UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA

PREFACTIBILIDAD DE INSTALACIÓN DE ILUMINARIA EN PARQUE QUEBRADA VERDE, MEDIANTE USO DE PANELES FOTOVOLTAICOS Y USO DE AEROGENERADORES

Trabajo de titulación para optar al título de Ingeniería de Ejecución en Mecánica de Procesos y Mantenimiento Industrial

Alumno:
Mauricio Javier Contreras Sepúlveda
Javiera Paz Pinto Urrutia

Profesor Guía:
Ing./Mg. Carlos Baldi González

2019

RESUMEN

KEYWORDS: RADIACION SOLAR, SISTEMA FOTOVOLTAICO, SISTEMA EOLICO, VELOCIDAD VIENTO, DIMENSIONAR, INVERSION, ENERGIAS RENOVABLES.

El siguiente trabajo se realizó acerca del estudio de la prefactibilidad técnica y económica de la instalación de iluminaria en el parque Quebrada Verde mediante uso de energías renovables tales como energía solar y eólica.

El enfoque de este estudio es sobre la iluminación del parque ubicada en sectores cercanos a la entrada del parque donde circule mayor cantidad de personas.

Lo primero a realizar es un análisis actual que tiene el parque seleccionando los lugares más ventajosos para instalar un sistema con energías renovables, además de conocer el funcionamiento general de las energías renovables que se desean estudiar.

Lo segundo a realizar serán mediciones de radiación y velocidad del viento mediante instrumentos de medición para determinar qué sectores son más adecuados para la instalación de energía renovable y además utilizando programas que posean estudios con mayor cantidad de tiempo para generar un análisis comparativo.

Lo tercero a realizar constará del dimensionamiento del sistema de energía renovable seleccionado, para este se dimensionará el sistema fotovoltaico más eficiente para la iluminación del parque para generar un análisis técnico y económico, determinando si el sistema es rentable con respecto a la inversión que se realizará de un comienzo.

ÍNDICE

RESUMEN 3

ÍNDICE 5

ÍNDICE FIGURAS 7

INDICE DE GRAFICOS 7

INDICE DE TABLAS 8

SIGLAS Y SIMBOLOGIA 9

SIGLAS 9

SIMBOLOGIA 9

INTRODUCCIÓN 1

OBJETIVOS 2

OBJETIVO GENERAL 2

OBJETIVOS ESPECÍFICOS 2

CAPÍTULO 1: SITUACION ACTUAL DE LA ILUMINACION DEL PARQUE 3

1.1 ANTECEDENTES GENERALES 5

1.2 DIAGNÓSTICO 6

1.3 MARCO TEÓRICO 10

1.3.1 RADIACIÓN 10

1.3.2 VIENTO 13

1.4 PROBLEMÁTICA 14

1.5 DESARROLLO DEL CAPÍTULO 15

1.5.1 SECTORES DEL PARQUE 16

1.5.1.1 ENTRADA DEL PARQUE 16

1.5.2 SISTEMA CON PANELES FOTOVOLTAICO 18

1.5.3 SISTEMA CON AEROGENERADORES: 19

1.5.3.1 FUNCIONAMIENTO GENERAL 19

1.5.4 PARÁMETROS A CONSIDERAR 20

CAPITULO 2 ESTUDIO CLIMÁTICO DEL SECTOR 23

2.1 INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN 25
2.1.1 PIRANÓMETRO 25
2.1.2 THERMOANEMOMETRO 26
2.2 MEDICIONES REALIZADAS EN DIVERSOS PUNTOS DEL PARQUE 28
2.2.1 MEDICIÓN DE RADIACIÓN 29
2.2.2 MEDICIÓN VELOCIDAD DEL VIENTO 38
2.2.2.1 MEDICIONES THERMOANEMOMETRO 38
2.2.2.4 MINISTERIO DE ENERGÍA EÓLICA 45
2.3 CONSUMO DEL PARQUE 47
2.3.1 CONSUMO AÑO 2017 47
2.3.2 CONSUMO AÑO 2018 48
2.4 PARÁMETROS A CONSIDERAR 50

CAPÍTULO 3 DIMENSIONAMIENTO DE INSTALACIÓN CON ENERGÍAS RENOVABLES 51

3.1 AEROGENERADORES 53
3.2 DIMENSIONAMIENTO SISTEMA FOTOVOLTAICO 55
3.2.1 SELECCIÓN PANEL FOTOVOLTAICO 55
PANEL FV 56
3.2.2 INVERSOR 59
3.2.3 REGULADOR DE CARGA 61
3.2.4 BATERÍAS 62
3.2.5 CABLEADO 65
3.2.6 SISTEMA DE MONTAJE 70
3.3 EVALUACIÓN ECONÓMICA 71
3.3.1 COSTOS CONSUMO ENERGÍA DEL PARQUE 71
3.3.2 INGRESOS SISTEMA FOTOVOLTAICO 72
3.3.3 COSTO TOTAL INVERSIÓN 72

CONCLUSIÓN 78

BIBLIOGRAFÍA 79

ANEXOS 82

ANEXOS A: MEDICIONES 84
ANEXO B: ESPECIFICACIONES TECNICAS 86
ANEXOS C: COTIZACIONES 89

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1.1: Ubicación geográfica parque quebrada verde 5
Figura 1.2. Área de picnic situado en parque Quebrada Verde 7
Figura 1.3. Área de juegos situado en parque Quebrada Verde 8
Figura 1.4. Poste de iluminación en parque Quebrada Verde 10
Figura 1.5: Tipos de radiación solar incidente en el plano horizontal 11
Figura 1.6: Tipos de paneles solares para sistemas fotovoltaicos 12
Figura 1.7: Tipos de aerogenerador o turbina 14
Figura 1.8. Área de picnic situado en parque Quebrada Verde 15
Figura 1.9: Entrada del parque situado en parque Quebrada Verde 16
Figura 1.10. Funcionamiento sistema fotovoltaico off grid 19
Figura 1.11. Funcionamiento aerogenerador horizontal 20

Figura 2.12: Imagen piranometro SP lite2 25
Figura 2.13: Imagen thermoanemometro HD 300 27
Figura 2.14: imagen software HD 300 39

Figura 3.15: Imagen panel fotovoltaico 320 W 57
Figura 3.16: Imagen inversora off grid 48/3000 60
Figura 3.17:Imagen regulador de carga 50 A 61
Figura 3.18 Imagen esquema sistema fotovoltaico en base a corriente 66
Figura 3.19: Imagen esquema sistema fotovoltaico en base a dimensión conductor 69

INDICE DE GRAFICOS

Grafico 2.1: Mediciones piranómetro con respecto al tiempo 30
Gráfico 2.2: Mediciones piranómetro con respecto al tiempo 32
Grafico 2.3: Mediciones radiación explorador solar 34
Grafico 2.4: Mediciones radiación registró solarimetrico USM 35
Grafico 2.5: Mediciones radiación Retscreen 36
Grafico 2.6: Resumen medición radiaciones de programas 37
Grafico 2.7: Mediciones thermoanemometro cada 10 min 40
Grafico 2.8: Mediciones thermoanemometro cada 5 min 41

Grafico 2.9 : Medición velocidad del viendo explorador solar 43
Grafico 2.10: Medición velocidad del viendo retscreen 44
Gráfico 2.11: Medición velocidad del viendo ministerio energía eólica 45
Grafico 2.12: Resumen velocidad del viento de programas 46
Gráfico 2.13: Consumo del parque año 2017 49

Gráfico 3.14: Comparativo energía panel con respecto a consumo del parque 59
Gráfico 3.15: Recuperación de la inversión sistema fotovoltaico 76

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Datos técnicos piranómetro SP lite2 26
Tabla 2.2: Datos técnicos thermoanemometro HD 300 28
Tabla 2.3: Fragmento de mediciones piranómetro cada 10 minutos 30
Tabla 2.4: Fragmento de mediciones piranómetro cada 5 minutos 31
Tabla 2.5: Mediciones radiación explorador solar 33
Tabla 2.6: Mediciones radiación registro solarimetrico USM 34
Tabla 2.7: Mediciones radiación Retscreen 36
Tabla 2.8: Fragmento de mediciones thermoanemometro 39
Tabla 2.9: Fragmento de mediciones thermoanemometro 40
Tabla 2.10: Medición velocidad viento explorador solar 42
Tabla 2.11: Medición velocidad viento Retscreen 43
Tabla 2.12 : Medición velocidad viento ministerio de energía eólica 45
Tabla 2.13: Consumo energético parque año 2017 48
Tabla 2.14: Consumo energético parque año 2018 48

Tabla 3.15: Clasificación del viento con respecto a su velocidad media 54
Tabla 3.16: Fragmento radiación explorador solar 55
Tabla 3.17: Radiación solar por panel fotovoltaico 58
Tabla 3.18: Intensidad de Corriente Admisible para Conductores Aislados 67
Tabla 3.19: Cubicación de materiales sistema fotovoltaico 70
Tabla 3.20: Costos consumo parque quebrada verde 72
Tabla 3.21: Ingresos sistema fotovoltaico dimensionado 72
Tabla 3.22: Presupuesto componentes dimensionados 73
Tabla 3.23: Ingresos por año sistema fotovoltaico 76

SIGLAS Y SIMBOLOGÍA

SIGLAS

SEC:	Superintendencia de electricidad
ACESOL:	Asociación Chilena de energía solar
FV:	fotovoltaico
NCH:	Normativa chilena
CORFO:	Corporación de fomento de la producción
$:	Peso chileno
IVA:	Impuesto sobre el valor añadido
%:	Porcentaje
MPPT:	Seguidor del punto máximo de potencia (inversor)
IAF:	Foro de acreditación
EA:	Cooperación Europea para la Acreditación
ILAC:	Laboratorios Internacionales de Acreditación de la Cooperación.
LCD:	representación visual por cristal líquido.

SIMBOLOGIA

V:	Voltaje
A:	Amperio
m:	Metros
Cº:	Celsius
mm:	Milímetros
W:	Watts
H:	Horas
s:	segundos
P:	potencia

INTRODUCCIÓN

El parque Quebrada Verde es un patrimonio cultural de la región de Valparaíso, la cual busca como objetivo generar un ambiente grato para la familia y amigos que quieran compartir y cuidar el medio ambiente, la flora y fauna chilena. Este sector fue donado por el Sr Federico Santa María en el año 1915 a Fonasa.

Hoy en día el parque consta con diferentes atracciones al público el cual está administrado por la municipalidad de Valparaíso por un periodo de 30 años, este parque quiere llamar la atención del público con proyectos ecológicos sustentables, como lo son los paneles fotovoltaicos y aerogeneradores.

La problemática de este proyecto es la iluminación dentro del parque Quebrada Verde, debido a sus más de 8 km de sendero, se hace muy difícil el implementar postes, y cableados para llegar a esos lugares tan apartados de la entrada, aparte de la problemática de los gastos mensuales de luz, los cuales superan los 3000 kw de consumo, es por ello que se quiere implementar este proyecto de iluminaria con energías renovables dentro del parque, para que así haya un ahorro significativo e implementando nuevas formas más didácticas y lo más importante, la sustentabilidad con el ambiente, todo esto por medio de paneles fotovoltaicos y aerogeneradores, los cuales se elegirán exhaustivamente, dependiendo del lugar del sendero, según datos de medición, utilizando los instrumentos adecuados para este caso.

El parque situado camino a Laguna Verde requiere de la instalación de iluminaria en los sectores de la entrada del parque, zona picnic y camino hacia el mirador. Este requerimiento fue visto para poder alargar los horarios de visita del parque teniendo en cuenta que está abierto al público hasta las 18:00 pm, aumentando su horario de actividad dos horas, operando el parque desde las 09:00 am hasta las 20:00 pm, y por otro lado también la comodidad de sus trabajadores, los cuales tienen turnos hasta tarde y no existe la iluminación dentro de todo el parque, lo que les dificulta al hacer turnos de noche.

Es por esto por lo que se plantea la idea de la prefactibilidad de instalación de iluminaria en el parque Quebrada Verde por medio de energías renovables, específicamente paneles fotovoltaicos y aerogeneradores

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Realizar una prefactibilidad de la instalación de iluminaria en el parque recreativo Quebrada Verde dando énfasis a dos instalaciones enfocadas en energías renovables, como son la energía fotovoltaica y energía eólica.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Análisis de la situación actual de la iluminación del parque, identificando elementos y componentes favorables para el sistema.

2. Realizar mediciones de radiación y velocidad del viento en diversos puntos del parque, identificando los sectores más favorables para la instalación de sistemas de energía renovable.

3. Realizar dimensionamiento de la instalación con energías renovables, seleccionando componentes adecuados a las condiciones del parque, determinando la sustentabilidad de esta, y evaluar económicamente determinando la prefactibilidad de tal instalación.

CAPÍTULO 1: SITUACIÓN ACTUAL DE LA ILUMINACION DEL PARQUE

1. SITUACIÓN ACTUAL DE LA ILUMINACION DEL PARQUE

1.1 ANTECEDENTES GENERALES

El parque Quebrada Verde ubicado en Avenida Laguna Seca 18, Valparaíso, Región de Valparaíso. Es un fundo que antes poseía 1500 hectáreas aproximadamente, hoy en día se encuentran 750 hectáreas de gran valor ambiental en las cuales solo 100 hectáreas de ella son para uso gratuito y demostrativo del parque para la gente que lo visita.

Fuente: Ubicación google maps

Figura 1.1: Ubicación geográfica parque Quebrada Verde

Fue donado en el año 1915 por Federico Santa María a la junta de beneficencia de Valparaíso con el fin de generar un parque al estilo europeo en el cual tuvieran zonas ecológicas e interactivas con las personas, una zona recreativa para compartir en familia conservando el ecosistema del lugar.

