, desde pequeñas fuentes de alimentación hasta grandes aplicaciones industriales.



Figura Nª 1.15: Diagrama de inversor que transforma la corriente continua (DC) en corriente alterna(AC)

Fuente: AcademiaDII.

2.19 Controlador de carga: Su función es regular el flujo de energía que va de los paneles a las baterías. Controla tanto la intensidad como el voltaje que reciben estas, con el objetivo de que la recarga sea en condiciones óptimas y no dañe las baterías. El fin es alargar la vida útil de ellas.



Figura Nª 2.16: Regulador de Carga EpSolar MPPT Tracer

Fuente: www.esol.cl

2.20 Panel solar mono cristalino: Está compuesta por célula que a simple vista podemos identificar por su diferencia y color negro, estos módulos se caracterizan por su gran eficiencia hasta un 22,7% y rendimiento, su composición es de cristal de silicio.

Monocristalino

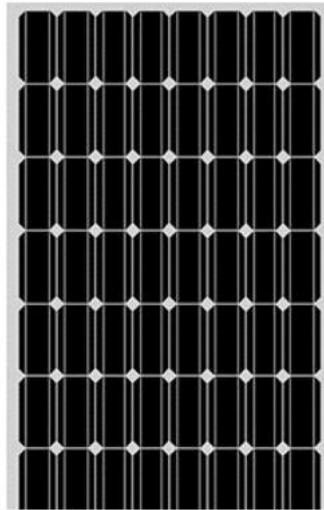


Figura N° 2.17: Panel fotovoltaico monocristalino.

Fuente: plataforma solar.cl

2.20.1 Ventajas panel solar monocristalino: Este tipo de celdas tienen el nivel de eficiencia más alto del mercado, alcanzando el 20%. Son ideales para ser instaladas en lugares donde la exposición al sol no es muy alta. En cuanto a espacio, también son excelentes para ser usados en pequeñas áreas. Se caracterizan además por tener un largo período de vida útil que llega a 50 años, con garantía por parte de los fabricantes de 25.

2.20.2 Desventajas panel solar monocristalino: Los paneles monocristalinos se caracterizan por su alto precio, ya que requieren de mayor cantidad de silicio que las placas policristalinas. Además, debido al tipo de corte que se realiza, los módulos monocristalinos generan mayores pérdidas de material.

2.21 Panel solar policristalino: Las células de silicio policristalinas están proceden del corte de un bloque de silicio que se ha dejado solidificar lentamente conformando pequeños cristales, este tipo de elaboración es menos costoso por lo cual se reduce considerablemente la eficiencia y rendimiento.

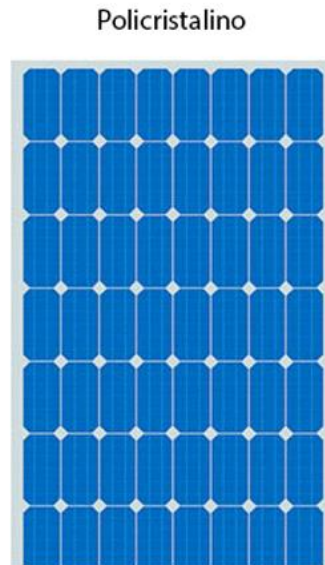


Figura N° 2.18: Paneles fotovoltaico policristalinos.

Fuente: www.plataformasolar.cl

2.21.1 Ventajas panel solar policristalino: La principal ventaja es que su precio es menor al de las células monocristalinas, y precisamente, gracias a su bajo coste, son excelentes para instalaciones a pequeña escala. Una instalación solar fotovoltaica con paneles policristalinos sirve perfectamente para satisfacer la demanda de energía eléctrica de una casa o un negocio pequeño. También es importante destacar que su proceso de fabricación es más sencillo, lo que al final se traduce en un precio menor.

2.21.2 Desventajas panel solar policristalino: Sin embargo, al referirnos a su principal desventaja, tenemos que mencionar que su rendimiento es menor. Las placas policristalinas o multicristalinas -como también se le conocen- tienen un rendimiento de 16%, cuatro puntos porcentuales menos en comparación a las células monocristalinas, debido principalmente a la menor cantidad de silicio que tienen. Otra desventaja tiene que ver con el rendimiento en altas temperaturas. En este escenario, los paneles policristalinos funcionan peor que los monocristalinos. Además, el calor puede reducir su tiempo de vida

útil. Por eso, al tener los paneles policristalinos un rendimiento menor que los monocristalinos, se requiere de un espacio mayor para su instalación.

2.22 Sistema On-grid: El concepto on grid hace referencia al tipo de instalación que se encuentra conectado a la red de distribución, permitiendo que los clientes puedan generar y consumir energía solar, pero con el respaldo de la red eléctrica en caso de que su empresa o residencia consuma más energía que la generada por los paneles, sin embargo cuando ocurre en el caso contrario el sistema on grid permite inyectar los excedentes a la red eléctrica lo cual se respalda con la promulgación de la ley 20.571, conocida como ley net billing.

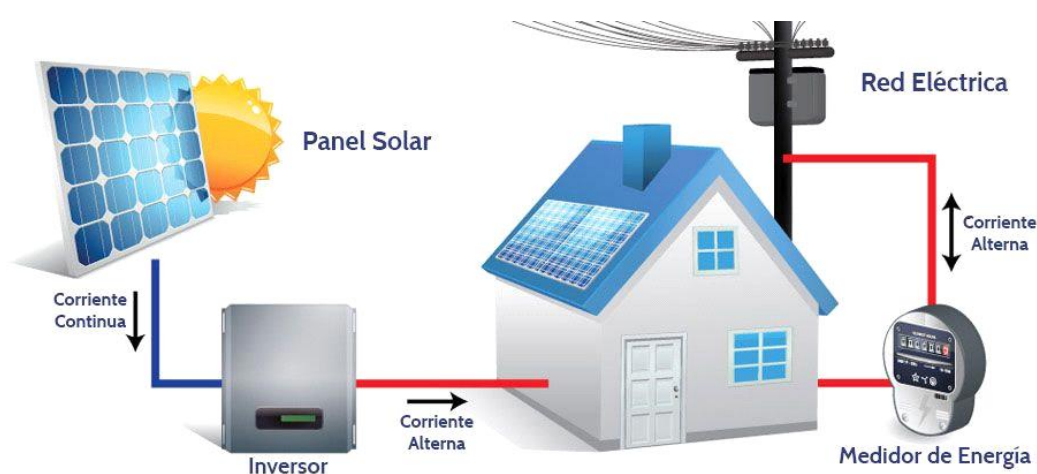


Figura N°2.19: Como funciona un sistema ON GRID, de autoconsumo o interconectado a la red.

Fuente: landing.energys-bo.com

2.22.1 Ventajas del Sistema On Grid: Una de las principales ventajas del sistema On Grid es el ahorro porque mientras este sistema genera energía nosotros dejamos de consumir, por lo que requerimos de la compañía solo el complemento de lo que generamos. En las horas que este sistema no genere lo suficiente para nuestro consumo tenemos lo que genera la red como respaldo en todo momento.

Es muy importante para nuestro medio ambiente porque ayuda a disminuir la huella de carbono al provenir de una energía renovable y así genera una disminución en el impacto ambiental. Alivia enormemente las redes eléctricas en la distribución eléctrica.

2.22.2 Desventajas Sistema On Grid: Entre las desventajas encontramos que al depender del sol es una fuente de energía intermitente.

Tarda años en recuperar su inversión por el alto costo de esta, dependiendo de la instalación la recuperación de la inversión puede tardar entre 4 y 6 años. Al estar conectado a la red se agregan a este sistema los costos de conectarse al servicio.

2.23 Sistema off-grid: hace referencia al tipo de instalación que no requiere estar conectado a la red ya que cuenta con un conjunto de baterías capa de almacenar toda la energía generada durante el día y de esta forma poder ser utilizada en cualquier momento siendo un sistema totalmente independiente y autónomo, utilizando comúnmente en áreas aisladas por esta misma razón es que suele ser más costoso el sistema.

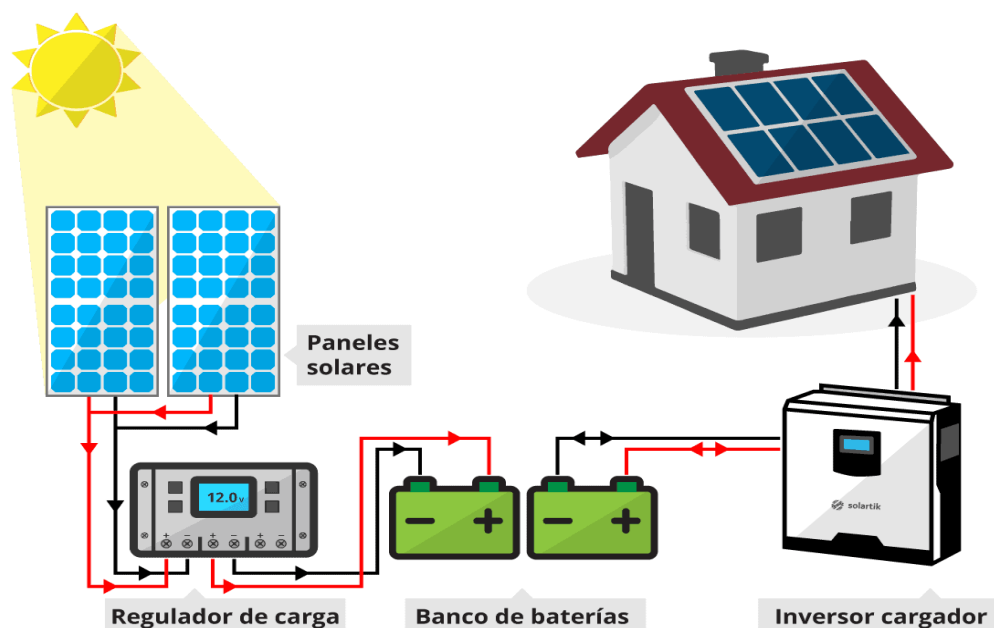


Figura N°2.20: Diagrama sistema solar OFF GRID conformado por paneles solares, inversor, baterías y regulador solar

Fuente: solartik.ar

2.23.1 Ventajas Sistema OFF GRID: Al ser una instalación aislada es completamente independiente de la compañía eléctrica. Al ser una ERNC igualmente ayuda a disminuir la huella de carbono.

2.23.2 Desventajas Sistema OFF GRID: Su mayor desventaja es el alto costo de inversión de este sistema considerando aun así es más caro que el sistema ON GRID porque los equipos cuestan mucho más.

El uso de las baterías vendría siendo el punto débil puesto que estas deben ser reemplazadas cada 10 años que es lo que dura su vida útil.

2.24 Potencia: Capacidad para ejecutar algo o producir un efecto.

P= Potencia

V= Voltaje

I= Corriente

$$P = V * I$$

2.25 Voltaje: Cantidad de voltios que actúan en un aparato o sistema eléctrico.

V= Voltaje

I= Corriente

R= Resistencia

$$V = I * R$$

2.26 Corriente: Movimiento de traslación continuado, ya sea permanente, ya accidental, de una masa de materia fluida, como el agua o el aire, en una dirección determinada.

I= Corriente

V= Voltaje

R= Resistencia

$$I = \frac{V}{R}$$

2.27 Resistencia: Se le denomina resistencia eléctrica a la oposición al flujo de corriente eléctrica a través de un conductor. La unidad de resistencia en el Sistema Internacional es el ohmio, que se representa con la letra griega, en honor al físico alemán Georg Simon Ohm, quien descubrió el principio que ahora lleva su nombre.

I= Corriente

V= Voltaje

R= Resistencia

$$R = \frac{V}{I}$$

2.28 Corriente alterna: corriente eléctrica que invierte periódicamente el sentido de su movimiento.

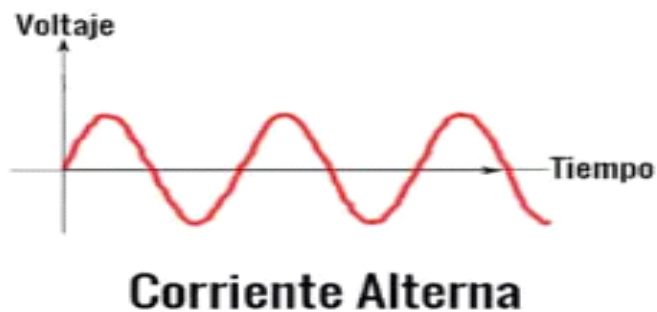


Figura N° 2.21: Dirección en la que avanza la corriente alterna

Fuente: www.sfe-solar.com

2.29 Corriente continua: corriente eléctrica que fluye siempre en el mismo sentido.



Figura N° 2.22: Dirección en la que avanza la corriente Continua.

Fuente: www.sfe-solar.com

2.30 Corriente eléctrica: Magnitud física que expresa la cantidad de electricidad que fluye por un conductor en la unidad de tiempo, y cuya unidad en el sistema internacional es el amperio.