A principios de los años 80 paso a ser propiedad de FONASA conservando el parque hasta el año 2002.

En el año 2002 se propusieron mejorar y restaurar el parque a voluntad de Federico Santa María manteniendo y restaurando el lugar en la época del BICENTENARIO planteando el proyecto del parque Quebrada Verde.

En agosto del año 2006 se declaró este parque como santuario de la naturaleza por el ministerio de educación.

En el año 2009 se plantean los primeros planes para la construcción del parque en la cual incluya obras de acceso, desplazamiento del lugar, zonas de juego e interacción familiar, zona de picnic, miradores, granja, anfiteatro, estacionamiento, entre otras atracciones que están en proceso de construcción.

El Parque Quebrada verde es un espacio natural para Valparaíso para las generaciones actuales y futuras de convivencia social y ambiental con acceso gratuito de todos los habitantes.

El día 17 de enero del año 2011 el parque Quebrada Verde es entregado a la municipalidad de Valparaíso con una primera etapa de proyecto con una inversión de 1100 millones de pesos que va a contar con más de 3,5 km de sendero, aproximadamente hoy en día son 8 km de sendero.

Este sitio fue entregado por FONASA por un periodo de 30 años a la municipalidad de Valparaíso.

1.2 DIAGNÓSTICO

El parque Quebrada Verde tiene el objetivo de generar un lugar en el cual las personas puedan interactuar con el medio ambiente de forma sana y limpia, compartiendo en un patrimonio cultural en el cual se puedan llevar algún aprendizaje de la visita del parque. Este parque quiere atraer la atención de jóvenes estudiantes para que se interesen en el cuidado del medio ambiente por medio de proyectos generados dentro del parque que ayudan a su crecimiento como tal. Posee diferentes elementos que se describirán a continuación:

Área de granja: La granja se encuentra ubicada al lado izquierdo de la entrada en la cual se deben caminar 100 metros aproximadamente para llegar, esta granja educativa cuenta con animales que vienen del zoológico de Quilpué tales como muflones, ovejas, cabras de Juan Fernández y llamas, es ideal para jóvenes que deseen conocer un poco de vida animal en un sector de bosque. Se puede aprender un poco sobre la alimentación de los animales y movimientos que realizan.

Dentro del área de la granja se encuentran dos galpones en los cuales se encuentra la comida de los animales y todos los implementos requeridos para la granja.

Área de reciclaje: Si se sigue caminando en la misma dirección que la granja educativa, más arriba se encuentra un sector en donde hay una estructura grande llena de barriles en los cuales la gente desecha elementos los cuales pueden ser reciclados, incluyendo los desechos del parque dan la opción a las personas del exterior de reunir los desechos en ese lugar para luego ser procesados por una maquina chipeadora. Además de estos desechos también se encuentra un sector en el cual llegan los restos de árboles cortados de un espacio significativo.

Área de picnic: El sector de picnic se encuentra ubicado hacia el lado derecho del parque desde la entrada a una distancia de 300 metros caminando aproximadamente en la cual se cuenta con 16 puestos de parrilla constituidas por una base de ladrillo, la parrilla y el techo en forma de cono con una salida al exterior para que salga el humo también cuenta con una especie de cortina rustica echa de madera para tener una privacidad con respecto a las demás personas. A su alrededor cuenta con lavamanos, estacionamiento y cerca está el área de juegos.

Fuente: Elaboración Propia

Figura 1.2. Área de picnic situado en parque Quebrada Verde

Área de juegos: El sector de juegos se encuentra situado al lado del área de picnic la cual está constituida por juegos de madera, hay un arco de futbol, resbalines y casas de madera, sube y baja, entre otros juegos para los más pequeños. Además de tener juegos de madera también cuenta con el arriendo de bicicletas para andar dentro del parque, es una ideal propuesta para la gente que quiere conocer los senderos del parque lo cual hacen un recorrido de 8 km aproximadamente pudiendo conocer todos los miradores del sector.

Fuente: Elaboración propia

Figura 1.3. Área de juegos situado en parque Quebrada Verde

Maquinarias del parque: El parque tiene como uno de sus objetivos reciclar materiales y elementos del parque con máquinas chipeadoras, la máquina que se pudo observar se encuentra cerca de la entrada del parque que por el momento no se encuentra en funcionamiento por lo cual no se puede realizar reciclaje de materiales del parque, esto se debe a que la maquina no se encuentra en condiciones óptimas de trabajo.

Anfiteatro: El sector de anfiteatro se destaca ya que alrededor de todo el año se generan obras por organizaciones ya sea privadas o de estudiantes sobre el cuidado del medio ambiente, con atuendos ecológicos, obras para compartir en familia, junta de scout, entro otras actividades. La mayoría de las actividades organizadas se realizan en ese lugar.

Baños del parque: El parque cuenta con baños apto para todo público a la cercanía de los sectores en los que se generan mayor cantidad de visitas.

Senderos: El parque cuenta con 4 km de senderos para conocer la flora y fauna de chile, es un lugar exclusivo para conocer en largas caminatas, correr o andar en

bicicleta los cuales cuentan con miradores en los cuales se puede observar el mar situado en Laguna Verde, también cuenta con estatuas realizadas con distintos materiales como una atracción más del recorrido, además del paisaje de bosques en los que se puede ver el trabajo que ha realizado el parque sobre plantación y cuidado de árboles.

Biblioteca ecológica: Dentro de las oficinas de los trabajadores se encuentra una biblioteca con una variedad de libros, revistas y folletos que hablan del medio ambiente y su cuidado.

Mirador: Se encuentran dos miradores en los senderos del parque, uno llamado mirador norte situado en las cercanias del área de picnic y el otro mirador que se encuentra mas lejos caminando por los senderos llamado mirador sur. En el mirador sur tambien se encuentra una zona de juegos y un barco pirata echo de madera.

Gimnasio al aire libre: El parque posee un gimnasio al aire libre el cual fomenta a las personas a realizar deporte en un sector alejado de la tecnología. Cuenta con máquinas donadas por la municipalidad de Valparaíso las cuales también se pueden observar en plazas de la ciudad.

Por lo que se puede observar los lugares más visitados del parque es el área de picnic y el sector de juegos incluyendo el mirador norte esto es debido a que:

- Se encuentra cerca de la entrada
- Posee un sendero para que los autos puedan acceder al estacionamiento dentro del parque
- Cuenta con agua potable
- Esta cerca del área de juegos para los más jóvenes
- Posee un mirador a la cercanía

Un punto importante que destacar es la iluminaria del parque. Cuando se realizan visitas al parque se puede observar que algunos lugares se encuentran con iluminación y otros lugares no. Anteriormente se plantearon proyectos sobre la implementación de iluminación en los sectores antes nombrados, pero esto generaba mayor gasto energético para el parque lo cual no es favorable en los gastos de este. Los postes de luz que iluminan los senderos cercanos no se encuentran en funcionamiento ya que el parque ha sufrido el robo de componentes de la iluminación.

Por lo tanto, no tienen una iluminación definida en cada sector.

La idea del parque es implementar el uso de energías renovables en todo tipo de procesos realizados en este para tener una mayor atracción al público joven que tengan ganas de aprender sobre estos procesos con energías naturales.

Fuente: Elaboración propia

Figura 1.4. Poste de iluminación en parque Quebrada Verde

1.3 MARCO TEÓRICO

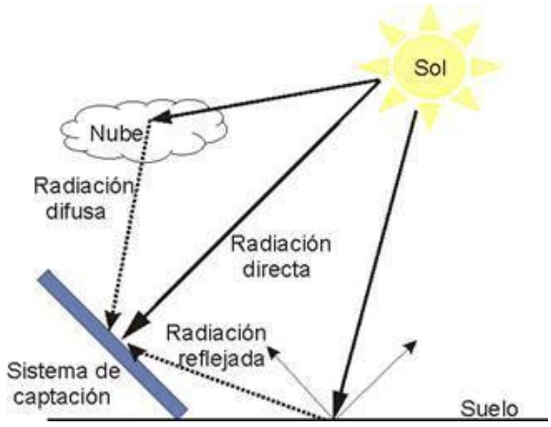
El presente trabajo evalúa la prefactibilidad de la instalación de energías renovables en el parque Quebrada Verde, es por ellos que es necesario aclarar ciertos conceptos que se deben de comprender.

La energía renovable son energías no convencionales, estas funcionan con ayuda de energía natural (sol, viento, mar, etc.) las cuales trabajan para complacer las necesidades humanas.

En este proceso se utilizarán dos energías renovables como la energía del sol y el viento por lo cual se deben entender los siguientes conceptos:

1.3.1 Radiación

La radiación es una variable meteorológica, encargada de ver la cantidad de calor que llega a la superficie terrestre. La radiación es la encargada de calentar aun sin la presencia del sol la superficie del suelo y objetos. La radiación viaja en forma de ondas que transportan energía y dependiendo de la cantidad de energía se clasifican para lo largo del espectro magnético.



Fuente: Sitio web pedrojhernandez.com

Figura 1.5: Tipos de radiación solar incidente en el plano horizontal

1.3.1.1 Tipos de radiación

Podemos encontrar 3 tipos de radiación las cuales llegan a la superficie terrestre, estas son:

Radiación directa: esta radiación es la que proviene directamente del sol e incide en el plano horizontal.

Radiación difusa: esta radiación es la que es recibida por la atmosfera producto de la dispersión de parte de la radiación del sol. Esta energía supone un 15% de la radiación global de los días soleados, en cambio en los días nublados los cuales tienen una radiación directa baja, la radiación difusa es mayor en porcentaje. Las superficies horizontales son las que más radiación difusa reciben.

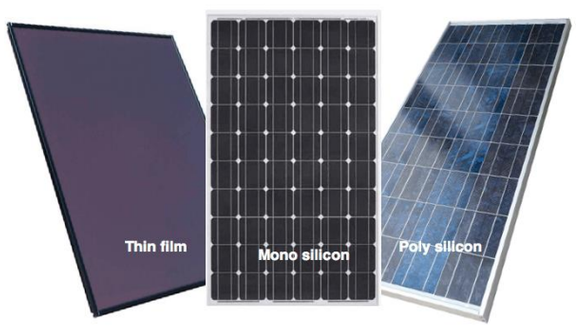
Radiación reflejada: esta radiación es la reflejada por la superficie terrestre la cantidad de radiación dependerá del coeficiente de reflexión de la superficie terrestre. Las superficies horizontales no reciben radiación reflejada.

1.3.1.2 Energía fotovoltaica

La energía fotovoltaica es aquella energía que se absorbe del sol por medio de elementos o componentes que puedan transformar la radiación a energía eléctrica para luego funcionar en diferentes espacios exteriores o interiores, haciendo funcionar desde un refrigerador hasta alumbrado público.

Estos componentes son los paneles fotovoltaicos en los cuales se diferencian distintos tipos de paneles, la clasificación es la siguiente:

- Monocristalinos: Los paneles fotovoltaicos monocristalinos se fabrican de silicio fundido con boro; este tipo de panel es utilizado en climas fríos, ya que este tipo de placas solares absorben mejor la radiación y soportar menos el sobrecalentamiento.
- Policristalinos: Los paneles fotovoltaicos policristalinos se fabrican de la misma manera de los policristalinos, pero disminuyen las fases de cristalización, estos paneles son utilizados en climas cálidos, estos absorben el calor a una mayor velocidad y le afecta menos el sobrecalentamiento.
- Amorfos: por último, están los amorfos, estos se fabrican depositando una lámina delgada sobre un sustrato ya sea vidrio o plástico. Estos son los menos eficientes y menos costosos, debido a su naturaleza amorfa de la capa fina es flexible y si se fabrica en una superficie flexible, el panel completo puede serlo.



Fuente: Sitio Web panelessolaresfotovoltaicos.org

Figura 1.6: Tipos de paneles solares para sistemas fotovoltaicos

Además de tener distintos tipos de paneles fotovoltaicos, también existen distintos tipos de sistemas fotovoltaicos clasificados en:

- Sistemas On grid: El sistema On grid permite generar electricidad mediante los paneles fotovoltaicos y se inyecta a la red eléctrica, este sistema se utiliza dentro del hogar quienes ya tengan instalaciones eléctricas y quieran tener un ahorro en su boleta de consumo mensual de electricidad.

- Sistemas Off grid: la función de este sistema es captar la radiación solar y almacenarlas en baterías para su posterior consumo. Este sistema no está conectado a la red eléctrica como el sistema On grid.
- Sistemas híbridos: el sistema hibrido posee las características del sistema On grid, con conexión a la red eléctrica y a la vez las características del sistema Off grid con el almacenamiento de energía en baterías.

1.3.2 Viento

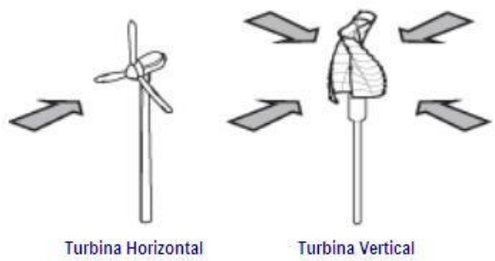
La energía del viento o eólica es la encargada de generar electricidad mediante la fuerza que genera el movimiento generado por el viento. Esta energía renovable no emite sustancias toxicas ni contaminantes del aire. Por medio de componentes al igual que el anterior pueden transformar esta energía en electricidad.

Para esto se utilizan aerogeneradores capaces de poder absorber la mayor cantidad de energía por medio del movimiento de aspas rotatorias, al igual que los paneles.