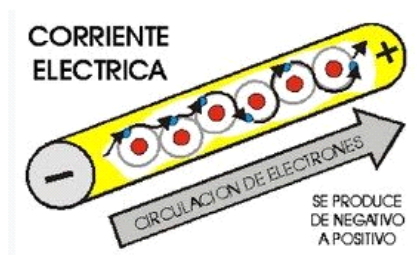


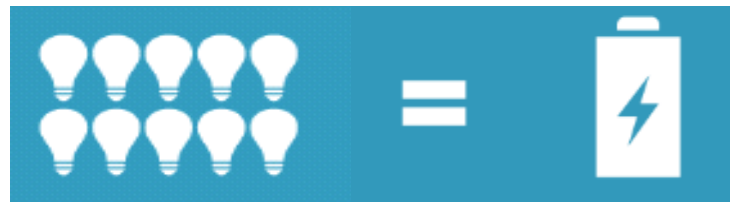
Figura N° 2.23: Movimiento de electrones en la corriente eléctrica

Fuente: areatecnologia.com

2.31 Amperio: Unidad de intensidad de corriente eléctrica del sistema internacional, equivalente a la intensidad de una corriente constante que, al circular por dos conductores paralelos y rectilíneos, colocados a la distancia de un metro uno de otro en el vacío, produciría entre dichos conductores una fuerza de dos diezmilionésimas de newton por cada metro de longitud.

2.32 Conexionar: Poner en conexión dos o más cosas entre sí, o una cosa con otra.

2.33 Kilowatt: Medida de potencia eléctrica, de símbolo kW, que es igual a 1000 vatios.



DIEZ BOMBILLAS DE 100 WATTS

1K/W

Figura N° 2.24: Calculo de kilowatts

Fuente: Imagen propia

2.34 kilowatt-hora: Unidad de trabajo o energía, de símbolo kWh, que equivale a la energía producida o consumida por una potencia de 1 kilovatio en 1 hora.



**DIEZ BOMBILLAS DE
100 WATTS**

60 MINUTOS

1 K/Wh

Figura N° 2.25: Calculo de kilowatts/hora.

Fuente: Imagen propia

2.35 Voltio: Unidad de potencial eléctrico y fuerza electromotriz equivalente a la diferencia de potencial eléctrico que hay entre dos puntos de un hilo conductor, que transporta una corriente constante de 1 amperio.

2.36 Kilovatio: Unidad de potencia equivalente a 1000 vatios.

2.37 Conexión en serie: Una conexión serie o circuito serie es aquel en que los componentes eléctricos (baterías, resistencias, lámparas, etc.) se conectan uno a continuación del otro, de manera que existe un único camino cerrado para la corriente.

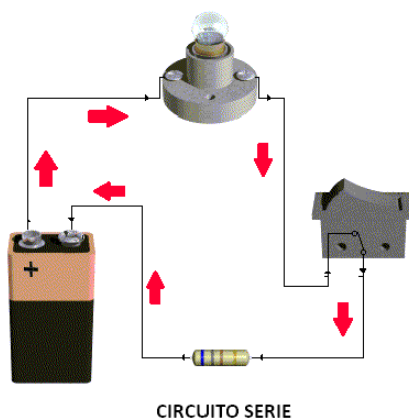


Figura N° 2.26: Elementos conectados en serie

Fuente: www.profetolocka.com.ar

2.38 Conexión en paralelo: La conexión en paralelo o circuito paralelo es aquel en que los terminales de los componentes se conectan entre sí, uno al lado del otro, en una derivación y con una única conexión a la fuente de tensión.

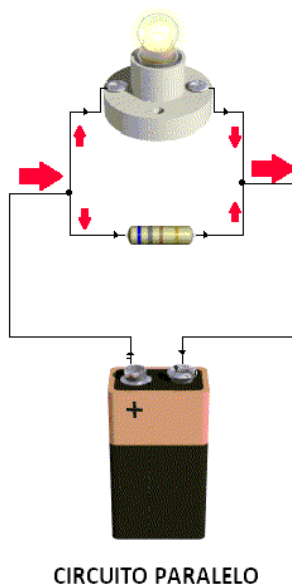


Figura N° 2.27: Elementos conectados en paralelo

Fuente: www.profetolocka.com.ar

2.39 Angulo acimutal (α): Es el ángulo formado por la proyección horizontal de la dirección del sol – tierra con el sur. En el hemisferio norte es positivo hacia el oeste y en el hemisferio sur lo es hacia el este, el ángulo acimutal utiliza el norte como referencia es importante siempre identificar cual es el punto cardinal que se utiliza como referencia para el acimut.

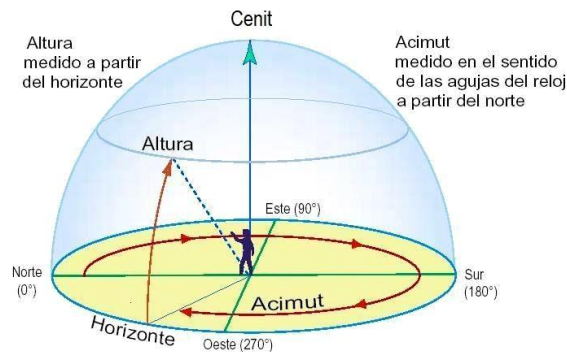
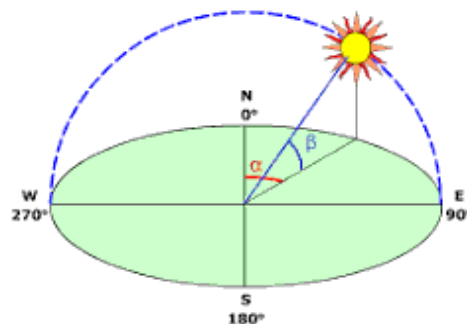


Figura N°2. 39.1: Acimut medido en el sentido de las agujas del reloj.

Fuente: www.astro.org

2.40 Altura solar (h): Es el ángulo formado por la dirección sol – tierra con el plano horizontal del emplazamiento. Una mayor altura solar implica una incidencia más directa, más perpendicular de la radiación solar y que puede aportar más energía.



FiguraN°2.40.1- Ángulo medido en el plano vertical formado por los rayos del sol con respecto a la horizontal.

Fuente: helioesfera.com

CAPITULO III

DESARROLLO TÉCNICO

La energía fotovoltaica consiste en transformar la energía solar a energía eléctrica. Para poder realizar este método, se necesitan módulos de paneles fotovoltaicos y así almacenar energía limpia que puede ser utilizada en artefactos tecnológicos de uso diario.

El proyecto está enfocado en transformar una plaza que cuenta con energía convencional, a una plaza con energía fotovoltaica autónoma. Para cumplir este objetivo, se realizará una intervención a los postes ya existentes autónomos de energía limpia cual además tiene por función cargar artefactos eléctricos todo esto un solo poste.

Para el desarrollo de este proyecto, se analizarán las distintas características de una instalación fotovoltaica y las condiciones ambientales del entorno, con la finalidad de asegurar la utilidad del sistema. Se pretende comparar los pros y contra del sistema eléctrico fotovoltaico on grid y off grid para dar respuesta a la siguiente pregunta:

¿Cuál es el sistema más eficiente y con menor costos?

3.1 Dimensionamiento Off Grid

3.2 Ubicación geográfica

Región de Atacama, ciudad de Copiapó. Específicamente en la intersección de avenida El chañar con Venancio Díaz, es la ubicación donde se proyecta realizar las instalaciones fotovoltaicas. Es importante determinar la inclinación y hacia a donde apunten los paneles fotovoltaicos, y ello dependerá del hemisferio donde nos localicemos. En este caso, hemisferio sur, la inclinación aproximada debe ser 35° y los paneles deberán apuntar al norte.



Figura N° 5 - Ubicación geográfica.

3.3 Plaza “Venancio Díaz”

Cuenta con las condiciones geográficas, y estructuras disponibles para realizar una intervención e implementación de sistema fotovoltaico.



Imágen N° 3.1.2 – Vista General de plaza. Se puede observar poste con iluminación halógeno (400w).



Imágen N° 3.1.3 – Vista General de plaza. Se puede observar estructuras que permitirán instalar sistema fotovoltaico.



Imágen N° 3.1.4 Vista específica de estructuras. Este soporte permitirá la instalación de paneles fotovoltaicos.



Imágen N° 3.1.5 Vista específica de poste con 6 focos halógenos (400w) que serán reemplazados por focos LED (80w).



Imágen N° 3.1.6 Render de proyecto a realizar.

3.4 Orientación e inclinación

Para el proyecto se debe realizar un análisis de la instalación del panel y cuál es su optima inclinación, la recomendación siempre debe ir orientado al norte geográfico con variación de 15° al este u oeste aproximadamente. Se debe tener en cuenta si se ha coplanar sobre una estructura, analizar la inclinación o si es necesario hacer sobre cimiento sobre la estructura con la inclinación optimizada con la siguiente ecuación;

3.5 Latitud y longitud

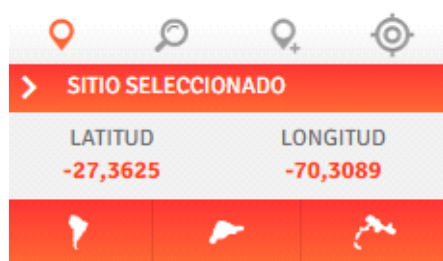


Figura N° 3.1.4 - datos de latitud y longitud de zona de interés.

Fuente: solar.minenergia.cl

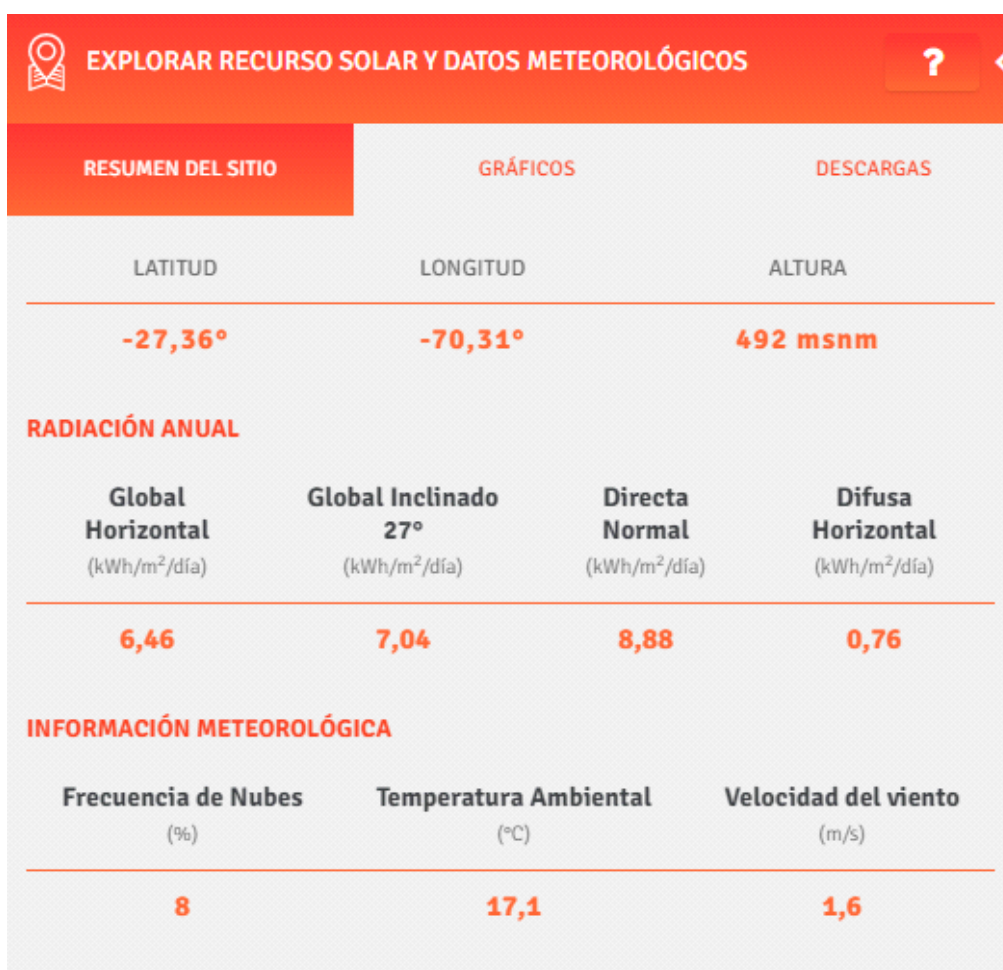


Figura N° 3.1.5 – ubicación geográfica y datos meteorológicos de zona de interés.

Fuente: solar.minenergia.cl

3.6 Datos climatológicos

La temperatura en Copiapó templada dura 3,1 meses, del 15 de diciembre al 19 de marzo y la temperatura promedio máxima diaria es más de 26 °C, el mes más cálido es en enero con una temperatura promedio de 27 °C y una mínima de 17 °C. Por lo general todo el año mantiene temperaturas templadas en su tiempo fresco dura aproximadamente 3,4 meses a mediados de mayo al 1 de septiembre la temperatura máxima es menos de 22 °C con una mínima en su racha aproximadamente de 10 °C.

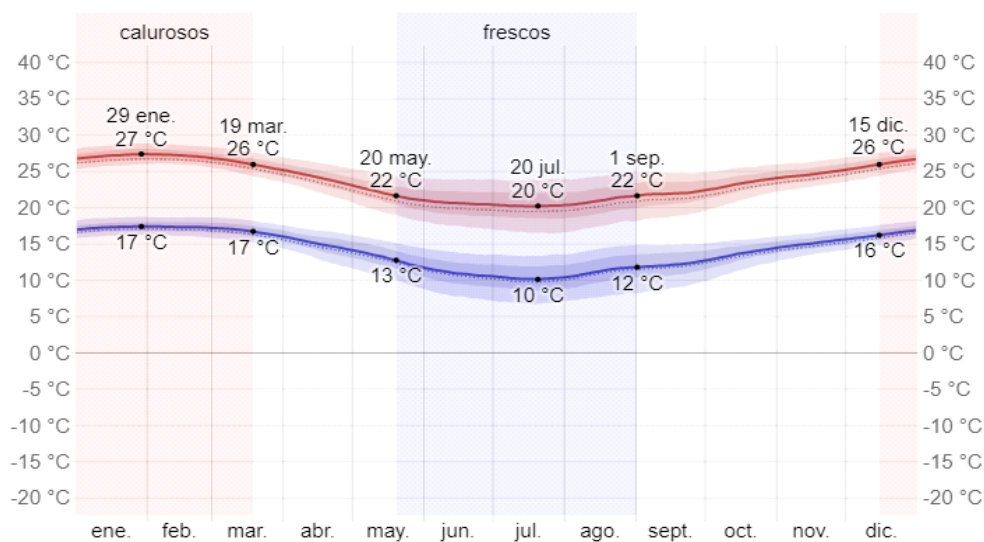


Figura.Nº9 - índice anual temperatura en Copiapó.

3.7 Radiación

Promedio diario tomada por detectores de radiación dentro del perímetro de Plaza Venancio Díaz:



Figura N°3.1.6 – Tabla de medición con color de kWh / m2 /dia

Fuente: solar.minenergia.cl



Figura N°3.1.6 – Nivel de radiación con indicador de color entre 6.0 y 7.5.

Fuente: solar.minenergia.cl

3.7.1 Nivel máximo de radiación solar

La tabla visualiza máximo de radiación solar global en Plaza Venancio Díaz.

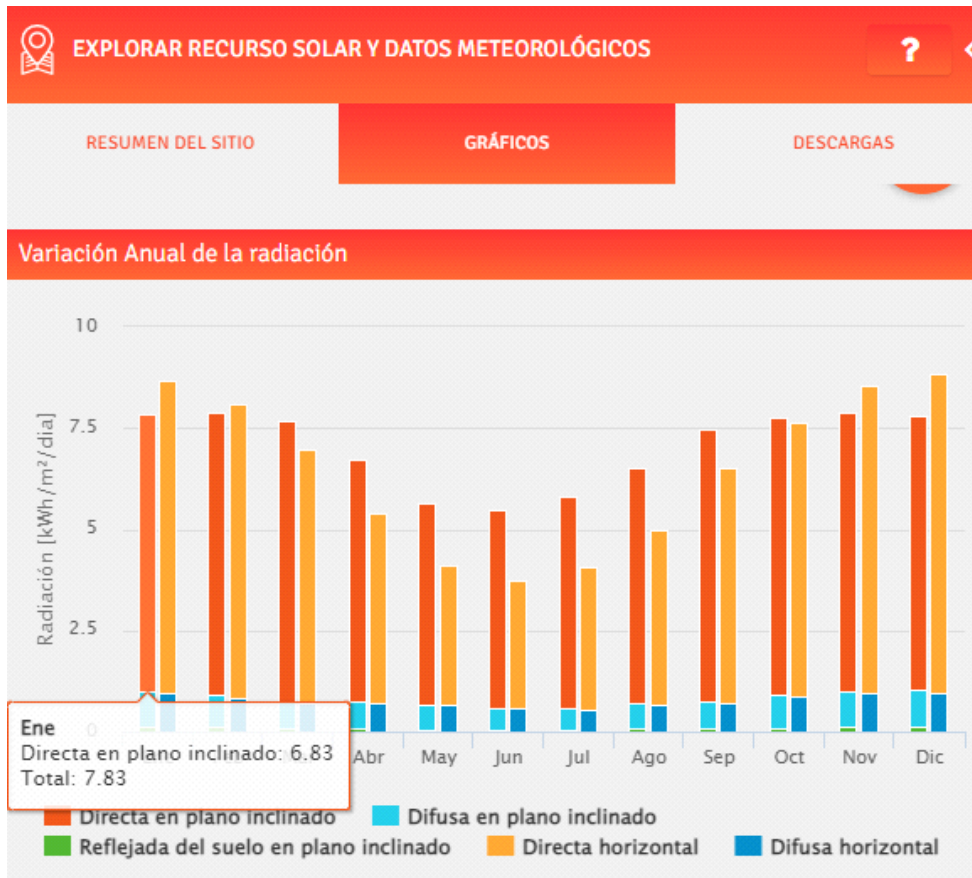


Figura N°3.1.7 – Peak de radiación 7.83 en el mes de Enero.

Fuente: solar.minenergia.cl

3.7.2 Nivel mínimo de radiación solar

La tabla visualiza mínimo de radiación solar global en Plaza Venancio Díaz.



Figura N°3.1.8 – Índice de radiación menor con un 5.48 en el mes de Junio.

Fuente: solar.minenergia.cl

CAPITULO IV

DEMANDA DE ENERGÍA ACTUAL Y POR SUMINISTRAR

4.1.- Consumo actual:

En la actualidad, la Plaza Venancio Díaz mantienen un alto consumo eléctrico mensual, según siguiente detalle:

Detalle de mi cuenta

| | | |
|---|-----------|------------------|
| Servicio Eléctrico | | |
| Administración del servicio | \$ | 1.047 |
| Transporte de electricidad | \$ | 153.303 |
| Electricidad consumida (5.744 kWh) | \$ | 465.524 |
| Cargo por potencia presente en punta (46,7 kW) | \$ | 411.508 |
| Recargo por lectura en baja tensión de consumos de clientes de alta tensión | \$ | 30.696 |
| Otros Cargos | | |
| Ajuste para facilitar el pago en efectivo, mes anterior | \$ | 91 |
| Ajuste para facilitar el pago en efectivo, mes actual | \$ | - 69 |
| <hr/> | | |
| Total exento | \$ | 2.918 |
| Total neto | \$ | 890.050 |
| 19% IVA | \$ | 169.110 |
| Total boleta | \$ | 1.062.078 |
| Otros | \$ | 22 |
| Saldo anterior | \$ | 0 |
| Total a pagar | \$ | 1.062.100 |

Cliente suscrito a envío electrónico

Valores con IVA incluido/tarifas fijadas según decreto N°11T/2016. (Publicado en diario oficial el 24-08-2017)

4.2.- Consumo por suministrar:

Se realiza caculo de consumo general, donde se consideran 12 focos LED de alumbrado público, los que entregarán iluminación durante la noche, por lo tanto, se proyecta a 12 horas. Respecto a la cantidad de enchufes disponibles, se consideran 4 unidades. Para el cálculo se procede a estimar la entrega de energía mínima para la carga de 4 celulares, y luego la estimación de energía máxima, con ejemplo del consumo de energía para un cargador de notebook. Posteriormente totalizamos los consumos y obtenemos el máximo de energía a suministrar.

4.2.1.- Tabla de consumo:

| Artefacto | Cantidad | Potencia | Potencia total | Horas | Wh/D |
|-----------------------------|----------|----------|----------------|-------|------------|
| Cargador celular | 04 | 50W | 200w | 12hrs | 2.400wh/d |
| Foco tipo alumbrado público | 12 | 84W | 1008W | 12hrs | 12.096wh/d |
| Cargador de notebook gamer | 04 | 80W | 480W | 12hrs | 5.760wh/d |
| TOTAL | | | 1,688W | | 20.256wh/d |

Tabla 1.- Tabla de consumo proyecto.

W: watt

WH/D: watt hora día

4.2.2.- Cargadores:

Cargador Laptop 16v 4.5a 72w Cf-y4 Panasonic Toughbook



Conector 5.5mm X 2.5mm




Imágen N° X – Imágenes referenciales de cargadores. A mano izquierda cargador de computador de 72W, a mano derecha cargador rápido de celular de 45W.

4.3 Cálculo de Paneles

4.3.1 Panel seleccionado

El panel seleccionado para desarrollar el proyecto es el Panel fotovoltaico Sine Energy 340 Watt, Poly 72 celdas.



Poly-crystalline Series 320W-350W







SN(320W-350W)-72P

MODULE DATASHEET

Company Introduction

Anhui Sine New Energy Co., Ltd, established in 2020, is a high-tech enterprise specialized in developing, designing and producing solar modules, we produce various kinds of solar modules with the following types of solar cell: 156.75mm*156.75mm, 158.7mm*158.75mm, 166mm*166mm, 182mm*182mm, 210mm*210mm. The power of our solar modules ranges from 270W poly to 590W mono half-cell, and all the modules is IEC 61215, IEC 61730, CE, CB and PID free certified.

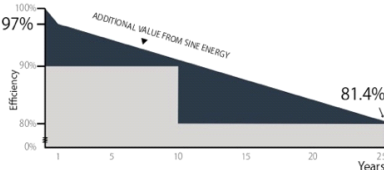
Key Features

-  High conversion efficiency due to top quality wafers and advanced cells technology.
-  Selected encapsulating materials and stringent production process control ensures highly PID resistant.
-  Excellently withstanding harsh environments, such as salt mist, sand mist as well as ammonia etc.
-  Optimized system performance due to module level current sorting and 100% two times EL.
-  Special cell process ensures good performance under low irradiance conditions.
-  Highly transparent self-cleaning glass brings additional yield and easy maintenance.

Why Sine Energy

- Variety kinds of modules to meet the diversified needs of our clients and the projects
- High automatic production lines and advanced technology enables us to produce modules with consistent quality
- Stringent supplier audit and control as well as the BOM quality test.
- Automatic materials filtration and sorting plus spot check every batch as well as 100% two times EL test
- One stop solution to all the solar needs of our clients.
- Strong enterprise management system and reliable professional customer service.

Warranty



10 YEARS Guarantee on product material and workmanship

25 YEARS Linear power output warranty

97% Efficiency at Year 1

81.4% Efficiency at Year 25

ADDITIONAL VALUE FROM SINE ENERGY

100% 90% 80% 0% Efficiency

1 5 10 15 20 25 Years

TVS Rheinland IEC CE CB PID ISO

Anhui Sine New Energy Co.,Ltd www.sine-energy.com E-mail: info@sine-energy.com Tel: 86- 551- 62865636

Figura N°4.3.1 – Ficha técnica panel solar.

Fuente: www.esol.cl

SN(320W-350W)-72P



Electrical Specification (STC*)

| | | | | | | | |
|----------------------------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Maximum Power -Pmax(W) : | 320W | 325W | 330W | 335W | 340W | 345W | 350W |
| Maximum Power Voltage-Vmp(V): | 37.81 | 38.06 | 38.33 | 38.62 | 38.91 | 39.18 | 39.45 |
| Maximum Power Current-Imp(A): | 8.46 | 8.54 | 8.61 | 8.68 | 8.74 | 8.81 | 8.87 |
| Open Circuit Voltage -Voc(V): | 45.86 | 46.04 | 46.36 | 46.43 | 46.73 | 46.98 | 47.23 |
| Short Circuit Current-Isc(A): | 8.92 | 9.04 | 9.11 | 9.26 | 9.31 | 9.39 | 9.48 |
| Module Efficiency - η m(%): | 16.49 | 16.75 | 17.00 | 17.26 | 17.52 | 17.78 | 18.08 |
| Power Output Tolerance (W): | 0 \rightarrow 5W | | | | | | |

STC Irradiance:1000W/m², Module Temperature:25°C,Air Mass:1.5

Electrical Specification (NOCT*)

| | | | | | | | |
|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Maximum Power -Pmax(W) : | 239W | 242W | 246W | 250W | 253W | 256W | 260W |
| Maximum Power Voltage-Vmp(V): | 34.71 | 34.94 | 35.17 | 35.40 | 35.63 | 35.86 | 36.09 |
| Maximum Power Current-Imp(A): | 6.89 | 6.93 | 6.99 | 7.05 | 7.11 | 7.14 | 7.20 |
| Open Circuit Voltage -Voc(V): | 43.07 | 43.24 | 43.41 | 43.58 | 43.62 | 43.79 | 43.97 |
| Short Circuit Current-Isc(A): | 7.31 | 7.37 | 7.42 | 7.48 | 7.54 | 7.60 | 7.68 |

NOCT Irradiance:800W/m², Ambient Temperature:20°C,Air Mass:1.5,Wind Speed:1m/s

Mechanical Specifications:

| | |
|-------------------|---|
| Solar Cell Type: | Poly-crystalline 156.75x156.75mm |
| Number of Cells: | 72pcs (12x6) |
| Module Size: | 1956*992*40mm |
| Weight: | 22kg |
| Glass: | High transparency self-cleaning solar glass 3.2mm |
| Back Sheet: | White TPT |
| Frame: | Silver Anodized Aluminium Alloy |
| Junction Box: | 1P67 |
| Number of Diodes: | 3pcs |
| Cable: | 4.0mm ² 900mm |
| Connector: | MC4 Compatible |
| Wind/Snow Load: | 2400pa/5400pa |

Temperature Coefficient:

| | |
|------------------------------------|--------------|
| Nominal Operating Cell Temp(NOCT): | 45 \pm 2°C |
| Temperature Coefficient of ISC: | 0.060%/°C |
| Temperature Coefficient of VOC: | -0.30%/°C |
| Temperature Coefficient of Pmax: | -0.39%/°C |

Maximum Ratings

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

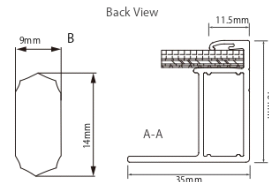
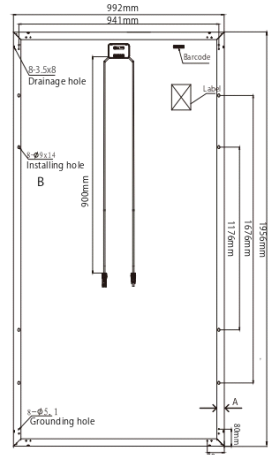
Optional:

| | |
|------------|--------------------------------|
| Connector: | MC4 Original |
| Backsheet: | Black/Transparent TPT |
| Frame: | Black Anodized Aluminium Alloy |

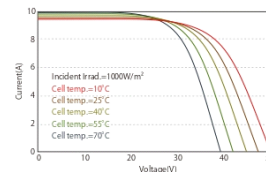
Packaging Information:

| | |
|------------------|--------|
| Number per Box: | 27PCS |
| Number per 20GP: | 270PCS |
| Number per 40GP: | 648PCS |
| Number per 40HC: | 712PCS |

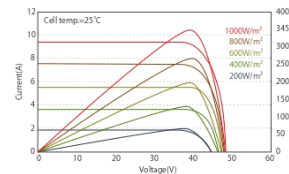
Engineering Drawings



U-I Curve at Different Temperature(350W)



U-I/P-U Curve at Different Irradiation(350W)



CAUTION:READ INSTALLATION MANUAL BEFORE USING THE PRODUCT

Sine Energy reserve the right to change specifications without notification.