1.3.2.1 Tipos de aerogenerador

Existen diferentes tipos de aerogeneradores con respecto a su forma, estos son:

- Aerogenerador vertical: tal como indica su nombre, las palas giran en torno a un eje vertical, esto quiere decir que no necesitan mecanismo de orientación, sus producciones energéticas son menores esto quiere decir que el rendimiento con respecto a los de construcción horizontal es menor.
- Aerogenerador horizontal: su eje a diferencia del anterior va de manera horizontal, esto quiere decir que las palas giran en dirección perpendicular al viento. La velocidad de giro será inversamente proporcional a la cantidad de palas que posea el aerogenerador. Con respecto al rendimiento, es mucho mayor al de tipo vertical.



Fuente: Sitio Web solo un planeta

Figura 1.7: Tipos de aerogenerador o turbina

1.4 PROBLEMÁTICA

El parque en general cuenta con poca iluminación en todas sus instalaciones y atracciones al público, en el área de picnic, área de juegos, anfiteatro, granja, zona de reciclaje, mirador, senderos, solamente hay iluminación en la entrada del parque para trabajadores.

Se busca la atracción del público al parque para ser una zona en la cual se pueda disfrutar de la naturaleza en familia de forma limpia y sana y mantener una zona con diversidad biológica y mejorar el medio ambiente.

El problema en general es que se desea marcar una diferencia cultural con respecto a otros lugares de zona verde, con lo que ya está implementado en el parque aún no se genera una mayor atracción para el público lo cual no hay una gran cantidad de visitas anualmente.

Para esto se debe aprovechar la ubicación geográfica del parque ya que en esta ubicación hay una gran iluminación por parte del sol y fuertes vientos en ciertas zonas del parque como en el mirador que posee.

La mayor atracción es a estudiantes los cuales realizan visitas al parque para conocer un poco sobre el medio ambiente, que cuidados debe tener, y cuál es la importancia de mantener el ecosistema del parque, para esto se busca generar una atracción cultural relacionado con energías renovables para que puedan aprender algo nuevo con respecto al entorno del parque, es por ello que se desea generar un proyecto en el cual se pueda implementar la iluminación del parque para satisfacer las necesidades de los usuarios y del personal del parque y la utilización de energía renovable por medio de paneles fotovoltaicos y aerogeneradores para generar un mayor impacto en la enseñanza de estudiantes y personas que visiten el parque, y también cuáles son las ventajas de utilizar energías renovables.

Fuente: Elaboración propia

Figura 1.8. Área de picnic situado en parque Quebrada Verde

1.5 ANALISIS DE POTENCIA DE LOS DIFERENTES SECTORES DEL PARQUE

Para comenzar con la implementación de iluminación con energía renovable por medio de paneles fotovoltaicos y aerogeneradores nos debemos enfocar en los lugares que más necesitan iluminación en el parque quebrada verde. Las zonas de mayor necesidad serán el sendero hacia la zona de picnic y juegos hasta el mirador e implementación de energía renovable en la iluminación ya instalada en la entrada.

Fuente: Elaboración propia

Figura 1.9: Entrada del parque situado en parque Quebrada Verde

Se definirá la cantidad de ampolletas o focos que posee el parque en distintos sectores de este, donde circula la mayor cantidad de gente por su cercanía y atracciones. Por lo tanto:

1.5.1 Sectores del parque

1.5.1.1 Entrada del parque

Consta con 14 focos instalados alrededor de las oficinas de la entrada del parque en la cual se sitúan los trabajadores y guardias del sector. Solo hay cuatro en funcionamiento y se desea el funcionamiento completo de estos. Por lo tanto, se deben instalar los focos led antes mencionados con una potencia de 50 W cada uno.

Siendo:

$$Potencia\ entrada\ parque = N^{\underline{o}}\ focos\ a\ instalar * potencia\ de\ cada\ foco$$

$$Potencia\ entrada\ parque = 14 * 50\ W$$

$$Potencia\ entrada\ parque = 700\ W$$

En este caso se requieren de 14 focos de este tipo para la entrada del parque lo cual equivale a 700 W por hora que consumirán estos focos

1.5.1.2 Sendero principal hacia el sector de picnic

Para este sector se requiere la instalación de postes debido a que no se encuentran instalados en el sector.

De acuerdo a lo medido entre postes ya instalados, la distancia entre estos es de 40 a 45 metros entre cada uno por lo cual se mantendrá esta distancia por estética del parque.

Siendo:

Una distancia de 150 metros en el sendero aproximadamente se requiere de tres postes a instalar con una distancia de 40 a 45 metros en puntos ya establecidos debido a la cantidad de árboles que afectarían a la detección de energía solar para el sistema.

Esto quiere decir que se requerirán de 3 ampolletas para esta área.

$$Potencia\ sendero\ principal = N^{\underline{o}}ampolletas * potencia\ ampolleta$$
$$Potencia\ sendero\ principal = 3 * 50\ W$$
$$Potencia\ sendero\ principal = 150\ W$$

1.5.1.3 Área picnic y juegos

Para este sector no se calculó mediante distancias, sino mediante la cantidad de puestos para realizar picnic siendo 6 puestos, para esto se decide instalar un poste cada dos puestos debido a que se encuentran muy cerca, sería excesiva la idea de instalar uno por cada puesto. Siendo tres postes para el picnic y un poste más para el área de juegos que se encuentra a un lado de esta área.
Siendo:

$$Potencia\ area\ picnic\ y\ juegos = N^{\underline{o}}ampolletas * potencia\ ampolleta$$
$$Potencia\ area\ picnic\ y\ juegos = 4 * 50\ W$$
$$Potencia\ area\ picnic\ y\ juegos = 200\ W$$

1.5.1.4 Sendero hacia Mirador norte

Al igual que el sendero principal la instalación de postes será a la misma distancia que los demás, siendo la distancia de este sendero equivalente al otro, por lo cual se requieren de cuatro postes de luz en este caso debido a que en el sendero anterior se ubica iluminación en la entrada siendo un poste menos de luz por instalar. Pero para el caso de este sendero solo constaría con tres postes de luz para el sendero y uno ubicado cerca del mirador.
Siendo:

$$Potencia\ sendero\ principal = N^{\underline{o}}ampolletas * potencia\ ampolleta$$
$$Potencia\ sendero\ principal = 4 * 50\ W$$
$$Potencia\ sendero\ principal = 200\ W$$

1.5.1.5 Estacionamiento

Para este sector se instalarán 2 postes de luz más debido al área que abarca cerca del área de picnic y juegos.
Siendo:

$$Potencia\ en\ estacionamiento = N^{\underline{o}}ampolletas * potencia\ ampolleta$$
$$Potencia\ sendero\ principal = 2 * 50\ W$$

$$Potencia\ sendero\ principal = 100\ W$$

1.5.1.6 Sendero hacia oficinas

En este sendero al ser de un tramo más corto que los demás solo se instalará un poste de luz el cual es necesario para llegar a las oficinas de los encargados del parque siendo una distancia no mayor a 50 metros.

Siendo:

$$Potencia\ sendero\ oficinas = 50\ W$$

Por lo tanto, la potencia total consumida será definida por la siguiente sumatoria:

$$Potencia\ total\ consumida = \sum potencia\ total\ de\ cada\ sector$$

$$Potencia\ total\ consumida = 700W + 150\ W + 200\ W + 200\ W + 100\ W + 50\ W$$

$$Potencia\ total\ consumida = 1400\ W$$

Ya con la información de la iluminación de la entrada del parque se puede dar una idea de la cantidad de energía que se consume a diario.

Para realizar la comparación de energía con los componentes de paneles y aerogeneradores se debe entender el tipo de funcionamiento tanto como para paneles fotovoltaicos y aerogeneradores.

1.5.2 Sistema con paneles fotovoltaico

1.5.2.1 Funcionamiento general:

¿Cómo los paneles solares pueden transformar la energía del sol en electricidad?

Esto es posible gracias al efecto fotovoltaico. Los paneles solares están formados por celdas fotovoltaicas las cuales son placas de un material que es semiconductor, el cual generalmente es de silicio cristalino. Si se ve del punto de vista del sol, la luz irradiada de este contiene fotones que al entrar en contacto con las placas del panel son absorbidas por los electrones de la celda formando un flujo de electrones o una corriente eléctrica directa lo que es igual a electricidad.

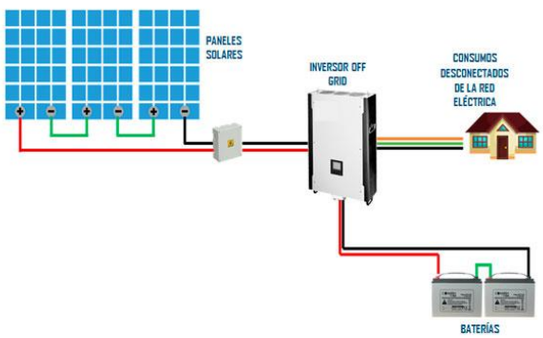
Esta electricidad es la que se utilizará para cada foco de iluminación del parque por lo que se debe tomar en consideración como será la instalación de este tipo de sistema.

Un panel grande en general o un panel por foco.

Los componentes fundamentales del panel fotovoltaico son:

- Módulos fotovoltaicos
- Regulador de carga
- Inversor
- Cableado
- Estructura de montaje

Se debe seleccionar un módulo fotovoltaico que genere la cantidad de watts necesaria para cada poste de luz. Para esto con la información dada anteriormente se deben producir 50 Watts de potencia por ampolleta para sustentar cada poste. Al seleccionar el módulo fotovoltaico se podrán definir los otros componentes del sistema.



Fuente: Wega-lighting.com

Figura 1.10. Funcionamiento sistema fotovoltaico off grid

1.5.3 Sistema con aerogeneradores:

1.5.3.1 Funcionamiento general:

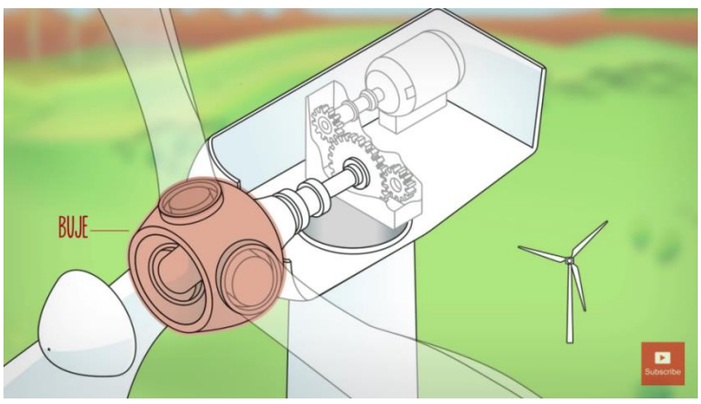
Para ver el funcionamiento de los aerogeneradores se deben saber las fases que tiene el proceso que va desde la energía cinética que es transformada a energía mecánica rotativa para después convertir en energía eléctrica.

El tipo de aerogenerador de tres palas las cuales son encargadas de capturar la energía cinética del viento de forma lineal haciendo girar un eje, llamado eje lento el cual este acoplado a una caja de engranajes que cumplen la función de multiplicar la velocidad de giro más de 100 veces, llamado multiplicador. Este cambio pasa a un eje, llamado eje rápido el cual este acoplado a un generador que aprovecha la energía

cinética del eje rápido para transformarla en energía eléctrica. Esta energía eléctrica es conducida por el interior de la torre hacia un rectificador la cual lo transforma en corriente alterna y un transformador para elevar la tensión para poder transportar dicha corriente. Cada aerogenerador posee una veleta la cual cumple la función de indicar la dirección del viento lo que permite girar sobre la torre orientándose automáticamente. Las palas están diseñadas para captar de mejor forma la energía cinética, están fabricados con materiales resistentes y ligeros.

Además, deben poseer los algunos de los componentes indicados para sistemas fotovoltaicos tales como:

- Regulador de carga
- Inversor
- Cableado



Fuente: Youtube.com funcionamiento-aerogenerador

Figura 1.11. Funcionamiento aerogenerador horizontal

1.5.4 Parámetros a considerar

1.5.4.1 Sistema paneles fotovoltaicos:

- Se prefiere utilizar la opción de instalar paneles en un solo lugar para realizar demostraciones acerca del funcionamiento y cuidado de estos componentes.
- Las áreas de trabajo al que va enfocado el proyecto son a la entrada del parque cambiando la energía eléctrica consumida a un sistema de energía renovable.
- También al sendero entre la entrada y el área de picnic y juegos. En los tres sectores se enfocará la instalación de postes de luz con energía renovable.

- Se utilizará un sistema fotovoltaico Off grid.

1.5.4.2 Sistema aerogeneradores:

- La ubicación de los aerogeneradores ya está definida en cierto aspecto ya que la ubicación donde están los miradores es donde corre una gran cantidad de viento que se puede captar a simple vista.
- De acuerdo con lo planteado se utilizará un aerogenerador horizontal.

Aun se debe definir la cantidad de energía que se utilizara en el parque por día. Por falta de información sobre el consumo de electricidad aún no se pueden definir parámetros definidos a base de cálculos.

Para esto se deben realizar estudios climáticos con respecto a la radiación y velocidad del viento en el sector del parque Quebrada Verde que se mencionarán en el próximo capítulo.

CAPITULO 2 ESTUDIO CLIMÁTICO DEL SECTOR

2 ESTUDIO CLIMÁTICO DEL SECTOR

2.1 INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

Lo primero que se debe tomar en cuenta para hacer un estudio climático es, que instrumentos se utilizarán para la medición de radiación del sol y velocidad del viento en el parque.

- Instrumento utilizado para radiación: Piranómetro
- Instrumento utilizado para velocidad del viento: Thermoanemómetro

2.1.1 Piranómetro

Para este caso se utilizó un piranómetro de modelo SP lite2 que cumple la funcionalidad de realizar mediciones rutinarias de radiación solar. Está enfocado para la monitorización de paneles fotovoltaicos.