Anhui Sine New Energy Co.,Ltd

www.sine-energy.com

E-mail: info@sine-energy.com

Tel: 86- 551- 62865636

Figura N°4.3.2 – Ficha técnica panel solar.

Fuente: www.esol.cl

4.3.2 Cantidad de paneles a utilizar

A continuación, realizaremos el cálculo de paneles a utilizar con el dimensionamiento off grid:

$$\text{Cantidad de Paneles} = \frac{\left(\frac{1,2 \times \text{wh}}{\text{Radiación}} \right)}{\text{watt paneles}}$$

$$\text{Cantidad de Paneles} = \frac{\left(\frac{1,2 \times 20,256}{5,48} \right)}{340\text{w}}$$

$$\text{Cantidad de Paneles} = 13,0459$$

Se realiza aproximación, por lo tanto, la cantidad de paneles a utilizar son 14 unidades en serie de 340w.

4.3.2 Inversor a utilizar

Se realiza la suma la potencia total de los artefactos a energizar. En el caso del cálculo realizado previamente obtenemos 1,688W. A ese valor se realiza una aproximación superior que lo cubra, por lo tanto, se necesita un inversor de 2000w. El inversor seleccionado es el Inversor EpSolar Onda sinusoidal Pura 2000 Watt/24V.



Figura N°4.3.2 – Imagen inversor.

Fuente: www.esol.cl



Pure Sine Wave Inverter

SHI series



SHI series is a pure sine wave inverter which can convert 12/24/48Vdc to 220/230Vac 50/60Hz based on full digital and intelligent design. It features high reliability, high efficiency, concise outline, small volume, easy installation and operation. The inverter can be applied in many fields, such as household appliances, electric tools and industrial devices etc, especially for solar photovoltaic power system.

Features:

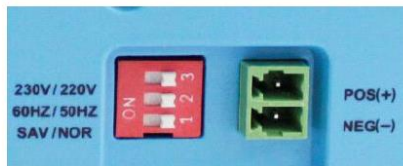
- ◆ Input & output fully isolation
- ◆ Adoption of advanced SPWM technology, pure sine wave output
- ◆ Dynamic current loop control technology to ensure inverter reliable operation
- ◆ Wide DC input voltage range
- ◆ The output voltage and frequency can be switched
- ◆ Low output harmonic distortion (THD \leq 3%)
- ◆ LED indicators for input voltage range, load power range, normal output & failure state
- ◆ Optional energy saving mode
- ◆ Wide working temperature range (industrial level)
- ◆ Continuous operation at full power



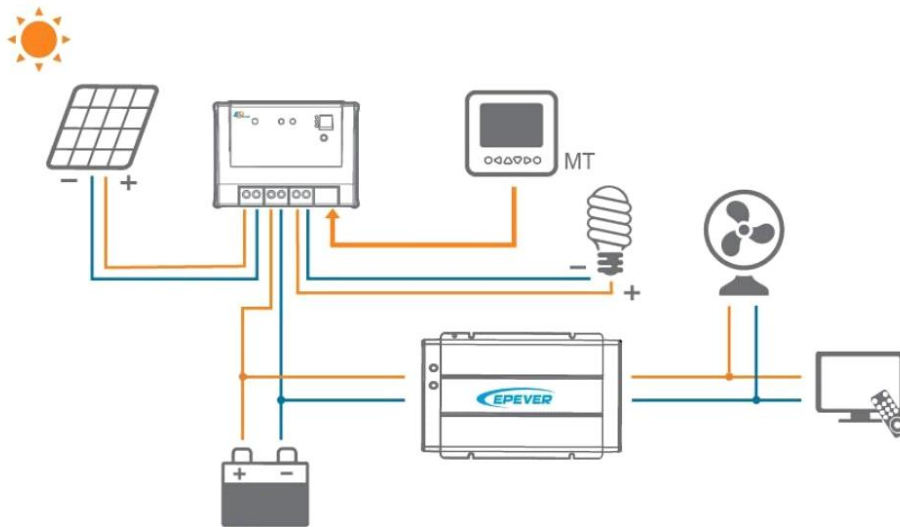


Electronic protections:

- ◆ Output short circuit protection
- ◆ Input over voltage protection
- ◆ Overload protection
- ◆ Overheating protection
- ◆ Input low voltage protection
- ◆ Inverter abnormal protection



Mode Switch & Switch Node



www.epsolarpv.com



Technical specifications:

| Types | SHI400-12 | SHI400-22 | SHI600-12 | SHI600-22 | SHI1000-22 | SHI1000-42 |
|---------------------------|--|------------|-------------------|------------|-------------------|------------|
| Nominal Battery Voltage | 12V | 24V | 12V | 24V | 24V | 48V |
| Input Voltage Range | 10.8~16Vdc | 21.6~32Vdc | 10.8~16Vdc | 21.6~32Vdc | 21.6~32Vdc | 43.2~64Vdc |
| No Load Current | ≤0.8A | ≤0.45A | ≤0.7A | ≤0.45A | ≤0.45A | ≤0.35A |
| Output Wave | Pure Sine Wave | | | | | |
| Output Voltage | 220Vac±3% / 230Vac±10% | | | | | |
| Continuous Power | 400W | | 600W | | 1000W | |
| Power 10 sec | 600W | | 900W | | 1500W | |
| Power 1.5 sec | 800W | | 1200W | | 2000W | |
| Surge Power | 900W | | 1350W | | 2250W | |
| Frequency | 50/60Hz±0.2% | | | | | |
| Distortion THD | ≤3% (resistive load) | | | | | |
| Efficiency at Rated Power | ≥91% | ≥92% | ≥91% | ≥92% | ≥93% | ≥93.5% |
| Max. Efficiency | ≥92% | ≥93% | ≥93% | ≥94% | ≥94% | ≥94% |
| Terminal | 16mm ² | | 25mm ² | | 25mm ² | |
| Dimensions | 280×166×74.3mm | | 295×186×82mm | | 295×208×98mm | |
| Installation | 150×158mm | | 150×178mm | | 150×200mm | |
| Hole Size | Φ5mm | | Φ6mm | | Φ6mm | |
| Net Weight | 1.8kg | | 2.3kg | | 3.3kg | |
| Working Temperature | -20℃~ +50℃ | | | | | |
| Storage Temperature | -35℃~ +70℃ | | | | | |
| Humidity | < 95% (N.C.) | | | | | |
| Altitude | < 5000m(Derating to operate according to IEC62040 at a height exceeding 1000m) | | | | | |

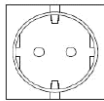


| Types | SHI2000-22 | SHI2000-42 | SHI3000-22 | SHI3000-42 |
|---------------------------|--|-------------|-------------------|-------------|
| Nominal Battery Voltage | 24V | 48V | 24V | 48V |
| Input Voltage Range | 21.6 ~32Vdc | 43.2 ~64Vdc | 21.6 ~32Vdc | 43.2 ~64Vdc |
| No Load Current | ≤0.7A | ≤0.7A | ≤1.2A | ≤1.0A |
| Output Wave | Pure Sine Wave | | | |
| Output Voltage | 220Vac ± 3% / 230Vac ± 10% | | | |
| Continuous Power | 2000W | | 3000W | |
| Power 10 sec | 3000W | | 4500W | |
| Power 1.5 sec | 4000W | | 6000W | |
| Surge Power | 4600W | | 6900W | |
| Frequency | 50/60Hz ± 0.2% | | | |
| Distortion THD | ≤ 3% (resistive load) | | | |
| Efficiency at Rated Power | ≥93% | ≥94% | ≥93% | ≥94% |
| Max. Efficiency | ≥95% | ≥95% | ≥95% | ≥95% |
| Terminal | 50mm ² | | 50mm ² | |
| Dimensions | 436×249×116mm | | 507×249×116mm | |
| Installation | 236×220mm | | 236×270mm | |
| Hole Size | Φ6mm | | Φ6mm | |
| Net Weight | 6.0kg | | 7.5kg | |
| Working Temperature | -20℃ ~ +50℃ | | | |
| Storage Temperature | -35℃ ~ +70℃ | | | |
| Humidity | < 95% (N.C.) | | | |
| Altitude | < 5000m(Derating to operate according to IEC62040 at a height exceeding 1000m) | | | |

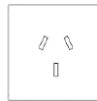
Output socket (option) :



Universal



European

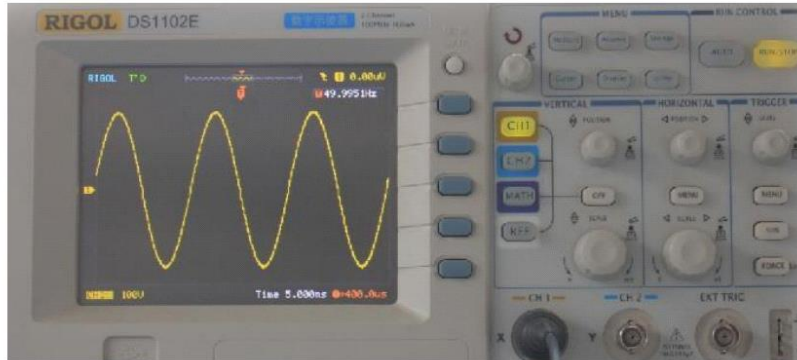


Australia/New Zealand

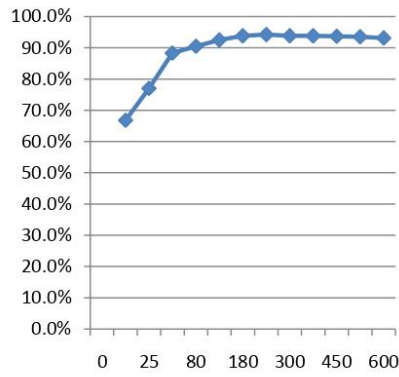
www.epsolarpv.com



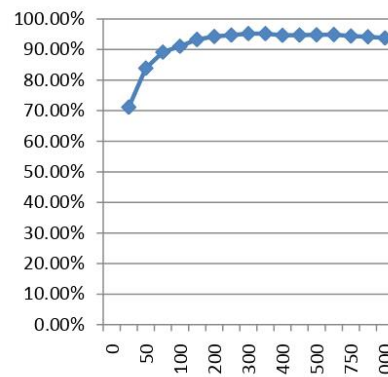
Wave Form:



Efficiency Curve :



SHI600-22 (24V)



SHI1000-22 (24V)



BEIJING EPSOLAR TECHNOLOGY CO.,LTD.
 Add: BLDG #18, CO.PARK ,NO.8 HEYING ROAD,CHANGPING DISTRICT, BEIJING, CHINA
 Tel: 010-82894962 / 82894112
 Fax: 010-82894882
 E-mail: info@epsolarpv.com
 Website: www.epsolarpv.com, www.epever.com



4.3.3 Batería a utilizar

Se realiza fórmula para cálculo de baterías, y luego se aproxima a un numero entero superior.

$$\text{Cantidad de Baterías} = \left(\frac{\text{consumo}}{\text{Rendimiento de batería} \times \text{Voltaje de Batería}} \right)$$

$$\text{Cantidad de Baterías} = \left(\frac{20.256}{0,75 \times 12} \right) = 2250,6$$

$$\text{Cantidad de Baterías} = \left(\frac{2250,6}{\text{amperaje de batería}} \right) = \frac{2250,6}{250} = 9,002$$

Total de baterías necesarias; 10 unidades de 250 A.



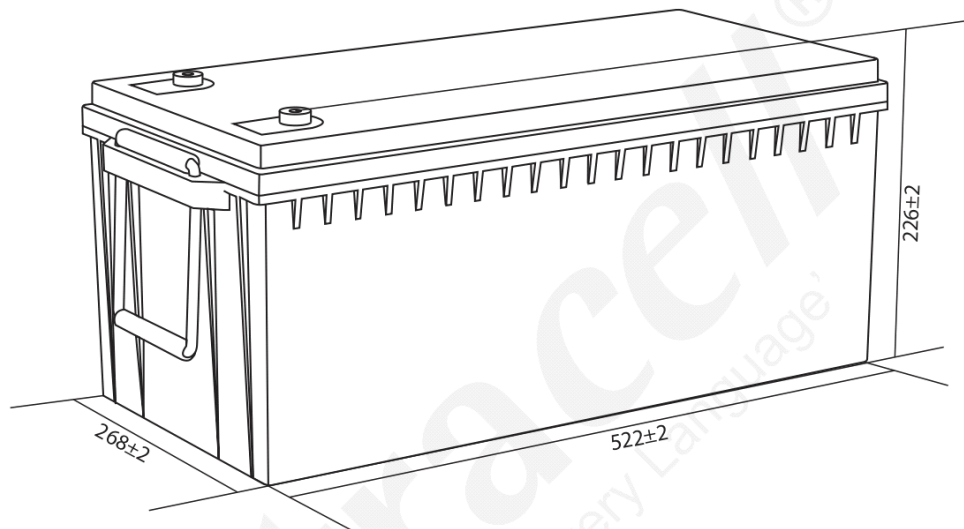
Figura N°4.3.3 – Batería Ultracell AGM Ciclo Profundo 250AH-12V

Fuente: www.esol.cl

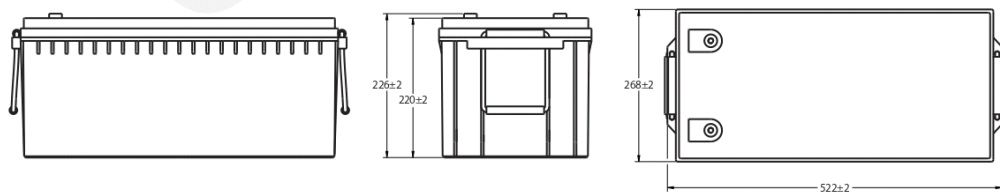
Ultracell®

'Quality in Every Language'

UC250-12E
 12V 250Ah (C₁₀)
 12V 288Ah (C₁₀₀)
 Deep Cycle Series



Technical Dimensions (mm)



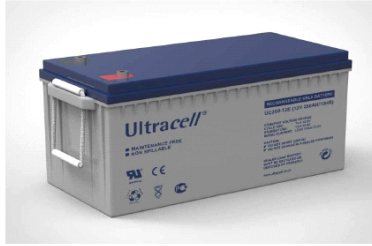
1

Ultracell (UK) Ltd | Vesty Business Park, Vesty Road, Liverpool, L30 1NY, United Kingdom
 Tel: +44 (0) 151 523 2777 | Fax: +44 (0) 151 523 0855 | Email: info@ultracell.co.uk
 www.ultracell.co.uk

UC-V01-REV1 09/20
 ALL DATA IS SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE

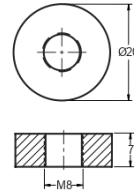


Image



Terminal Dimensions (mm)

Standard Terminal: F11



Technical Specification

| | | |
|-------------------------------------|--|--|
| Output | Nominal Voltage Nominal Capacity (10HR) | 12V 250Ah |
| Terminal Type | Standard Terminal | F11 |
| Container Material | Standard Option Flame Retardant Option (FR) | ABS ABS (UL94:VO) |
| Rated Capacity | (20HR 1.80V/cell, 25°C) (10HR 1.80V/cell, 25°C) (5HR 1.75V/cell, 25°C) (3HR 1.75V/cell, 25°C) (1HR 1.60V/cell, 25°C) | 262.0 Ah/13.1A 250.0 Ah/25.0A 227.5 Ah/45.5A 207.3 Ah/69.1A 159.4 Ah/159.4A |
| Max Discharge Current | 2500A (5s) | |
| Internal Resistance | Approx 2.5mΩ | |
| Discharge Characteristics | Operating Temp Range | Discharge: -15 ~ 50°C Charge: 0 ~ 40°C Storage: -15 ~ 40°C |
| | Nominal Operating Temp Range | 25 ± 3°C |
| | Cycle Use | Initial Charging Current less than 75A. Voltage 14.4V ~ 15.0V @ 25°C Temp. Coefficient -30mV/°C |
| | Standby Use | No limit on initial charging current. Voltage 13.5V ~ 13.8V @ 25°C Temp. Coefficient -20mV/°C |
| | Capacity affected by Temperature | 40°C 103% 25°C 100% 0°C 86% |
| Design Floating Life at 20°C | 8 Years | |

Self Discharge

Ultracell® UC batteries may be stored for up to 6 months at 25°C and then a refresh charge is required. For higher temperatures the time intervals will be shorter.

Constant Current Discharge / Constant Power Discharge At 25°C (Amperes & Watts/Cell)

A = Amperes W = Watts

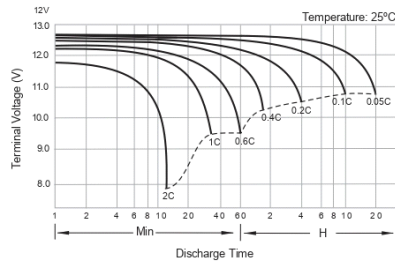
| F.V/TIME | 10 min | | 15 min | | 20 min | | 30 min | | 45 min | | 60 min | | 90 min | | 2 hours | | 3 hours | | 4 hours | | 5 hours | | 6 hours | | 8 hours | | 10 hours | | 20 hours | |
|------------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|------|----------|------|----------|------|
| | A | W | A | W | A | W | A | W | A | W | A | W | A | W | A | W | A | W | A | W | A | W | A | W | A | W | A | W | A | W |
| 1.85V/cell | 362.5 | 320.7 | 252.2 | 225.5 | 164.9 | 139.7 | 101.2 | 85.1 | 62.4 | 49.0 | 42.5 | 37.5 | 28.8 | 23.9 | 12.7 | 668.0 | 607.2 | 479.7 | 430.9 | 317.0 | 270.1 | 196.3 | 165.5 | 122.0 | 96.1 | 83.7 | 74.0 | 57.2 | 47.5 | 25.2 |
| 1.80V/cell | 411.4 | 363.4 | 285.1 | 245.5 | 174.7 | 144.7 | 104.7 | 87.9 | 67.8 | 52.3 | 44.7 | 40.3 | 30.3 | 25.0 | 13.1 | 747.2 | 679.2 | 536.5 | 465.4 | 333.7 | 278.3 | 202.0 | 170.1 | 131.8 | 102.2 | 87.7 | 79.2 | 60.0 | 49.6 | 26.1 |
| 1.75V/cell | 446.2 | 393.4 | 307.8 | 250.5 | 181.0 | 151.8 | 110.0 | 92.5 | 69.1 | 53.3 | 45.5 | 40.6 | 30.5 | 25.3 | 13.3 | 797.5 | 724.9 | 572.6 | 471.3 | 343.7 | 290.7 | 211.4 | 178.3 | 134.0 | 103.7 | 88.9 | 79.6 | 60.1 | 50.1 | 26.3 |
| 1.70V/cell | 475.7 | 417.8 | 326.4 | 255.5 | 184.6 | 154.8 | 112.2 | 94.4 | 70.4 | 54.2 | 46.3 | 40.8 | 30.9 | 25.5 | 13.4 | 838.4 | 762.0 | 602.0 | 476.7 | 348.1 | 294.9 | 214.6 | 181.2 | 136.1 | 105.2 | 90.1 | 79.9 | 61.0 | 50.5 | 26.6 |
| 1.67V/cell | 490.8 | 430.0 | 335.3 | 259.3 | 187.3 | 157.1 | 113.9 | 95.7 | 71.1 | 55.0 | 47.2 | 41.0 | 31.4 | 25.8 | 13.6 | 852.0 | 774.4 | 611.8 | 480.1 | 351.3 | 297.6 | 216.7 | 183.0 | 136.8 | 106.4 | 91.7 | 80.0 | 61.7 | 51.1 | 26.9 |
| 1.60V/cell | 507.6 | 443.4 | 343.9 | 263.0 | 190.1 | 159.4 | 115.5 | 97.1 | 71.7 | 55.7 | 47.9 | 41.3 | 31.8 | 26.1 | 13.7 | 863.9 | 785.3 | 620.4 | 482.1 | 353.0 | 299.8 | 218.4 | 184.5 | 137.3 | 107.2 | 92.6 | 80.3 | 62.4 | 51.6 | 27.1 |

Ultracell (UK) Ltd | Vesty Business Park, Vesty Road, Liverpool, L30 1NY, United Kingdom
Tel: +44 (0) 151 523 2777 | Fax: +44 (0) 151 523 0855 | Email: info@ultracell.co.uk
www.ultracell.co.uk

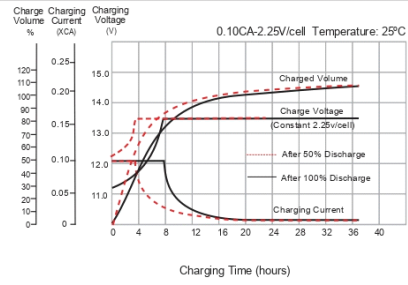
ALL DATA IS SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE UC-V5 REV11 09/20



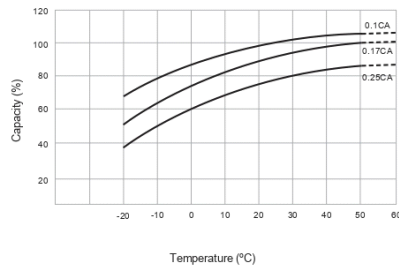
Discharge Characteristics



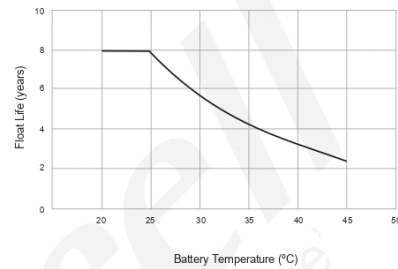
Float Charging Characteristics



Temperature Effects in Relation to Battery Capacity



Effects of Temperature on Long Term Float Life



4.3.4 Controlador de carga

Se realiza fórmula para cálculo de controlador de carga:

Capacidad del controlador de carga = Amperaje de paneles x cantidad de paneles

Capacidad del controlador de carga = $8,74 \times 14$

Capacidad del controlador de carga = 122,36 (A)

El resultado se divide con los 100(A) del controlador

Capacidad del controlador de carga = $122,36/100$

Capacidad del controlador de carga = 1,223

El resultado se aproxima a un número entero mayor, dando como resultado 2 controladores de carga de 100 (A).



Figura N°4.3.4 – Regulador de Carga EpSolar MPPT Tracer Serie AN 100A

12/24/36/48 V

Fuente: www.esol.cl

Tracer-AN series MPPT Solar Charge Controller (50A-100A)



Product models

Tracer5210AN/Tracer6210AN
Tracer5415AN/Tracer6415AN
Tracer8415AN/Tracer10415AN
Tracer5420AN/Tracer6420AN
Tracer8420AN/Tracer10420AN

Overview

Tracer AN series controller, based on multiphase synchronous rectification technology (MSRT) and advanced MPPT control algorithm, with dual-core processor architecture and common negative design, has the features of high response speed, high reliability, and high industrial standard. MSRT can guarantee very high conversion efficiency in any charge power, which sharply improves the energy efficiency of solar system; Advanced MPPT control algorithm minimize the maximum power point loss rate and loss time, to ensure the tracking efficiency, corresponding speed as well as high conversion efficiency under high or low power, so that in any situation, Tracer AN products can rapidly track the maximum power point (MPP) of PV array to obtain the maximum energy of the panel. The limitation function of the charging power and current and automatic power reduction function fully ensure the stability when works with oversize PV modules and operate under high temperature environment. With the adaptive three-stage charging mode based on digital control circuit, Tracer AN series controllers can effectively prolong the life-cycle of battery and significantly improve the system performance. The load, utility or generator auto-control relays make it easy to compose the hybrid power system. All-around electronic protections, including overcharging, over discharging, and PV reverse polarity protection, effectively ensure the safer and more reliable operation of the solar system for a longer service time. The isolated RS485 interface with standard MODBUS communication protocol and 5V power supply makes it easy for customer to expand the application, Support up to 8 charging in parallel to expand system and meet with different monitoring requirements, so that can be widely used for various applications, e.g. solar RV, household system and field monitoring, etc.

EPEVER®

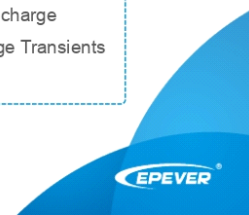
Product Features

- CE certification(LVD EN/IEC62109,EMC EN61000-6-1/3)
- High quality & low failure rate components of ST and Infineon to ensure the product's life
- Advanced MPPT technology & ultra-fast tracking speed is up to 99.5% guaranteed
- Maximum DC/DC transfer efficiency is as high as 98.7%
- Advanced MPPT control algorithm will minimize the MPP loss rate and loss time
- The accuracy of the recognition and tracking at the highest point of multiple-peaks MPP
- The wider range of MPP operating voltage.
- Auto control system to limit the charging power & current go over the rated value.
- Support 4 charging options: Sealed, Gel, Flooded and User.
- Battery temperature compensation function
- Real-time energy recording and statistical function
- Automatic over-temperature power reduction function
- Hundred percent full load operation in working environment temperature range within charging & discharging

- Support up to 8 units in parallel to expand system
- Load relay control external load switch signal to realize diversified load work modes
- The first and the second disconnection of load control, contain two relay's contact.
- Auto-control of utility and generator relay design
- Utility or generator auto-control relays make it easy to compose the hybrid power system
- The remote temperature and the voltage sensor design will collect accurate data of battery temperature and voltage
- Isolated RS-485 with 5VDC/200mA to protect output for no power devices with MODBUS protocol
- To monitor or set the parameters by using the phone Apps or PC software.