Fuente: Kipp & zone

Figura 2.12: Imagen piranometro SP lite2

Funciones del dispositivo: Posee un detector fotodiodo el cual genera un voltaje de salida, proporcional a la radiación entrante.

Las mediciones son más precisas y constantes debido a sus componentes.

Es de fácil uso, debido a el traspaso de los datos, ya que puede conectarse directamente a un voltímetro o a un registrador de datos en unidades de W/m2.

Los componentes del instrumento son los siguientes:

Registrador de datos, cable amarillo de alta calidad marca Kipp & Zonnen y un plato de montaje en donde van ubicado tres pernos ajustables y nivel de burbuja para mantener el piranómetro de forma estable.

Las desventajas encontradas al utilizar el instrumento piranómetro es el equilibrar el instrumento en el suelo, el cual se encontraba de forma irregular, ya que es un sendero y por lo siguiente no se encuentra un piso regular, el cual dificultaba colocar el nivel de burbuja dentro del equilibrio.

Datos técnicos:

Tabla 2.1: Datos técnicos piranómetro SP lite2

Rango espectral	400 a 1100 nm
Sensibilidad	60 a 100 uv/W/m2
Tiempo de respuesta (95%)	< 500 s
Dependencia a la temperatura	< -0,15 %/°C
Rango de temperatura de operación	- 40°C a +80 °C
Irradiancia solar máxima	2000 W/m2
Campo de visión	180°
Error direccional (hasta 80° a 1000 W/m2)	< 10 W/m2

Fuente: Kipp & zone

2.1.2 Thermoanemometro

Para este caso se utilizó un thermoanemometro de modelo HD300 de la empresa EXTECH Instruments, cumple la funcionalidad de realizar mediciones de velocidad del aire, flujo de aire, temperatura del aire y temperatura de alguna superficie mediante laser. Las ventajas que tiene este instrumento es que mide simultáneamente la velocidad del aire y su temperatura.

Fuente: EXTECH Instruments

Figura 2.13: Imagen thermoanemometro HD 300

Puede medir las temperaturas máximas y mínimas en un periodo de tiempo y calcular la velocidad promedio. Estos datos pueden ser grabados a través de un software para generar gráficos de distintas mediciones relacionadas a temperaturas, velocidades, flujos, entre otros.
Si el instrumento no se utiliza, se apagará automáticamente ahorrando batería.

La desventaja de este instrumento de medición se encuentra en la toma de mediciones y en el monitoreo esto debido a que no se realiza de forma automática por un periodo de tiempo, si no que depende exclusivamente de una persona.

Es de uso fácil y posee los siguientes componentes: Cable USB para conexión de software, CD instalador de software, ventilador, laser, y equipo con pantalla LCD grande con retroiluminación.

Datos técnicos:

Tabla 2.2: Datos técnicos thermoanemometro HD 300

Pantalla	doble; LCD multifunción
Tasa de muestreo	1 lectura por segundo
Relación IR de distancia al punto	30:1
Respuesta al espectro IR	6 a 14 um
Emisividad IR	0,95 fija
Interfaz para PC	USB pc con software incluido
fuente de poder	batería 9V
Peso	280 g
Medidas	velocidad del aire: m/s, km/h, ft/min, nudos, mph
	flujo de aire: MCM (m3/min) y PCM (ft3/min)

Fuente: EXTECH Instruments

2.2 MEDICIONES REALIZADAS EN DIVERSOS PUNTOS DEL PARQUE

Sabiendo la funcionalidad de cada instrumento se procede a seleccionar los lugares en las cuales se medirá.

Para el caso de los dos tipos de mediciones se escogieron los siguientes sectores:

- Mirador norte, parte superior
- Mirador norte, parte inferior
- Entrada del parque
- Mirador norte, parte izquierda (bajo el mirador)
- Sector picnic

Estos lugares fueron elegidos por criterio propio debido a la exhaustiva búsqueda de los mejores lugares para la realización de las mediciones, ya que al

caminar por el parque se encuentran muchos lugares espaciosos sin sombras ni obstáculos que generen una variación en las mediciones realizadas para la instalación de estas energías renovables, pero no son lugares habitados por los trabajadores y gente que va a visitar el parque, por ende no serán lugares en donde se puedan aprovechar esta instalación de energías renovables.

Es por ello que los sectores más apropiados para la instalación de estas energías renovables serán la zona de picnic, la entrada del parque y por último el mirador norte.

Los instrumentos de medición fueron prestados por parte de la universidad, ya que los costos de los instrumentos mencionados requieren de una gran inversión, además de que deben ser configurados por medio de software pagados.

2.2.1 Medición de radiación

2.2.1.1 Mediciones piranómetro

- Se debe configurar la cantidad de datos que detectará por un periodo de tiempo, en este caso las primeras mediciones fueron seleccionadas con un periodo de 10 minutos entre mediciones.
- Es importante que el piranómetro este equilibrado en un punto sin la circulación de personas u otros objetos ya que se generarán señales de radiación alterada debido a las sombras que se pueden generar, afectando la medición del piranómetro.
- Las mediciones posteriores fueron configuradas con un periodo de 5 minutos entre mediciones realizándose en un distinto horario al anterior.
- La obtención de mediciones se realiza en la misma universidad ya que se debe tener un software que se debe pagar para obtener los valores obtenidos en el parque.
- Estos valores están dados en unidad voltaje los cuales deben pasar a unidad de W/m2 por medio de la conversión de dividir por 70,7 y multiplicar por 10000000 para obtener esta unidad, información indicada por la encarga de los instrumentos de medición de la universidad.

Primeras mediciones por periodo de 10 minutos por medición

Tabla 2.3: Fragmento de mediciones piranómetro cada 10 minutos

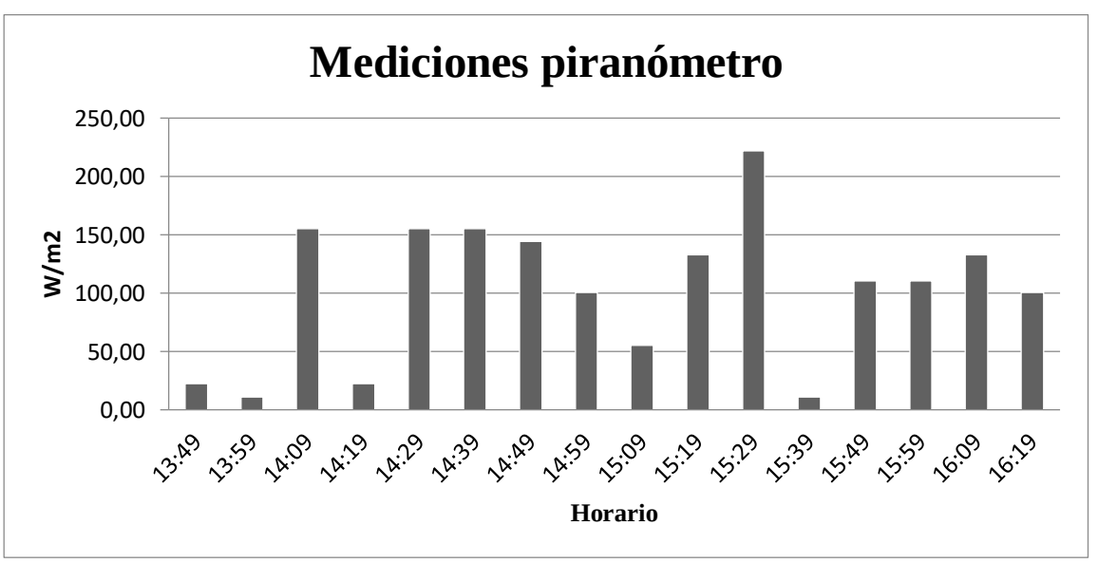
HORA	MEDICION	VOLTAJE (V)	VOLTAJE DIVIDIDO POR 70,7	POR 1000000 W/m2
14:09	3	0,011	1,56E-04	155,59
14:29	5	0,011	1,56E-04	155,59
14:39	6	0,011	1,56E-04	155,59
14:49	7	0,0102	1,44E-04	144,27
15:29	11	0,0157	2,22E-04	222,07

Fuente: Elaboración Propia

Las mediciones mostradas en esta tabla son un fragmento del anexo A en la cual se sitúan todas las mediciones realizadas ese día.

Tal como se muestra las mediciones obtenidas deben dividirse por 70,7 y luego multiplicarse por 1.000.000 para que queden en unidad de W/m2.

Las mayores mediciones obtenidas aún siguen siendo bajas ya que no se ha logrado realizar mediciones en un día totalmente soleado, para días nublados las mediciones no superan los 250 W/m2.



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 2.1: Mediciones piranómetro con respecto al tiempo

Medición máxima realizada fue de 222,07 W/m2 y la medición mínima de 11,32 W/m2, algunas mediciones no se tomarán en cuenta ya que pueden haber sido alteradas en el transcurso de la medición.

Para las siguientes mediciones se realizaron luego de dos semanas por el cambio de clima para obtener mediciones con valores diferentes.

Mediciones por periodo de 5 minutos por medición:

Tabla 2.4: Fragmento de mediciones piranómetro cada 5 minutos

HORA	MEDICION	VOLTAJE (V)	VOLTAJE DIVIDIDO POR 70,7	POR 1000000 W/m2
12:25	16	0,018	2,55E-04	254,60
12:30	17	0,018	2,55E-04	254,60
12:35	18	0,0165	2,33E-04	233,38
12:45	20	0,018	2,55E-04	254,60
12:50	21	0,0204	2,89E-04	288,54
13:10	25	0,0165	2,33E-04	233,38
13:15	26	0,0165	2,33E-04	233,38
13:40	31	0,0361	5,11E-04	510,61
13:50	33	0,0157	2,22E-04	222,07

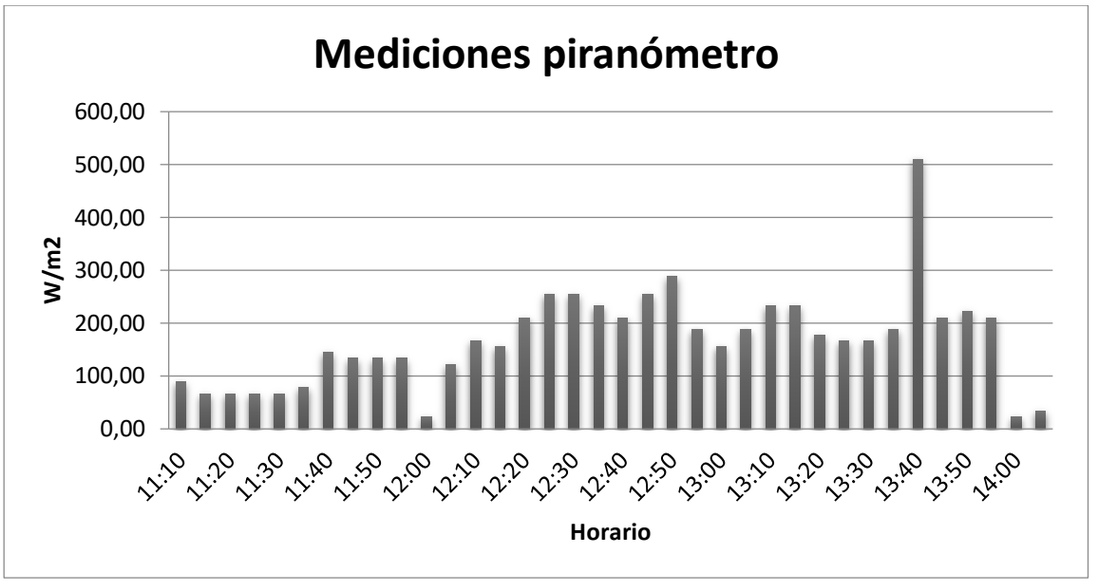
Fuente: Elaboración propia

Las mediciones mostradas en esta tabla son un fragmento del anexo A en la cual se sitúan todas las mediciones realizadas ese día.

Se realiza el mismo cálculo que la tabla anterior para obtener las mediciones en unidad de W/m2.

Siendo las mediciones de este día mucho mayores que las mediciones anteriores ya que el clima estuvo más despejado, además de medir en un horario diferente.

De acuerdo con el siguiente gráfico:



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 2.2: Mediciones piranómetro con respecto al tiempo.

En el gráfico se muestran todas las mediciones realizadas, si bien se muestran en periodos de 10 minutos cada medición, se realizaron cada 5 minutos, todas las medidas de este gráfico estarán representadas en la tabla del anexo N°2.

La medición máxima obtenida fue de 510,61 W/m2 y la medición mínima fue de 22,66 W/m2.

Esto quiere decir que depende mucho del clima y horario del día, ya se obtiene que en días nublados la radiación llegue a ser de 200 W/m2 aproximadamente.

Al realizar las mediciones en otoño no se puede apreciar la máxima radiación que puede generar el sol en los sectores del parque, esto requiere de un estudio con mayor tiempo para realizar mediciones de forma diaria durante todo el año.

De acuerdo con las mediciones realizadas de radiación solar, no se puede llegar a definir un lugar para la instalación fotovoltaica ya que se requiere un estudio de todo el año para indicar si la radiación es la necesaria para un sistema fotovoltaico.

Hoy en día existen diferentes programas que se utilizan para medir la radiación del sol durante todo el año, indicando el lugar donde se requiere el estudio, que se representan de manera gráfica y en tablas

Programas por utilizar:

- Explorador Solar.
- Registro solarimétrico de la universidad Federico Santa María.
- Retscreen.

Cabe destacar que la mayoría de los programas para medir la radiación solar, utilizan la radiación incidente en el plano horizontal para efecto de cálculos de paneles fotovoltaicos.