Protection

- | | | |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------|
| • PV Over Current/power | • PV Short Circuit | • PV Reverse Polarity |
| • Night Reverse Charging | • Battery Over Voltage | • Battery Over Discharge |
| • Battery Overheating | • Controller Overheating | • TVS High Voltage Transients |



Accessories



Remote Meter(MT50)
Set the controller parameter via the LCD display



Data logger (eLOG01)
Real-time parameter recording of the product through the RS485 communication mode



Bluetooth adapter (Box-BLE-01)
with 2m communication cable (for the controller with RS485 port)



WIFI adapter (eBox-WIFI-01)
with 2m communication cable (for the controller with RS485 port)



Remote temperature sensor RTS300R47K3.81A
(3m)



Communication cable CC-USB-RS485-150U
USB to RS485 PC communication cable (1.5m)



PT Adapter PT-ADP
Manage to work and communicate with the 2 to 8 pcs controllers in parallel



Technical specifications

| Item | Tracer5210AN | Tracer6210AN | Tracer5415AN | Tracer6415AN | Tracer8415AN |
|------------------------------------|---|---|---|---|--|
| Nominal System Voltage | 12/24VDC or Auto | | 12/24/36/48VDC or Auto | | |
| Battery Input Voltage Range | 8V~32V | | 8V~68V | | |
| Battery Type | Sealed/Gel/Flooded/User | | | | |
| Battery fuse | 80A/58V | | | | 150A/58V |
| Rated charge current | 50A | 60A | 50A | 60A | 80A |
| Rated charge Power | 625W/12V 1250W/24V 1875W/36V 2500W/48V | 750W/12V 1500W/24V 2250W/36V 3000W/48V | 625W/12V 1250W/24V 1875W/36V 2500W/48V | 750W/12V 1500W/24V 2250W/36V 3000W/48V | 1000W/12V 2000W/24V 3000W/36V 4000W/48V |
| Max. PV open circuit voltage | 100V ^① 92V ^② | | 150V ^① 138V ^② | | |
| MPP Voltage Range | (Battery Voltage+2V) ~72V ^③ | | (Battery Voltage +2V) ~108V ^③ | | |
| Tracking efficiency | ≥99.5% | | | | |
| Conversion efficiency | ≤98.7% | | | | |
| Temperature compensate coefficient | -3mV/°C/2V(Default) | | | | |
| Self-consumption | 98mA/12V;60mA/24V;50mA/36V;46mA/48V | | | | |
| Grounding | Common negative | | | | |
| Relay | Rated Value:5A/30VDC; Max. Value:0.5A/60VDC | | | | |
| RS485 interface | RS485(RJ45) | | | | |
| LCD backlight time | 60S(Default) | | | | |
| Item | Tracer10415AN | Tracer5420AN | Tracer6420AN | Tracer8420AN | Tracer10420AN |
| Nominal System Voltage | 12/24/36/48VDC or Auto | | | | |
| Battery Input Voltage Range | 8V~68V | | | | |
| Battery Type | Sealed/Gel/Flooded/User | | | | |
| Battery fuse | 150A/58V | 80A/58V | | 150A/58V | |
| Rated charge current | 100A | 50A | 60A | 80A | 100A |



| | | | | | |
|------------------------------------|--|---|---|--|---|
| Rated charge Power | 1250W/12V 2500W/24V 3750W/36V 5000W/48V | 625W/12V 1250W/24V 1875W/36V 2500W/48V | 750W/12V 1500W/24V 2250W/36V 3000W/48V | 1000W/12V 2000W/24V 3000W/36V 4000W/48V | 250W/12V 2500W/24V 3750W/36V 5000W/48V |
| Max. PV open circuit voltage | 150V ^① 138V ^② | 200V ^① 180V ^② | | | |
| MPP Voltage Range | (Battery Voltage +2V) ~108V ^③ | (Battery Voltage+2V) ~144V ^③ | | | |
| Tracking efficiency | ≥99.5% | | | | |
| Conversion efficiency | ≤98.7% | | | | |
| Temperature compensate coefficient | -3mV/°C/2V(Default) | | | | |
| Self-consumption | 98mA/12V;60mA/24V;50mA/36V;46mA/48V | | | | |
| Grounding | Common negative | | | | |
| Relay | Rated Value:5A/30VDC; Max. Value:0.5A/60VDC | | | | |
| RS485 interface | RS485(RJ45) | | | | |
| LCD backlight time | 60S(Default) | | | | |

①At minimum operating environment temperature;

②At 25°C environment temperature

③The maximum PV open circuit voltage must never exceed 138V or 180V at 25°C environment temperature.

Environmental Parameters

| | |
|---------------------------|-------------|
| Ambient temperature range | -25°C~+45°C |
| LCD temperature range | -20°C~+70°C |
| Storage temperature range | -30°C~+85°C |
| Humidity | ≤95%, N.C. |
| Enclosure | IP20 |



Mechanical Parameters

| Item | Tracer5210/5415/5420AN | Tracer6210/6415/6420AN |
|--------------------|--------------------------|--------------------------|
| Dimension | 261×216×119mm | 340×236×119mm |
| Mounting dimension | 180×204mm | 260×224mm |
| Mounting hole size | Φ7 | |
| Terminal | 6AWG(16mm ²) | 2AWG(35mm ²) |
| Recommended cable | 6AWG(16mm ²) | 16mm ² (5AWG) |
| Weight | 3.5kg | 4.5kg |

| Item | Tracer8415/8420AN | Tracer10415/10420AN |
|--------------------|--------------------------|--------------------------|
| Dimension | 394×240×134mm | 394×242×143mm |
| Mounting dimension | 300×228mm | 300×230mm |
| Mounting hole size | Φ7 | |
| Terminal | 2AWG(35mm ²) | |
| Recommended cable | 25mm ² (4AWG) | 35mm ² (2AWG) |
| Weight | 6.1kg | 7.4kg |

BEIJING EPSOLAR TECHNOLOGY CO.,LTD.
 BLDG#18,CO.PARK,NO.8 HEYING ROAD,
 CHANGPING DISTRICT,BEIJING,CHINA 102200
 Tel: 010-82894856 / 82894896
 Fax: 010-82894882
 www.epever.com.



4.4 Dimensionamiento On Grid

Energía consumida (EC) considerando el resultado de la tabla de consumo lo cual se genera un cálculo promedio anual, se considera para un resultado óptimo desde un 70% a 100% del consumo anual.

$$\begin{aligned} \text{Consumo total wh/d: } & 18,120\text{wh/D} * 12 \text{ meses} = 217,44 \\ \text{Consideraremos trabajar al 70\%} & \rightarrow 0,70 * 217,44 = 151,93 \\ \text{Hora solar pico anual promedio (HSP):} & 8,22 \end{aligned}$$

Potencia eléctrica instalada (PS): con este dato es fundamental para ver el tipo de inversor y panel que se necesita para la instalación, se calcula la potencia anual.

$$\text{PS: } \frac{\text{EC}}{\text{HSP} * 365} \quad \rightarrow \quad \text{PS: } \frac{151,931 (70\%)}{8,22 * 365} = 50,762$$

Ahora se necesitará calcular la energía solar generada del proyecto (ES) cual sería la sumatoria de potencia eléctrica por hora solar pico promedio anual multiplicado por los 365 días del año.

$$\text{ES: PS} * \text{HSP} * 365 \quad \rightarrow \quad \text{ES: } 50,762 * 8,22 * 365 = 152,301$$

4.5 Paneles e inversor a utilizar

Estos han sido elegidos a la necesidad requerida, entre el inversor y panel existen dos parámetros fundamentales para crear el cálculo de los paneles a utilizar dividiendo las ponencias de cada artefacto.

| | |
|--|-----------------------|
| Modelo inversor | Solis-mini 3000 4g |
| Entrada (cc) | |
| Potencia de entrada máxima recomendada | 3.5kw |
| Voltaje máximo de entrada | 600v |
| Voltaje nominal | 330v |
| Voltaje de arranqué | 90v |
| Rango de voltaje MPPT | 80-500v |
| Corriente máxima de entrada | 11 a |
| Corriente máxima corto circuito | 17,2 a |
| Numero de MPPT /número de cadenas de entrada | 1/1 |

Tabla 2.- Tabla técnica inversor solis-mini 3000 4g.

| | |
|-------------------------------|------------------|
| Modelo panel solar 6P 340W | Marca amerisolar |
| Potencia nominal | 340w |
| Voltaje | 24v |
| Voltaje máximo | 340w |
| Corriente máxima | 9.07 |
| Vacío de voltaje | 46.1 |
| Corriente máxima | 9.50 |
| | |

Tabla 3.- Tabla técnica panel solar 6P 340W.

Por ende, el calculo de paneles serian:

$$\frac{\text{Potencia maxima inversor}}{\text{Potencia nominal panel}} = \frac{3.500\text{w}}{340\text{w}} \approx 10$$

Mínimo estimado de paneles:

$$\frac{\text{Rango de voltaje MPPT}}{\text{Voltaje}} = \frac{80}{24} \approx 3$$

Máximo estimado de paneles :

$$\frac{\text{Rango de voltaje MPPT}}{\text{Voltaje}} = \frac{500}{24} \approx 20$$

Teóricamente, con los cálculos sacados con un valor promedio de paneles (10), estimando un mínimo y un máximo, dividiendo las tensiones podemos sacar un promedio de ≈ 19 paneles como máximo, esto asegura que todos los paneles se conectaran en String (serie), esto es importante ya que se busca aumentar el voltaje en el sistema para mayor satisfacción del dimensionamiento.

Se debe tener en consideración que este tipo de sobredimensionado solo cuenta con un equipo de medida llamado medidor bidireccional, permite ver inyecciones de energía de forma independiente, en esta ocasión se consideró un medidor bidireccional monofásico Elster A150 clase ½ con certificado.

CAPITULO V

ESTUDIO ECONÓMICO

Se realiza la cuantificación del proyecto a desarrollar, en este caso se calculan los gastos generales de inversión, y se proyectan los costos generales de mantenimiento, los cuales son mínimos. Es importante considerar que el retorno de inversión es a largo plazo, y que los beneficios de implementación del proyecto en calidad de vida y servicio no son objetivamente cuantificables.

5.1 Inversión General

Se cuantifica el costo total del proyecto, según siguiente detalle:

| Ítem | Detalle | Cantidad | Precio | Total |
|--------------|--------------------|----------|--------------|---------------|
| Insumos | Paneles | 14 | \$ 125.000 | \$ 1.750.000 |
| Insumos | Baterías | 10 | \$ 310.000 | \$ 3.100.000 |
| Insumos | Inversor | 1 | \$ 252.000 | \$ 252.000 |
| Insumos | Regulador | 2 | \$ 284.000 | \$ 496.000 |
| Insumos | Enchufe doble | 2 | \$ 6.370 | \$ 12.740 |
| Insumos | Focos LED | 12 | \$ 57.000 | \$ 684.000 |
| Insumos | Cables | 2 | \$ 130.000 | \$ 260.000 |
| Insumos | Pack de paños | 2 | \$ 4.590 | \$ 9.180 |
| Insumos | Balde | 2 | \$ 6.360 | \$ 12.720 |
| Insumos | Limpia vidrios | 2 | \$ 8.390 | \$ 16.780 |
| Insumos | Guantes eléctricos | 2 | \$ 39.950 | \$ 79.900 |
| Insumos | Casco de seguridad | 2 | \$ 12.080 | \$ 24.160 |
| Mano de Obra | Técnicos | 1 | \$ 8.500.000 | \$ 8.500.000 |
| | Sub Total | | | \$ 15.197.480 |
| | Gastos Generales | | 15% | \$ 2.279.622 |
| | Utilidad | | 20% | \$ 3.039.496 |
| | Costo total neto | | | \$ 20.516.598 |

5.2 Carta Gantt

| PROYECTO PLAZA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA AUTÓNOMA | | CARTA GANTT DEL PROYECTO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|--------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ITEM | PARTIDA | V | S | D | L | M | M | J | V | S | D | L | M | M | J | V | S | D | L | M | M | J | V | S | D | L | M | M | J | V | S | D |
| Preparación y Planificación Inicial | Reunión con el equipo del proyecto y partes interesadas. | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Revisar los objetivos y alcance del proyecto. | | | | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Confirmar la ubicación exacta de los paneles solares. | | | | | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Diseño y Adquisición de Materiales | Asignación de encargado de proyecto para planificar la instalación. | | | | | | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Revisión del diseño detallado de la disposición de los paneles solares. | | | | | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Revisión de la lista de materiales necesarios planificados. | | | | | | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Proceso de adquisición de materiales (paneles solares, soportes, cableado, etc.). | | | | | | | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Preparación del Sitio | Recepción del terreno | | | | | | | | | | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Limpieza y preparación de la zona de instalación. | | | | | | | | | | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Preparación de las bases o soportes para los paneles. | | | | | | | | | | | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Instalación de cimientos o estructuras necesarias. | | | | | | | | | | | | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Instalación de Paneles Solares | Montaje e instalación de los paneles solares en las estructuras preparadas. | | | | | | | | | | | | | | | | | x | | | | | | | | | | | | | | |
| | Conexión de los paneles a los soportes. | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | | | | | | | | | | | | | |
| | Conexión del cableado entre los paneles y los inversores. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | | | | | | | | | | | |
| Instalación de Equipos Eléctricos | Instalación de inversores y otros componentes eléctricos. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | | | | | | | | |
| | Conexión del sistema de paneles solares al sistema eléctrico existente. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | | | | | | | | |
| | Pruebas preliminares para asegurarse de que todo esté conectado correctamente. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | | | | | | |
| Pruebas y Ajustes | Realización de pruebas de funcionamiento y rendimiento del sistema solar. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | | |
| | Identificación y corrección de cualquier problema o fallo. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | | |
| | Ajustes para optimizar la producción de energía. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | | |
| Inspección y Certificación | Inspección de seguridad y conformidad con los estándares eléctricos. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | |
| | Comunicación con autoridades locales si es necesario. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | |
| Finalización y Documentación | Limpieza final del área de trabajo. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | |
| | Documentación completa del proyecto, incluyendo planos, manuales y garantías. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | |
| | Entrega formal del proyecto a las partes interesadas y a las autoridades locales. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | |

CAPITULO VI

ANÁLISIS Y DISCUSIONES

Los sistemas fotovoltaicos deben ser informados ante la superintendencia de electricidad y de combustibles SEC, para acogerse a la ley siguiendo todos los parámetros legales. Los resultados obtenidos por los cálculos realizados durante la investigación cumple ante la necesidad requerida, analizando del sistema on grid es factible para este caso de prototipo de proyecto plaza autosustentable, a comparación del sistema off grid este es mu exhausto por los bancos de baterías y la demanda de más implementación, lo cual no es compatible con el ante proyecto, se debe tener en cuenta los hurtos que se podrían generar con un sistema sobre cargado de artefactos sin considerar el aumento ante los costos.