Datos obtenidos por cada programa o registro.

2.2.1.2 Explorador Solar

Tabla 2.5: Mediciones radiación explorador solar

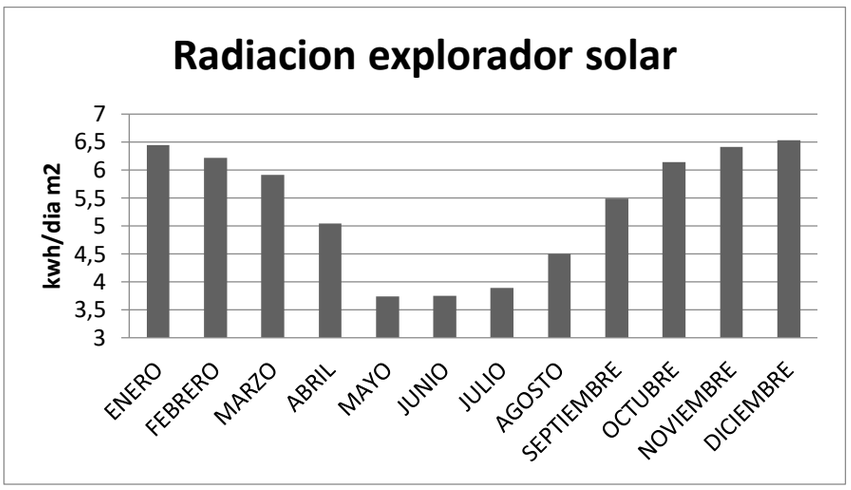
Radiación incidente en el plano horizontal												
MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
DIRECTA	4,88	4,79	4,65	4,01	2,89	3,03	3,12	3,55	4,29	4,69	4,84	4,93
DIFUSA	1,42	1,31	1,16	0,95	0,8	0,67	0,72	0,89	1,11	1,33	1,44	1,46
SUELO	0,14	0,12	0,1	0,08	0,05	0,05	0,05	0,06	0,09	0,12	0,13	0,14
GLOBAL	6,44	6,22	5,91	5,04	3,74	3,75	3,89	4,5	5,49	6,14	6,41	6,53

Fuente: Explorador solar

Datos obtenidos con respecto a la latitud del lugar igual a 33º, inclinación igual a 33º.

Se muestran distintos tipos de radiación de cada mes del año 2018 en la cual se enfocará en la suma de estas para calcular el sistema fotovoltaico.

Mediciones expresadas en Kwh/día.



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 2.3: Mediciones radiación explorador solar

- Inclinación: 33º.
- Ubicación: área picnic, parque Quebrada Verde, Valparaíso.
- Radiación global en el plano horizontal promedio por día.
- Azimut: 0.

Los meses de mayo, junio y Julio son los más críticos con respecto a la radiación ya que se utiliza mayor cantidad de energía eléctrica y se genera menos radiación incidente en el plano horizontal con la inclinación respectiva.

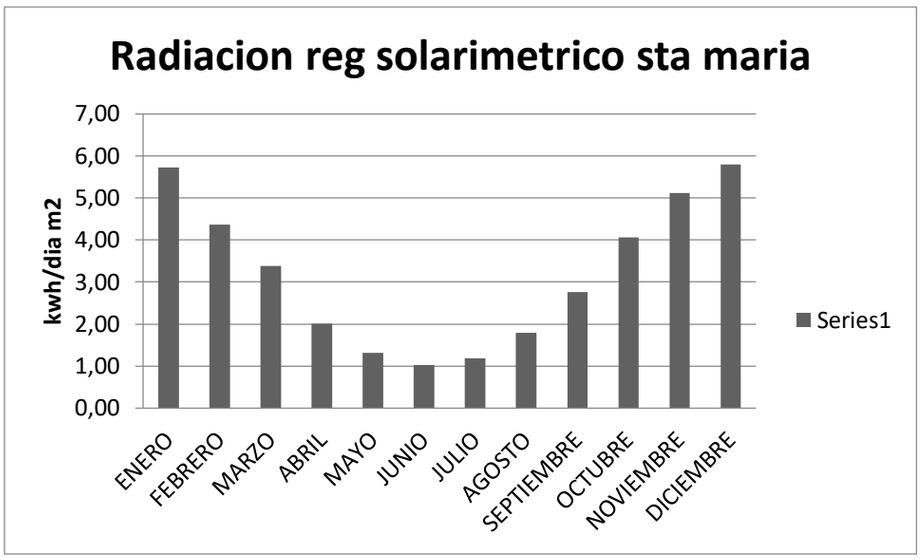
2.2.1.3 Registro solarimétrico de la universidad Federico Santa María

Tabla 2.6: Mediciones radiación registro solarimétrico USM

AZIMUT	INCL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
0 al sur	23	181,2	140,8	113	70,2	46,9	36,3	42	64,1	93,8	132	162,8	182,4	1265,5
	33	171,7	130,9	101,4	60,3	39,4	30,9	35,4	53,8	83	121,7	153,6	173,9	1156
	43	158,8	118,6	88	50,5	33,3	27,4	30,7	44,8	70,8	109,3	141,6	161,9	1035,7
	53	142,9	104,2	73,4	41,6	31,7	26,1	29,2	39	58	95,1	126,9	146,9	915
	90	81,3	56	45	32,4	24,4	19,9	22,4	30,5	39,5	52,2	72,3	84,6	560,5

Fuente: Registro solarimétrico USM

Este registro solarimétrico muestra solo la radiación global con distintas inclinaciones establecidas para la región de Valparaíso. Se debe indicar que la radiación esta de manera mensual, por lo cual deben dividirse por la cantidad de días por cada mes para calcular el promedio al día captado dependiendo que inclinación se utilizara para el sistema fotovoltaico.



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 2.4: Mediciones radiación registró solarimetrico USM

- Inclinación: 33º.
- Ubicación: Valparaíso, (no especifica ubicación exacta).
- Radiación global en el plano horizontal promedio por día.
- Azimut: 0.

Gráfico seleccionado con la inclinación de 33º debido a que son valores de la región que no indican un punto exacto, solo se menciona que es de la región de Valparaíso por lo cual no se puede tener una medición exacta de la ubicación que se desea instalar un sistema con energía renovable

2.2.1.4 Retscreen

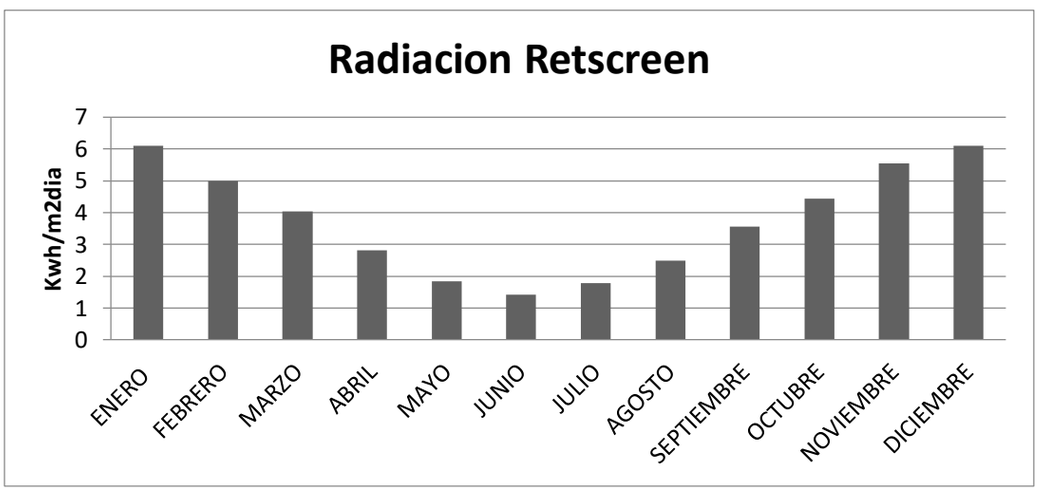
Tabla 2.7: Mediciones radiación Retscreen

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
6,1	4,99	4,03	2,82	1,84	1,42	1,79	2,5	3,55	4,43	5,54	6,09

Fuente: Programa Retscreen

Datos obtenidos por medio del programa Retscreen indicando latitud y longitud del lugar.

Los datos están indicados como radiación promedio diaria por cada mes en el plano horizontal.



Fuente Elaboración propia

Gráfico 2.5: Mediciones radiación Retscreen

- Inclinación: no especificada.
- Ubicación: área picnic, parque Quebrada Verde, Valparaíso.
- Radiación global en el plano horizontal promedio por día.
- Azimut: 0.

Este gráfico representa la radiación de cada promedio día en mes sin indicar el ángulo de inclinación donde se capta la radiación por lo cual no genera mucha confianza

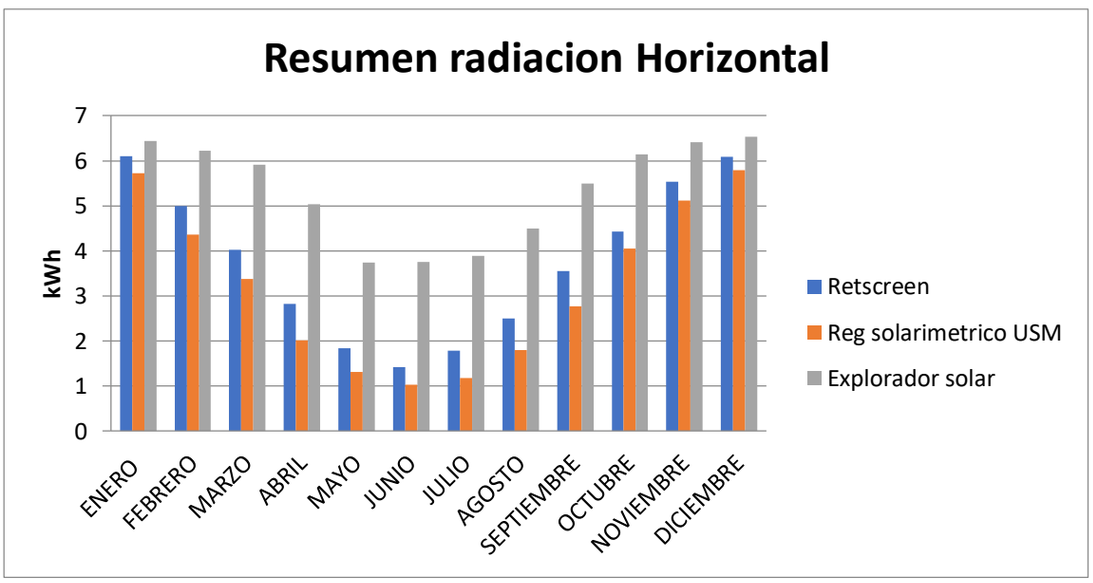
con respecto a los otros programas. Cabe destacar que este programa se especializa en países de Europa.

Se debe generar una relación entre las mediciones calculadas por cada programa para seleccionar cuales mediciones son las más creíbles para el sistema fotovoltaico a dimensionar.

Para esto se generará un gráfico con las mediciones de cada programa indicando los puntos a favor y en contra de cada uno de estos.

2.2.1.5 Selección de programa

Se debe generar una comparación de valores de los distintos programas utilizados por medio del siguiente gráfico:



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 2.6: Resumen medición radiaciones de programas

Tal como se indicó anteriormente los programas utilizados tienen diferentes parámetros para medir la radiación en la ubicación seleccionada.

Para esto se seleccionará el programa que posea los siguientes datos:

- Inclinación de la medición de radiación, debido a que con una inclinación se puede absorber mayor radiación que en el plano horizontal.
- Ubicación exacta del lugar que se requiere instalar el sistema fotovoltaico ya que para distintos lugares existe una radiación diferente.

El programa que cumple con estos datos es el Explorador Solar ya que aparte de tener esta información, posee estudio desde días, meses y años de radiación solar en ubicaciones establecidas por el usuario, mostradas de manera gráfica y tabulada
Además, indica cual es la inclinación óptima para que el sistema fotovoltaico capte la mayor cantidad de radiación.

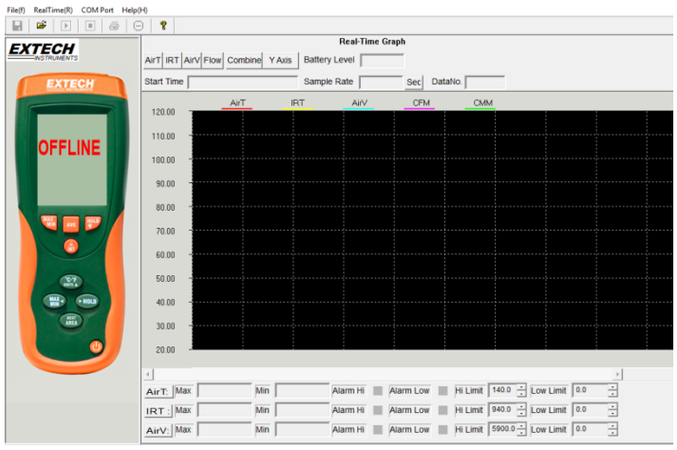
Para el caso del registro solarimétrico de la Santa María se indican las radiaciones para la región de Valparaíso de manera general, por lo cual no genera la confianza de utilizar los datos de este programa, ya que se puede deducir que es un promedio de las mediciones realizadas en distintos lugares de la región.

Para el caso del programa Retscreen, indica las radiaciones con respecto al plano horizontal sin indicar el ángulo de inclinación con el cual se obtuvieron los datos. Esto también genera una mayor desconfianza ya que no se puede deducir si se utilizó o no un ángulo de inclinación para la radiación obtenida.

2.2.2 Medición velocidad del viento

2.2.2.1 Mediciones thermoanemometro

- Se debe configurar la unidad de medición del instrumento, para este caso las mediciones fueron realizadas en Km/h.
- Para realizar las mediciones máximas, mínimas y medias se debe mantener presionado el botón hold.
- Para mejor uso se debe instalar el software que viene incluido con el equipo para manejo por computador.
- El ventilador debe estar conectado al thermoanemometro y ponerse en posición correcta al sentido del viento.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2.14: Imagen software HD 300

Una vez configurado los instrumentos se procede a realizar las mediciones y sus conversiones correspondientes para calcular la energía que se puede generar.

Primeras mediciones periodo de tiempo variable.

Tabla 2.8: Fragmento de mediciones thermoanemometro

HORA	LUGAR	VELOCIDAD +(Km/h)	T (°C)	VELOCIDAD - (Km/h)	T (°C)	VELOCIDAD MEDIA(Km/h)	T (°C)
13:15	MIRADOR	8,2	20	1,7	18,1	2,9	20,8
14:15	MIRADOR	7,9	18,6	2,4	15,9	6	16
14:32	SENDERO	6,1	17	2,9	17,1	4,8	17,1
14:37	MIRADOR	8,8	17,7	1,1	17,7	4,4	17,7

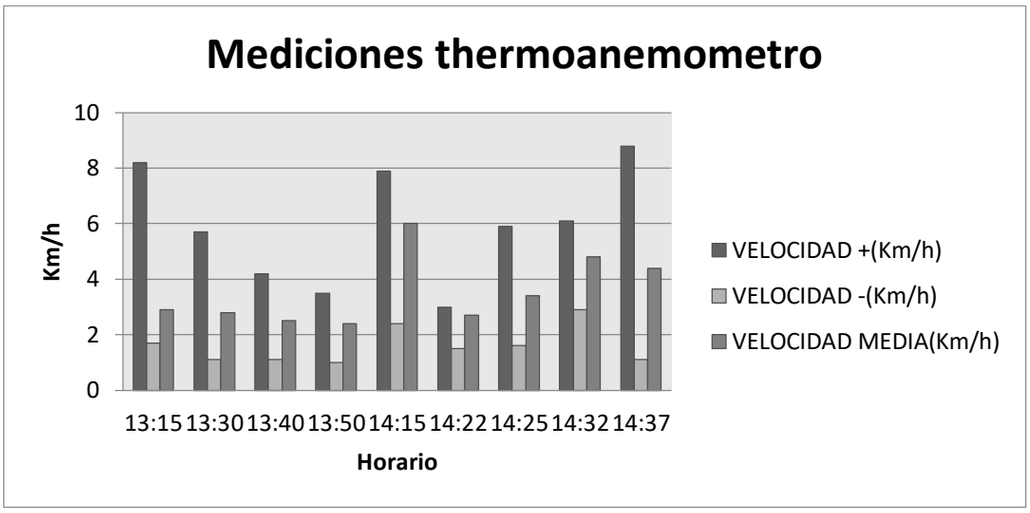
Fuente: Elaboración propia

Las mediciones mostradas en la tabla son las mediciones máximas de la tabla ubicada en el anexo A realizadas el mismo día que las primeras mediciones del piranómetro.

Para este caso se toma la velocidad máxima, media y mínima por cada medición siendo uno de los mejores lugares donde corre viento es en el sector del mirador, que da ubicación camino al mar, es una zona despejada de árboles lo cual no genera obstáculo para la circulación del aire.

Siendo la velocidad máxima medida de 8,2 Km/h llegando a ser en ciertos periodos hasta 12 Km/h y aumentando, la velocidad mínima es de 1,1 km/h,

prácticamente no se siente el viento y una velocidad media de 3 a 5 km/h aproximadamente. La temperatura no varía de gran manera siendo entre 17 a 21 °C.



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 2.7: Mediciones thermoanemometro cada 10 min

En el siguiente grafico se muestran todas las mediciones realizadas pudiéndose observar las velocidades máximas, media y mínimas por cada horario, es importante ubicar bien la posición del ventilador para captar la mayor cantidad de corrientes de viento. Algunas mediciones se verán alteradas por la mala ubicación del ventilador.

Mediciones secundarias periodo de tiempo variable

Tabla 2.9: Fragmento de mediciones thermoanemometro

HORA	LUGAR	VELOCIDAD +(Km/h)	T(°C)	VELOCIDAD -(Km/h)	T°C)	VELOCIDAD MEDIA(Km/h)	T(°C)
11:54	PICNIC	6.2	16.5	2.6	16.5	3.4	16.4
12:00	MIRADOR ARRIBA	7.1	15.1	2.0	15.1	3.6	15.1
12:10	MIRADOR ARRIBA	10.1	13.8	6.7	13.9	7.5	14.0
12:24	MIRADOR ABAJO	6.0	13.4	5.4	13.3	6.5	13.3
12:34	MIRADOR ABAJO	7.7	13.4	5.7	13.4	5.4	13.5
12:37	MIRADOR ARRIBA	8.2	12.9	5.6	12.9	7.2	12.8
12:40	MIRADOR ABAJO	7.3	13.4	5.4	13.4	5.9	13.4
12:43	MIRADOR	6.7	15.2	3.2	15.2	4.3	15.2

Fuente: Elaboración propia

Las mediciones mostradas en la tabla son las mediciones máximas de la tabla ubicada en el anexo A realizadas el mismo día que segundas mediciones del piranómetro.

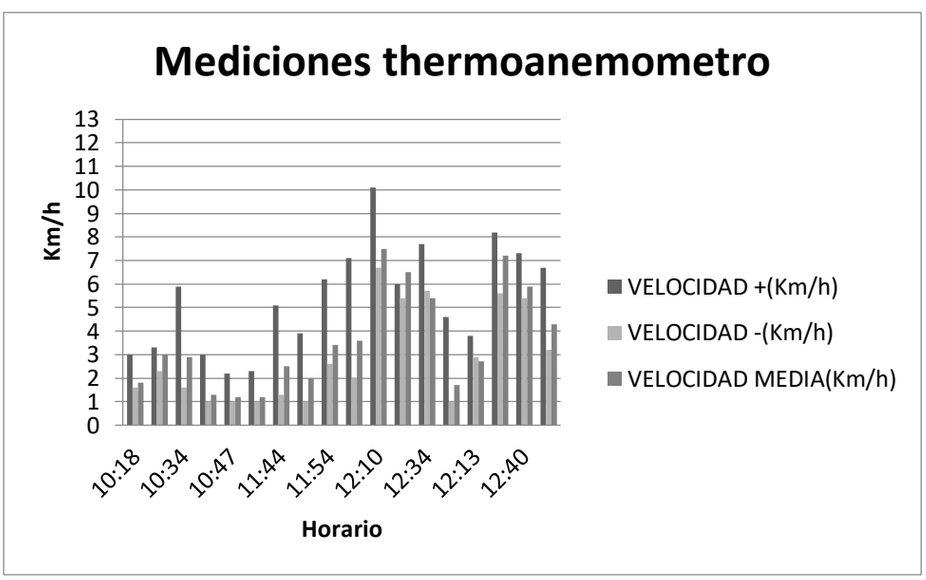
En esta ocasión las mediciones máximas de velocidad siguen siendo en el sector del mirador por el mismo punto planteado anteriormente. De un comienzo cuando se comenzó a caminar por el parque la mayor cantidad de viento se siente en el sector del mirador por esto la mayor cantidad de mediciones fueron realizadas en diferentes partes de este sector.

Siendo la velocidad máxima de 10,1 Km/h llegando a haber velocidades máximas de 19 km/h aproximadamente en periodos cortos de tiempo, la velocidad mínima fue de 2 km/h y la velocidad media varía entre 3 a 7 km/h.

Estas mediciones fueron realizadas en otro horario variando de forma considerable las velocidades medidas anteriormente.

Al no tener una posición definida del ventilador con respecto a las corrientes de viento, no se pueden definir mediciones exactas de velocidad del viento que hay en el sector.

Para esto se requeriría de un sistema parecido al de un aerogenerador que capta la dirección del viento desplazando el sistema giratorio de aspas del aerogenerador.



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 2.8: Mediciones thermoanemómetro cada 5 min

En este gráfico se muestra que las velocidades medias se acercan a las velocidades bajas por lo cual no hay una velocidad alta que sea constante, solo se mantienen las velocidades más bajas por mayor cantidad de tiempo. Se requiere de una mayor cantidad de mediciones para concluir algo acerca de las corrientes de aire en el sector.

Se encontraron muchos tiempos en los cuales el viento se mantenía con velocidades bajas y escasas velocidades altas.

El sector del mirador al ser una zona despejada de árboles y arbustos y al estar en una altura considerable, además de su ubicación frente al mar, en este lugar se capta las mayores velocidades de las corrientes de viento en el parque quebrada verde. No hay objetos que obstruyan las corrientes de viento.

Si bien se observan gran magnitud de velocidades no se puede concluir con la instalación de aerogeneradores debido al tiempo requerido para la evaluación de tal instalación la cual los datos adquiridos deben de ser a lo menos durante 3 años para una correcta evaluación.

Para esto existen diversos programas para indicar las velocidades del viento en un lugar definido durante todo el año por sistema satelital, los cuales son:

- Explorador solar
- Ministerio de energía eólica
- Retscreen

El primer programa por utilizar será:

2.2.2.2 Explorador solar

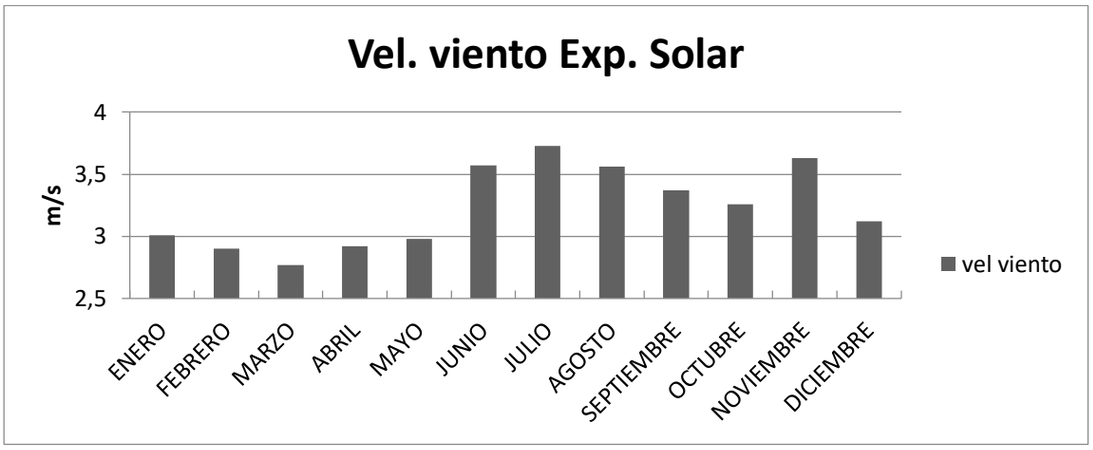
Mediciones obtenidas de velocidad del viento en el año:

Tabla 2.10: Medición velocidad viento explorador solar

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
m/s	3,01	2,9	2,77	2,92	2,98	3,57	3,73	3,56	3,37	3,26	3,63	3,12

Fuente: Explorador solar

Promedio de velocidades del viento en m/s por día en cada mes del año



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 2.9 : Medición velocidad del viendo explorador solar

- Velocidad medida: velocidad media diaria por mes.
- Ubicación: área picnic, parque quebrada verde, Valparaíso.
- Altura de medición: 5,5 mts.

De acuerdo con el gráfico se presentan las velocidades promedio de cada mes a una altura de 5,5 mts, los cuales demuestra una velocidad máxima de 3,73 m/s, y mínima de 2,9 m/s.

2.2.2.3 Retscreen

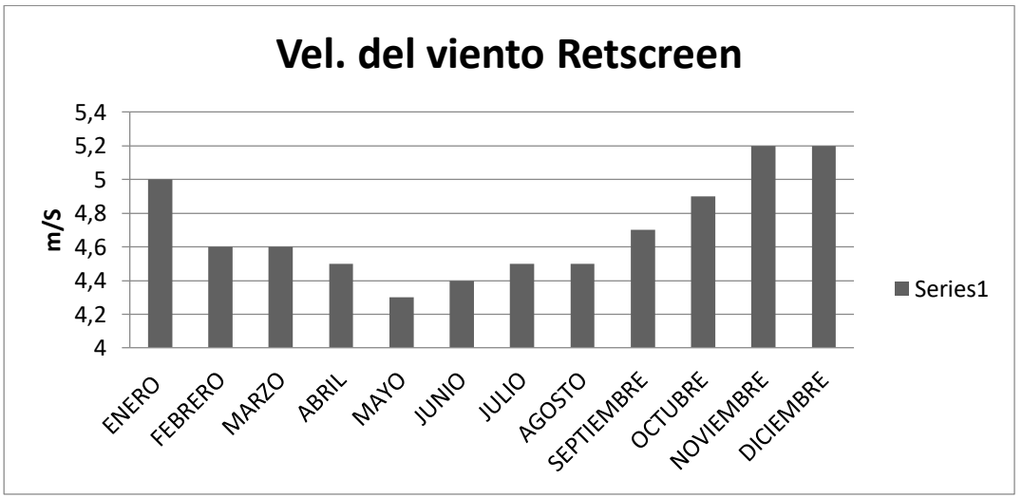
Mediciones obtenidas de velocidad del viento en el año:

Tabla 2.11: Medición velocidad viento Retscreen

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
5	4,6	4,6	4,5	4,3	4,4	4,5	4,5	4,7	4,9	5,2	5,2

Fuente: Retscreem

Promedio de velocidades del viento en m/s por día en cada mes del año



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 2.10: Medición velocidad del viendo Retscreen

- Velocidad medida: velocidad media diaria por mes.
- Ubicación: área picnic, parque quebrada verde, Valparaíso.
- Altura de medición: 70 mts.