On grid va a la medida con el sitio de interés ya que se encuentra en la cuidad es practicable hacer el conexionado a la red, el prototipo de ante proyecto sobre dimensionado es la eficacia energética alternativa proyectada a las fuentes convencionales.

RETscreen:

Ubicación:

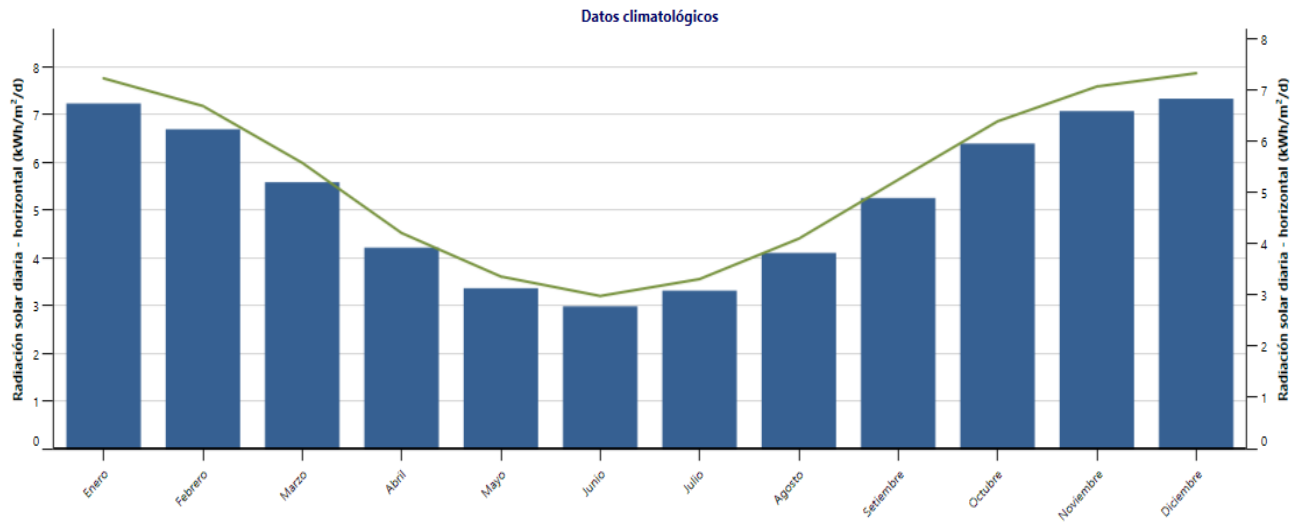


| | Unidad | Ubicación de datos meteorológicos | Ubicación de la instalación | Fuente |
|--|--------|-----------------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| Latitud | | -27,3 | -27,4 | |
| Longitud | | -70,4 | -70,3 | |
| Zona climática | | 3C - Templado - Oceánico | | |
| Elevación | m | 290 | 478 | Suelo+NASA Suelo - Mapa |
| Temperatura de diseño de la calefacción | °C | 4,4 | | NASA |
| Temperatura de diseño del aire acondicionado | °C | 22,2 | | NASA |
| Amplitud de la temperatura del suelo | °C | 16,6 | | NASA |

| Mes | Temperatura del aire | Humedad relativa | Precipitación | Radiación solar diaria - horizontal | Presión atmosférica | Velocidad del Viento | Temperatura del suelo | Grados-dias de calefacción 18 °C | Grados-dias de refrigeración 10 °C |
|--------------|----------------------|------------------|---------------|-------------------------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| | °C | % | mm | kWh/m ² /d | kPa | m/s | °C | °C-d | °C-d |
| Enero | 19,6 | 70,0% | 1,86 | 7,23 | 87,9 | 3,3 | 23,6 | 0 | 298 |
| Febrero | 19,4 | 71,0% | 1,12 | 6,69 | 87,8 | 3,1 | 23,2 | 0 | 263 |
| Marzo | 17,9 | 75,0% | 2,17 | 5,58 | 87,9 | 2,8 | 21,3 | 3 | 245 |
| Abril | 15,4 | 77,0% | 1,20 | 4,21 | 87,9 | 2,4 | 17,8 | 78 | 162 |
| Mayo | 13,2 | 78,0% | 3,41 | 3,36 | 88,0 | 2,3 | 14,3 | 149 | 99 |
| Junio | 11,4 | 78,0% | 7,80 | 2,98 | 88,0 | 2,2 | 11,9 | 198 | 42 |
| Julio | 11,3 | 76,0% | 6,20 | 3,31 | 88,1 | 2,4 | 11,1 | 208 | 40 |
| Agosto | 12,0 | 77,0% | 4,96 | 4,10 | 88,0 | 2,5 | 13,1 | 186 | 62 |
| Setiembre | 13,2 | 75,0% | 0,60 | 5,25 | 88,0 | 2,7 | 15,6 | 144 | 96 |
| Octubre | 14,8 | 74,0% | 0,62 | 6,39 | 88,0 | 2,9 | 18,4 | 99 | 149 |
| Noviembre | 16,4 | 72,0% | 0,60 | 7,07 | 87,9 | 3,1 | 20,8 | 48 | 192 |
| Diciembre | 18,3 | 70,0% | 0,93 | 7,33 | 87,9 | 3,3 | 22,6 | 0 | 257 |
| Anual | 15,2 | 74,4% | 31,47 | 5,28 | 87,9 | 2,7 | 17,8 | 1.113 | 1.905 |
| Fuente | Suelo | Suelo | NASA | Suelo | NASA | NASA | NASA | Suelo | Suelo |
| Medido a | | | | | m | 10 | 0 | | |

Datos climatológicos

A continuación, podemos observar los datos arrojados por el sistema RETScreen durante un año en cuanto a radiación solar mensual.



RETscreen - Instalación

Información de la instalación

| | | |
|--------------------------|--------------------------|---|
| Tipo de instalación | Medida individual | ▼ |
| Tipo | Luminarias | ▼ |
| Descripción | instalacion de Luminaria | |
| Preparado para | Proyecto de titulo | 👤 |
| Preparado por | Estudiantes | 👤 |
| Nombre de la instalación | Plaza eficiente | 👤 |
| Dirección | Venancio Diaz esq Chañar | |
| Ciudad/Municipalidad | Copiapó | |
| Provin./Estado | Atacama Region | |
| País | Chile | ▼ |



Foto | Imagen - Ashwin/Shutterstock.com

Modelo de Energía:

Medida individual - instalacion de Luminaria - Luminarias

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|-----------------------------------|----|-----|---|------------|--|-------------|--|--------|--|--|--|--------------------|--|----|--|------------------|---|-----|--|------------------|-------|-------|---|--|----|---------|--|--------------------------|-----------|----|---|--|----|-------|--|------------------|-----|---------|--|
| <ul style="list-style-type: none"> Combustibles y horarios <ul style="list-style-type: none"> Electricidad y combustibles Horarios Equipo Uso final <ul style="list-style-type: none"> Luminarias Luminarias Optimizar suministro <ul style="list-style-type: none"> Electricidad <ul style="list-style-type: none"> Fotovoltaico Resumen <ul style="list-style-type: none"> ¿Incluye medida? Comparación | <p>Fotovoltaico</p> <p>Descripción: Fotovoltaico</p> <p>Nota:</p> <p>Nivel: Nivel 1, Nivel 2</p> <p>Aprendizaje en línea</p> <p>Fotovoltaico - Nivel 1</p> <table> <tr> <td>Capacidad de generación eléctrica</td> <td>kW</td> <td>340</td> <td>🏠</td> </tr> <tr> <td>Fabricante</td> <td></td> <td>Sine Energy</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Modelo</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Número de unidades</td> <td></td> <td>14</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Factor de planta</td> <td>%</td> <td>20%</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Costos iniciales</td> <td>\$/kW</td> <td>1.200</td> <td>💰</td> </tr> <tr> <td></td> <td>\$</td> <td>408.000</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Costo de O y M (ahorros)</td> <td>\$/kW-año</td> <td>13</td> <td>💰</td> </tr> <tr> <td></td> <td>\$</td> <td>4.420</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Energía ahorrada</td> <td>kWh</td> <td>595.680</td> <td></td> </tr> </table> | Capacidad de generación eléctrica | kW | 340 | 🏠 | Fabricante | | Sine Energy | | Modelo | | | | Número de unidades | | 14 | | Factor de planta | % | 20% | | Costos iniciales | \$/kW | 1.200 | 💰 | | \$ | 408.000 | | Costo de O y M (ahorros) | \$/kW-año | 13 | 💰 | | \$ | 4.420 | | Energía ahorrada | kWh | 595.680 | |
| Capacidad de generación eléctrica | kW | 340 | 🏠 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fabricante | | Sine Energy | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Modelo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Número de unidades | | 14 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Factor de planta | % | 20% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Costos iniciales | \$/kW | 1.200 | 💰 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | \$ | 408.000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Costo de O y M (ahorros) | \$/kW-año | 13 | 💰 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | \$ | 4.420 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Energía ahorrada | kWh | 595.680 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Análisis de costos:

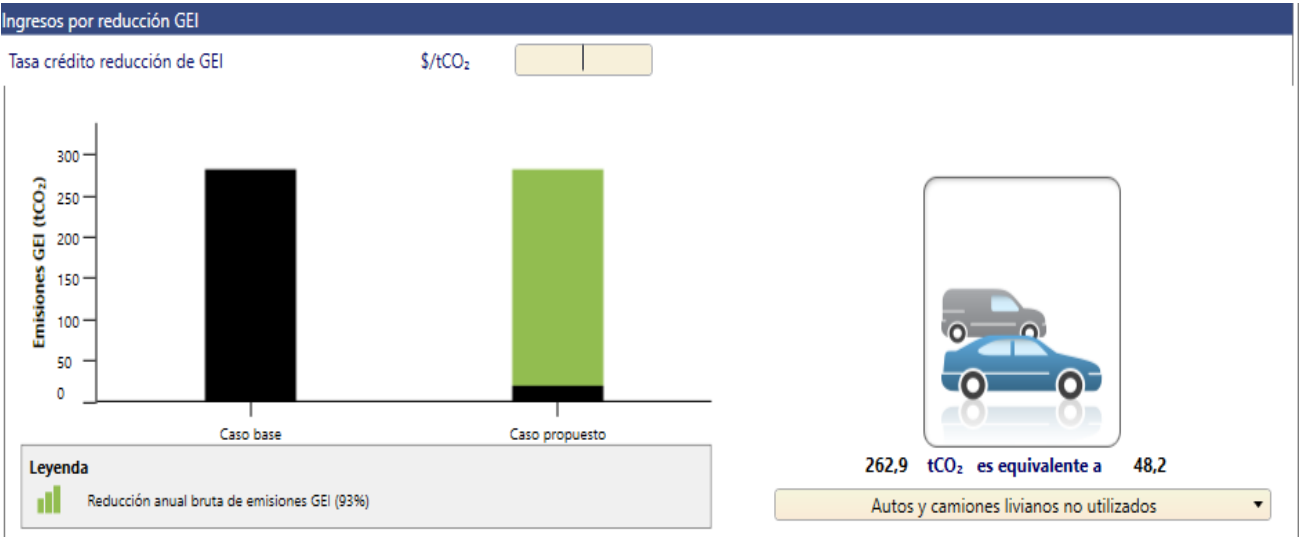
| Costos iniciales (créditos) | | Unidad | Cantidad | Costo unit. | Monto |
|--|--------------------|--------|----------|--------------|----------------------|
| Costos iniciales incrementales | | | | | \$ 408.240 |
| <input type="checkbox"/> Mostrar datos | | | | | |
| <input type="checkbox"/> | Paneles | costo | 14 | \$ 125.000 | \$ 1.750.000 |
| <input type="checkbox"/> | Baterias | costo | 10 | \$ 310.000 | \$ 3.100.000 |
| <input type="checkbox"/> | Inversor | costo | 1 | \$ 252.000 | \$ 252.000 |
| <input type="checkbox"/> | Regulador | costo | 2 | \$ 284.000 | \$ 568.000 |
| <input type="checkbox"/> | Enchufe doble | costo | 2 | \$ 6.370 | \$ 12.740 |
| <input type="checkbox"/> | Focos LED | costo | 12 | \$ 57.000 | \$ 684.000 |
| <input type="checkbox"/> | Cables | costo | 2 | \$ 130.000 | \$ 260.000 |
| <input type="checkbox"/> | Pack de paños | costo | 2 | \$ 4.590 | \$ 9.180 |
| <input type="checkbox"/> | Balde | costo | 2 | \$ 6.360 | \$ 12.720 |
| <input type="checkbox"/> | Limpia vidrios | costo | 2 | \$ 8.390 | \$ 16.780 |
| <input type="checkbox"/> | Guantes electricos | costo | 2 | \$ 39.950 | \$ 79.900 |
| <input type="checkbox"/> | Casco de seguridad | costo | 2 | \$ 12.080 | \$ 24.160 |
| <input type="checkbox"/> | Técnicos | costo | 1 | \$ 8.500.000 | \$ 8.500.000 |
| <input type="checkbox"/> | | | | | |
| Costos iniciales totales | | | | | \$ 15.677.720 |

| Costos anuales (créditos) | | Unidad | Cantidad | Costo unit. | Monto |
|--|-------------------------------|----------|----------|-------------|-------------------------|
| Costo de O y M (ahorros) | | proyecto | | | \$ 4.420 |
| <input type="checkbox"/> Mostrar datos | | | | | |
| Costo de combustible - caso propuesto | | | | | \$ (109.605.120) |
| <input type="checkbox"/> | Mantencion mensual de paneles | costo | 12 | \$ 100.000 | \$ 1.200.000 |
| <input type="checkbox"/> | | | | | |
| Costos anuales totales | | | | | \$ (108.400.700) |