De acuerdo al grafico del programa Retscreen se indican las velocidades promedio por cada mes a una altura de 70 mts en la misma ubicación seleccionada para el programa anterior, como se puede observar las velocidades superan los 4 m/s mínimos para poder generar un proyecto de aerogeneradores, pero aerogeneradores con una altura como mínimo de 70 metros de altura, esto no serviría para lo planeado en este proyecto, debido a que es social y cultural, y lo más importante instalar energías renovables que se puedan explicar y ver con facilidad hacia la comunidad. Por otra parte, a mayor altura de los aerogeneradores, mayores serán los costos de la instalación de componentes y futuros mantenimientos.

2.2.2.4 Ministerio de energía eólica

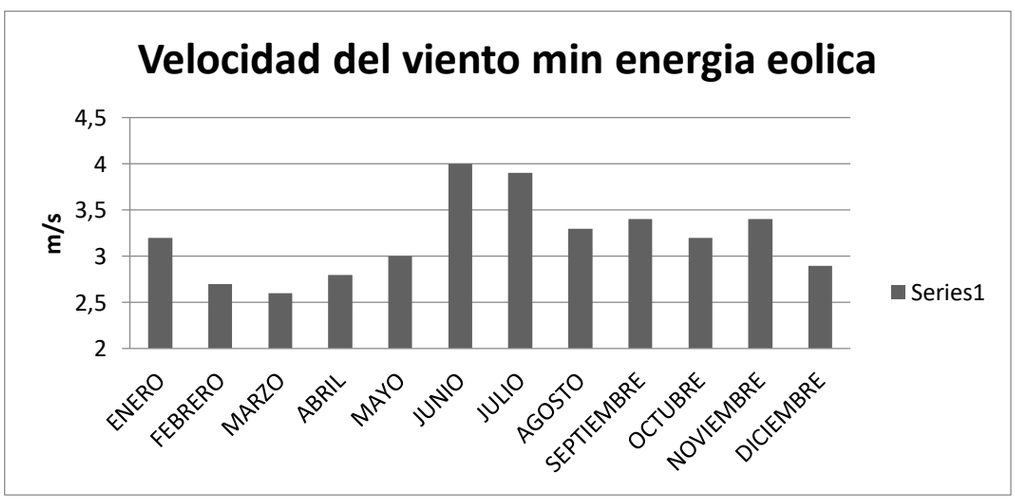
Mediciones obtenidas de velocidad del viento en el año:

Tabla 2.12 : Medición velocidad viento ministerio de energía eólica

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
3,2	2,7	2,6	2,8	3	4	3,9	3,3	3,4	3,2	3,4	2,9

Fuente: Ministerio de energía eólica

Promedio de velocidades del viento en m/s por día en cada mes del año representadas por el ministerio de Energía Eólica



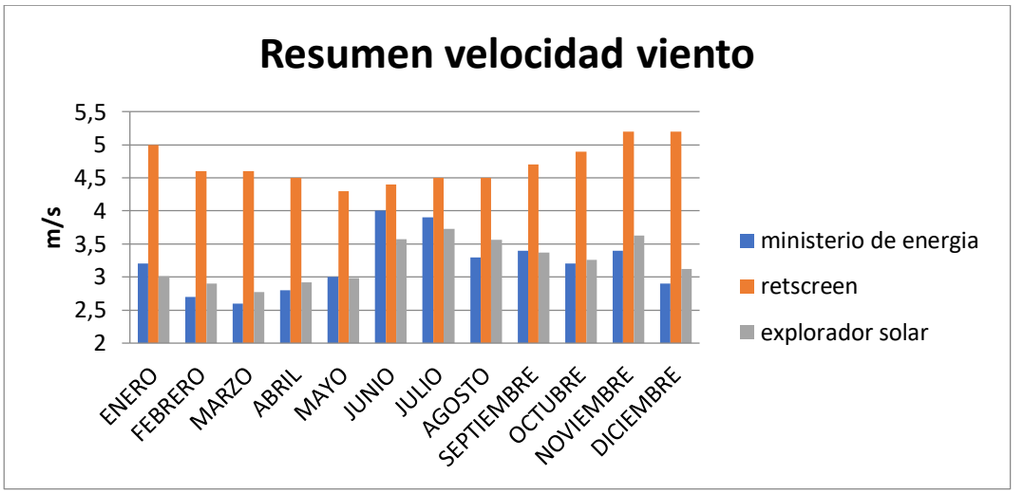
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 2.11: Medición velocidad del viendo ministerio energía eólica

De acuerdo con el grafico del ministerio de energía eólica se representan los valores de velocidad promedio para cada mes a una altura de 6 mts. Observando la gráfica se puede identificar una velocidad inferior a 4 m/s en casi la totalidad del año.

2.2.2.5 Selección de programa

Teniendo las mediciones de cada programa se puede generar un gráfico en el cual se puedan relacionar las mediciones obtenidas e indicar si son las velocidades óptimas para la instalación de un sistema eólico



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 2.12: Resumen velocidad del viento de programas

Observando las gráficas de los diferentes programas a diferentes alturas se puede concluir que se necesita una altura excesiva para que la instalación de aerogeneradores sea factible en el parque, se ve claramente en el gráfico del programa Retscreen en donde se ven velocidades superiores a los 5 m/s, pero a una altura de 70 mts. Esto quiere decir que se debe hacer una cuantiosa inversión para que genere la energía necesaria, la altura va en conjunto con las dimensiones de los postes y componentes que tiene los aerogeneradores. Por otra parte, las velocidades a alturas de 5 y 6 mts no superan los 4 m/s promedio en el año mínima para que la instalación de aerogeneradores funcione de manera eficiente y genere la energía necesaria para el sistema de iluminación del parque.

2.3 CONSUMO DEL PARQUE

Teniendo los datos de la radiación y la velocidad del viento en el parque Quebrada Verde en el año se puede comenzar a dimensionar el sistema de energía renovable para la iluminación del parque.

Es importante tener la cantidad de energía que se utiliza en el parque para calcular la cantidad de energía que consume la iluminación de esta.
La información del consumo del parque fue entregada por el encargado del lugar con los siguientes datos:
Datos del parque:

- NIS: 670943
- Tarifa: AT-3PPP
- Medidor: 60369653
- Dirección: Resto del fundo Quebrada Verde
- Dependencia: Ex FONASA

2.3.1 Consumo año 2017

ENERO	KW	TOTAL
$ 146889	2100	$272381
FEBRERO	KW	TOTAL
$132899	1900	$255576
MARZO	KW	TOTAL
$174868	2500	$306597
ABRIL	KW	TOTAL
$209841	3000	$348910
MAYO	KW	TOTAL
$230825	3300	$374607
JUNIO	KW	TOTAL
$230825	3300	$370190
JULIO	KW	TOTAL
$209841	3000	$408911
AGOSTO	KW	TOTAL
240517	3400	$370930
SEPTIEMBRE	KW	TOTAL
$265915	3500	$355747
OCTUBRE	KW	TOTAL
$227927	3000	$356005

NOVIEMBRE	KW	TOTAL
$197537	2600	$314362
DICIEMBRE	KW	TOTAL
$197537	2600	$314752

Tabla 2.13: Consumo energético parque año 2017

Fuente: Elaboración propia

El consumo máximo para este año fue en el mes de septiembre en el cual se consumió un total de 3500 Kw, la idea de este proyecto es reducir el consumo energético del parque, para reducir costos y que sea sustentable el proyecto a través del tiempo.

Las energías renovables hoy en día no son muy implementadas debido a los grandes gastos que se hacen al principio, pero viendo los gastos mensuales de luz dentro del parque y promediando los meses, se puede concluir que el dinero utilizado durante todo este tiempo se podría haber invertido en instalaciones de energías renovables, más aún en un lugar con público que interactúa con el medio ambiente.

Cabe destacar que la energía es de todo el parque, y la instalación que se desea dimensionar es solo para la iluminación de este.

2.3.2 Consumo año 2018

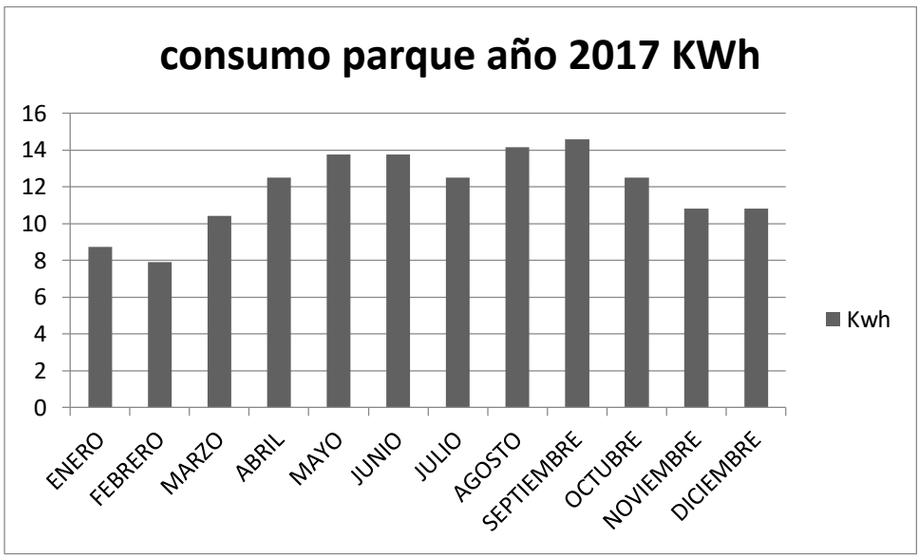
ENERO	KW	TOTAL
$212903	2800	$332663
FEBRERO	KW	TOTAL
$190103	2500	$304944
MARZO	KW	TOTAL
$199254	2900	$355826
ABRIL	KW	TOTAL
$240480	3500	$412195

Tabla 2.14: Consumo energético parque año 2018

Fuente: Elaboración propia

Los valores entregados por el encargado están como la energía consumida al mes, por lo que para relacionar esta información con los datos obtenidos en el estudio

climático se deben indicar en energía diaria promedio consumida, quedando de la siguiente forma para el año 2017 ya que con esta información se puede generar un análisis anual:



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 2.13: Consumo del parque año 2017

Con esto se muestra que se pueden llegar a consumir hasta un máximo 15 kwh/día en el mes de septiembre, y un mínimo de 7,9 kwh/día en el mes de febrero.

Con esta información se puede comenzar a dimensionar el sistema de energía renovable en base al consumo del parque y las variables medidas anteriormente con los programas seleccionados.

2.4 PARÁMETROS A CONSIDERAR

- Los instrumentos utilizados tienen que estar bien configurados para su utilización, unidades de medida definidas y buen uso de la persona que lo opera, ya que las mediciones realizadas pueden ser alteradas.
- Para realizar mediciones con instrumentos se requiere una mayor cantidad de tiempo para generar un análisis del clima y sus diferencias con respecto a la época del año, por lo tanto, es más factible el estudio demostrado en programas certificados por el ministerio de energía.
- Para realizar un estudio de mediciones para un aerogenerador son mucho más complejas que las mediciones para un panel fotovoltaico ya que estudios realizados anteriormente para otros proyectos son de aproximadamente hasta 10 años de estudio y el mínimo de 1 año para definir algún parámetro de dimensionamiento de equipos.
- La decisión de instalar un sistema con energía renovable por medio de la energía del sol se demuestra más factible que instalar un sistema por medio de energía eólica debido a las mediciones obtenidas, por lo que se deben establecer los parámetros mínimos para poder instalar un sistema con energía renovable, si la fuente de energía no es la necesaria para el sistema, no se mantendrá constante en el tiempo y se tendrán gastos mayores a la inversión realizada.
- Los sistemas fotovoltaicos son más compatibles para este proyecto social, no así un sistema eólico, este último es uno de los más usados a la hora de utilizar energías renovables, pero confirmando con estudios se pudo dar a conocer la inviabilidad de la factibilidad del uso de aerogeneradores.

CAPÍTULO 3 DIMENSIONAMIENTO DE INSTALACIÓN CON ENERGÍAS RENOVABLES

3. DIMENSIONAMIENTO DE INSTALACIÓN CON ENERGIAS RENOVABLES

En este capítulo se presentará el dimensionamiento de la instalación por medio de energía renovable, por medio de:

- Sistema Fotovoltaico
- Aerogeneradores

3.1 AEROGENERADORES

Debido al análisis expuesto en el capítulo anterior sobre la energía renovable eólica, no se realizará debido a que no cumple con el requerimiento básico de funcionamiento del aerogenerador. Presentando una tabla resumen se indica lo expuesto anteriormente.

Programas	Velocidad anual promedio	Medición en metros de altura
Retsceen	4,7 m/s	70 m
Ministerio de energía	3,2 m/s	6 m
Explorador solar	3,235 m/s	5,5 m
Guía eólica	Aceptable 5-6 m/s	7 m

Para el correcto funcionamiento de este sistema eólico deben de existir vientos superiores a 5 m/s para un funcionamiento aceptable con respecto a la generación de energía.

Se establece la siguiente información por la guía eólica para desarrollo de proyectos pequeños y medianos:

Tabla 3.15: Clasificación del viento con respecto a su velocidad media

Clase de viento	Clasificación	Velocidad del viento promedio
1	Pobre	3-4 m/s
2	Marginal	4-5 m/s
3	Aceptable	5-6 m/s
4	Bueno	6-7 m/s
5	Excelente	7-8 m/s
6	Destacable	8-9 m/s
7	Superior	9-10 m/s

Fuente: Dataset.cne.net

Esto quiere decir que las velocidades del viento promedio medida por los programas seleccionados se clasifican como pobre ya que se mantiene en velocidades de 3 a 4 m/s.