Análisis de emisiones:

| Análisis de emisiones | | | | |
|---|---------------------|--|---------------------|--|
| Sistema eléctrico del caso base (Línea de base) | Tipo de combustible | Factor emisión de GEI (excl. T y D) tCO ₂ /MWh | Pérdidas T y D % | Factor emisión de GEI tCO ₂ /MWh |
| País - Región Chile | Todos los tipos | 0,441 | 7,0% | 0,475 |
| Electricidad exportada a la red | MWh | 596 | Pérdidas T y D | 7,0% |

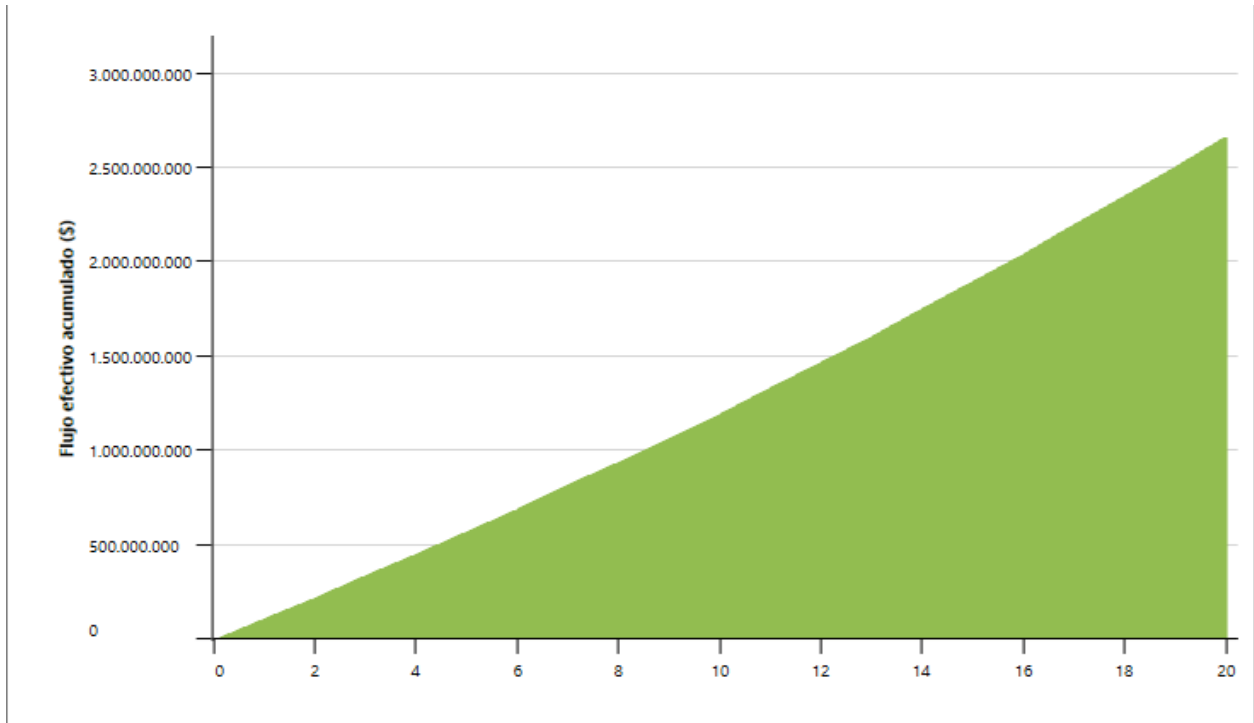
Emisiones GEI



Análisis Financiero:

| Análisis financiero | | |
|---|-----------|---------------------|
| Parámetros financieros | | |
| Tasa de inflación | % | 2% |
| Tiempo de vida del proyecto | año | 20 |
| Relación de deuda | % | 70% |
| Tasa de interés de la deuda | % | 7% |
| Duración de deuda | año | 15 |
| Costos iniciales totales | \$ | 15.677.720 |
| Incentivos y donaciones | \$ | 0 |
| Costos anuales/pagos de deuda | | |
| Mantenimiento mensual de paneles | \$ | 1.200.000 |
| Costo de O y M (ahorros) | \$ | 4.420 |
| Costo de combustible - caso propuesto | \$ | -109.605.120 |
| Pagos de la deuda - 15 años | \$ | 1.204.931 |
| Costos anuales totales | \$ | -107.195.769 |
| Ahorros e ingresos anuales | | |
| Ingresos por reducción GEI | \$ | 0 |
| Otros ingresos (costo) | \$ | 0 |
| Ingresos por producción de EL | \$ | 0 |
| Ingresos y ahorros anuales totales | \$ | 0 |
| Viabilidad financiera | | |
| TIR antes de impuestos - capital | % | 2.327% |
| TIR antes de impuestos - activos | % | 700% |
| Pago simple de retorno del capital | año | 0,14 |
| Repago - capital | año | 0,04 |

Gráfico de flujo de caja acumulado:



Análisis de sensibilidad de riesgo:

Análisis de sensibilidad

Efectúe análisis sobre: Repago - capital

Rango de sensibilidad: 25%

Umbral: 7 yr

- Quitar análisis

Ninguno

| Relación de deuda | | |
|-------------------|--------|------------|
| % | | |
| 53% | -25,0% | 0,1 |
| 61% | -12,5% | 0,1 |
| 70% | 0,0% | 0,0 |
| 79% | 12,5% | 0,0 |
| 88% | 25,0% | 0,0 |

- Quitar análisis

Ninguno

| Relación de deuda | | |
|-------------------|--------|------------|
| % | | 0,0% |
| 53% | -25,0% | 0,1 |
| 61% | -12,5% | 0,1 |
| 70% | 0,0% | 0,0 |
| 79% | 12,5% | 0,0 |
| 88% | 25,0% | 0,0 |

- Quitar análisis

Tasa de interés de la deuda %

| Relación de deuda | | 5,25% | 6,13% | 7,00% | 7,88% | 8,75% |
|-------------------|--------|--------|--------|------------|-------|-------|
| % | | -25,0% | -12,5% | 0,0% | 12,5% | 25,0% |
| 53% | -25,0% | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| 61% | -12,5% | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| 70% | 0,0% | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 79% | 12,5% | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 88% | 25,0% | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

- Quitar análisis

Tasa de interés de la deuda %

| Duración de deuda | | 5,25% | 6,13% | 7,00% | 7,88% | 8,75% |
|-------------------|--------|--------|--------|------------|-------|-------|
| año | | -25,0% | -12,5% | 0,0% | 12,5% | 25,0% |
| 11 | -25,0% | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 13 | -12,5% | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 15 | 0,0% | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 17 | 12,5% | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 19 | 25,0% | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

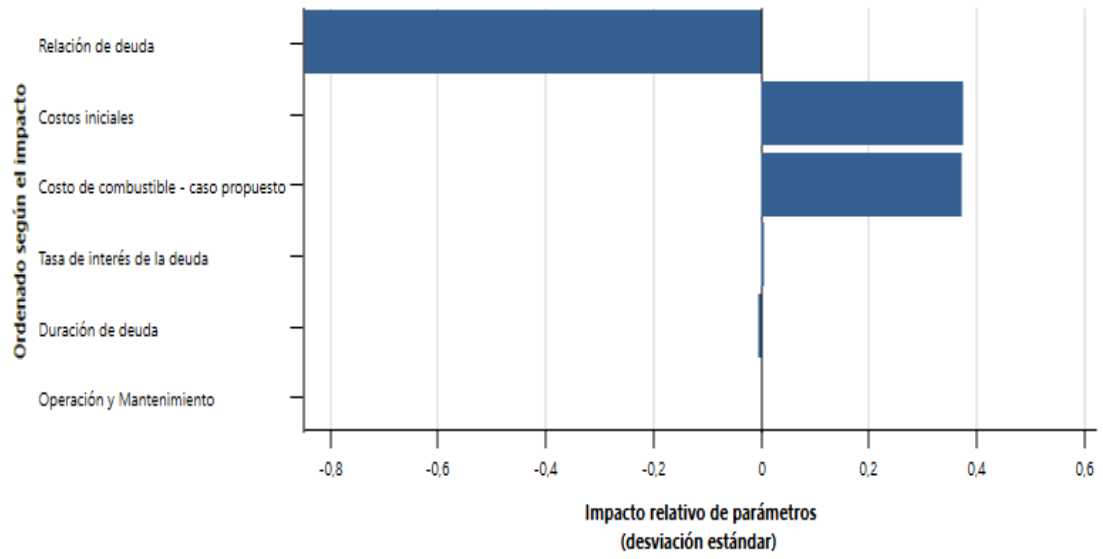
Efectúe análisis sobre Repago - capital

Cantidad de combinaciones 500

Valor de inicialización aleatorio No

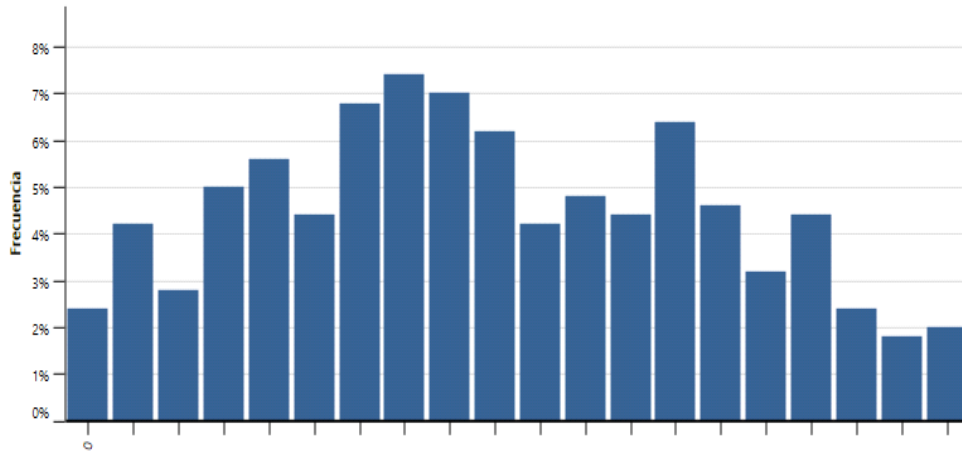
| Parámetro | Unidad | Valor | Rango (+/-) | Mínimo | Máximo |
|---------------------------------------|--------|--------------|-------------|-------------|--------------|
| Costos iniciales | \$ | 15.677.720 | 25% | 11.758.290 | 19.597.150 |
| Operación y Mantenimiento | \$ | 4.420 | 25% | 3.315 | 5.525 |
| Costo de combustible - caso propuesto | \$ | -109.605.120 | 25% | -82.203.840 | -137.006.400 |
| Relación de deuda | % | 70,0% | 25% | 52,5% | 87,5% |
| Tasa de interés de la deuda | % | 7,00% | 25% | 5,25% | 8,75% |
| Duración de deuda | año | 15 | 25% | 11 | 19 |

Impacto - Repago - capital



| | | |
|----------------------------------|-----|------|
| Mediana | año | 0,04 |
| Nivel de riesgo | % | 10% |
| Mínimo en intervalo de confianza | año | 0,03 |
| Máximo en intervalo de confianza | año | 0,06 |

Distribución - Repago - capital



BIBLIOGRAFIA:

<http://generadoras.cl/media/page-files/2210/Boletin-Mercado-Elctrico-Generadoras-de-Chile-Octubre-2022.pdf>

¹ www.solartik.ar/paneles

<http://generadoras.cl/tipos-energia/energia-solar#:~:text=La%20energ%C3%ADa%20solar%20es%20una,radiaci%C3%B3n%20electromagn%C3%A9tica%20proveniente%20del%20sol.&text=La%20zona%20norte%20de%20Chile,de%20Atacama%20y%20zonas%20pr%C3%B3ximas.>

<https://www.solcorchile.com/on-grid-off-grid/>

<https://es.weatherspark.com/y/26543/Clima-promedio-en-Copiap%C3%B3-Chile-durante-todo-el-a%C3%B1o>

<http://ambiente.usach.cl/uv/copiapo.html>

<https://solar.minenergia.cl/exploracion>

<https://www.naturaenergy.cl/product/ginlong-inversor-on-grid-solis-mini-3000w-certificado-sec>

<https://www.solartex.cl/tienda/producto/panel-solar-340-watts-amerisolar-policristalino/>

<https://www.tiendatecnored.cl/energia-solar/medidores/medidor-bidireccional-monofasico>

<https://www.seslatam.com/novedades/2021/cual-es-la-diferencia-entre-energia-renovable-sustentable-y-alternativa/>

¹<https://www.corfo.cl/sites/Satellite?blobcol=urldata&blobkey=id&blobtable=MungoBlobs&blobwhere=1475166119624&ssbinary=true>

¹https://ayllusolar.cl/wpcontent/uploads/2018/05/manual_instalaciones_fotovoltaicas.pdf