De acuerdo con los estudios, teniendo una velocidad de 5 a 6 m/s se clasifica como aceptable para instalar un sistema eólico que sea eficiente con respecto a costos.

Por lo tanto, ya se puede establecer que el recurso eólico del parque no es el óptimo para dimensionar un sistema de aerogeneradores que pueda suplir la energía necesaria para el parque y que pueda mantenerse durante el tiempo con respecto a costos de inversión y mantención de equipos futuras

3.2 DIMENSIONAMIENTO SISTEMA FOTOVOLTAICO

Teniendo los datos de radiación mensual del lugar se seleccionarán los datos del explorador solar ya que tiene mayor exactitud con respecto a la ubicación del lugar y posee más información acerca de la radiación por medio de tablas y gráficos que cumplen con las variables seleccionadas.

3.2.1 Selección panel fotovoltaico

Datos del capítulo anterior

Tabla 3.16: Fragmento radiación explorador solar

Radiación incidente en el plano horizontal												
MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
GLOBAL Kw	6,44	6,22	5,91	5,04	3,74	3,75	3,89	4,5	5,49	6,14	6,41	6,53

Fuente: Explorador solar

Con los datos obtenidos del capítulo anterior y la selección de un panel fotovoltaico se puede calcular cuánto será la energía que puede captar el sistema.

Lo primero que se debe indicar para dimensionar el sistema fotovoltaico es la especificación de leyes y normas que debe cumplir para Chile, siendo:

Ley 20.571 o ley de generación distribuida.

La ACESOL establece los siguientes puntos con respecto a la ley actual:

- Todos los equipos instalados en un determinado país deben ser comercializados en el país, contar con repuestos y servicio técnico de pre y post venta en el país y con manuales de operación y mantenimiento en el idioma de origen y en el idioma del país donde se instalarán. Además, el proveedor de los equipos debe demostrar la existencia de un stock adecuado de repuestos, de acuerdo a la vida útil de cada uno y a la tasa de falla normal esperada.

- Debe resistir viento, lluvia, nieve, granizos, fatiga térmica y abrasión, durante su vida útil.
- Debe cumplir con las normas internacionales y nacionales exigidas y contar con la certificación de laboratorios internacionales reconocidos como International Acreditation Forum (IAF); European Cooperation for Acreditation (EA); International Laboratories Accreditation Cooperation (ILAC).
- Las certificaciones más reconocidas son CE del mercado europeo y UL del mercado norte americano. La Norma más utilizada es la IEC.
- Los paneles deben ser todos iguales, de la misma marca y modelo, y deben ser intercambiables entre sí, con el objeto de tener un solo modelo de panel
- La recuperación de inversión de un sistema FV menor a 100 Kw se calcula retornos de 10 años aproximadamente con la actual ley establecida.
- Las baterías por seleccionar para sistemas off grid deben ser de ciclo profundo y no de carros, para sistemas pequeñas se recomiendan baterías selladas libres de mantención
- La conexión a la red puede ser monofásica o trifásica
- Normativa mínima que debe cumplir el inversor, la norma IEC 60146/60146-2
- Normativa que debe cumplir el cableado, La norma Chilena NCH Elec. 4/2003.

Con respecto a lo planteado por la ACESOL se puede comenzar a dimensionar el sistema fotovoltaico Off grid.

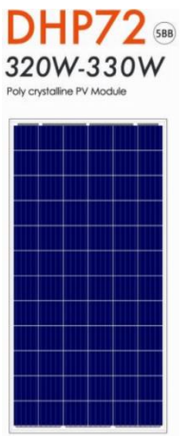
Panel FV

La selección del panel será a criterio propio, el cual fue consultado a la empresa Esol, empresa a nivel internacional enfocada en venta de elementos para distintos ambientes de trabajo la cual posee una gran variedad de sistemas fotovoltaicos completos.

Con esta información establecida por las leyes y normas en Chile se podrá dimensionar el sistema FV en referencia a los puntos establecidos.

Por lo tanto, se utilizará un panel de 320Wp para dimensionar la cantidad de paneles necesarios que se requieren para acumular la energía disponible por la radiación del lugar en el parque Quebrada Verde.

El panel seleccionado es del modelo DHP72-320



Fuente: Ficha técnica panel fotovoltaico DHP72

Figura 3.15: Imagen panel fotovoltaico 320 W

La ficha técnica indicada en anexo B posee los siguientes datos relevantes para el dimensionamiento

Características eléctricas

- Potencia panel: 320 W
- Voltaje circuito abierto: 45,8 V
- Corriente circuito abierto: 9,10 A
- Eficiencia panel: 16,51%

Características mecánicas

- Dimensiones: 1956x991x40 mm

Teniendo estos datos se puede estimar la energía producida por un panel con respecto a la radiación del lugar aplicando la siguiente formula:

$$ENERGIA_{PANEL} = SUPERFICIE_{PANEL} x EFICIENCIA_{PANEL} x RADIACION$$

La eficiencia del panel ya está determinada y la radiación ya está tabulada con el programa Explorador Solar, para calcular la superficie del panel se deben utilizar los datos de características mecánicas.

Para una superficie rectangular la fórmula de la superficie es la siguiente

$$SUPERFICIE_{PANEL} = LARGO_{PANEL} x ANCHO_{PANEL}$$

Siendo:

$$SUPERFICIE_{PANEL} = 1{,}956\ m\ x\ 0{,}991\ m$$

$$SUPERFICIE_{PANEL} = 1{,}938\ m^2 \approx 1{,}94\ mm^2$$

Por lo tanto, la energía promedio diaria generada por un panel siendo:

Superficie del panel: 1,94 m2

Eficiencia del panel: 16,51%

Radiación: dependerá el mes seleccionado

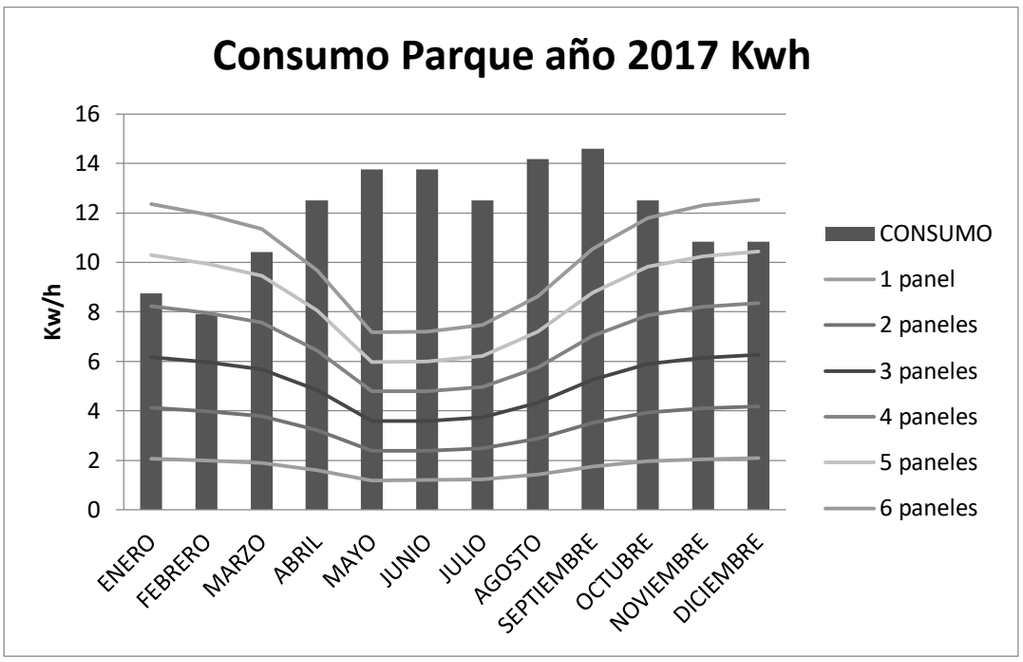
Es de: (kw/h)

Tabla 3.17: Radiación solar por panel fotovoltaico

PANEL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	2,060	1,990	1,891	1,612	1,196	1,200	1,244	1,440	1,756	1,964	2,051	2,089
2	4,120	3,980	3,781	3,225	2,393	2,399	2,489	2,879	3,513	3,928	4,101	4,178
3	6,181	5,969	5,672	4,837	3,589	3,599	3,733	4,319	5,269	5,893	6,152	6,267
4	8,241	7,959	7,563	6,449	4,786	4,799	4,978	5,758	7,025	7,857	8,202	8,356
5	10,301	9,949	9,453	8,062	5,982	5,998	6,222	7,198	8,781	9,821	10,253	10,445
6	12,361	11,939	11,344	9,674	7,179	7,198	7,467	8,637	10,538	11,785	12,304	12,534

Fuente: Elaboración propia

Teniendo la energía que se genera por cada panel se puede generar un gráfico de consumo de energía vs energía generada dependiendo la cantidad de paneles para seleccionar la opción más eficiente



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3.14: Comparativo energía panel con respecto a consumo del parque

Teniendo el valor de cuanto genera 1 panel se puede demostrar en la gráfica cuantos paneles serán necesarios para captar la energía del sol a la superficie terrestre sin tener una gran cantidad de pérdidas.

Por el momento se seleccionará la opción de 6 paneles fotovoltaicos para captar la energía necesaria para suplir la demanda de energía requerida por la iluminación del parque.

Teniendo en cuenta la cantidad de paneles seleccionados, se deben dimensionar los demás componentes para la instalación.

- Inversor
- Regulador de carga
- Baterías
- Cables
- Protecciones

3.2.2 Inversor

Para seleccionar un inversor se debe estimar la potencia peak del sistema. Esto quiere decir que se debe indicar cuantos elementos están consumiendo energía al mismo tiempo. Al saber que este sistema es solo para la iluminación del parque se deben contabilizar la cantidad de ampolletas que se prenderán al mismo momento en todos los sectores seleccionados del parque.

Para esto se tiene el siguiente cálculo estimado en base a observaciones en el parque y ubicación de postes ya instalados:

Potencia consumida en el parque por parte de la iluminación indica en el primer capítulo igual a 1400 Wp, esta potencia será la potencia peak estimada para el sistema aislado aplicando un factor de seguridad de 1,2 por temas de rendimiento.

$$Potencia\ total\ consumida = 1400\ W * 1{,}2$$

$$Potencia\ total\ consumida = 1680\ Wp$$

Teniendo la potencia peak se puede estimar que inversor se utilizará para el sistema fotovoltaico.

Para este caso se debe:

- Dimensionar un inversor para sistemas Off- grid
- Debe tener una potencia mínima mayor a la potencia peak del sistema.
- El voltaje del inversor definirá la conexión de baterías ya sea en serie o paralelo.

Siendo seleccionado el siguiente inversor:

Fuente: http://www.tritec-intervento.cl

Figura 3.16: Imagen inversora off grid

Datos relevantes de la ficha técnica del inversor indicada en anexos B son los siguientes:

- Potencia constante del sistema: 3000 W
- Tensión de entrada (Baterías): 48 v
- Rendimiento: 95%

Este inversor fue seleccionado por los siguientes puntos:

Cumple con las condiciones de la potencia peak del sistema de iluminación.

- Se pueden conectar baterías hasta en 48 V.
- Es de fácil instalación y operación.
- Se puede aplicar en distintos sistemas, en especial para sistemas fotovoltaicos.
- Gran eficiencia.
- Bajo costo.

3.2.3 Regulador de carga

Al saber cuántos paneles se utilizarán para el sistema fotovoltaico, se debe indicar que tipo de conexión llevarán entre ellos.

Esto se refiere si tendrán una conexión en:

- Serie (aumenta el voltaje del generador fotovoltaico)
- Paralelo (aumenta la corriente del generador fotovoltaico)

Esto se definirá con la selección del regulador de carga el cual es el encargado de bajar el voltaje del generador fotovoltaico a la de la batería para cargarla

Se seleccionará un regulador de carga de la misma marca del inversor con las siguientes características:

Modelo: Tracer5415AN

Fuente: Ficha técnica reguladora de carga Epsolar

Figura 3.17: Imagen reguladora de carga 50 A

Datos relevantes a considerar de la ficha tecnica indicada en anexo B

- Corriente fotovoltaica máxima: 50 A
- Voltaje máximo en corriente continua: 150 Vcc

Con estos datos se deben configurar las conexiones entre los paneles para que pueda soportar dicho voltaje y corriente del generador fotovoltaico.

Recordando los datos electricos del panel seleccionado, se puede calcular cuantos paneles pueden ir conectados en serie y en paralelo de ser necesario.

Datos panel:

- Voltaje de circuito abierto (Voc): 45,8 V
- Corriente nominal (Impp): 9,10 A

Teniendo los datos del panel y del regulador se puede definir si es el correspondiente para soportar la carga del generador fotovoltaico.

Siendo:

Conexión en serie (aumenta el voltaje)

1 panel: 45,8 v 2 paneles: 91,6 v 3 paneles: 137,4 v

Conexión en paralelo (aumenta la corriente)

1 panel: 9,10 A 2 paneles: 18,2 A 3 paneles: 27,3 A

Esto quiere decir que el regulador de carga si es apto para conectar 6 paneles fotovoltaicos.

2 líneas de paneles con conexión en paralelo y 3 paneles con conexión en serie, siendo:

- El voltaje del generador fotovoltaico igual a 137,4 V en voltaje máximo en corriente continua.
- La corriente del generador igual a 18,2 A en corriente fotovoltaica máxima.

3.2.4 Baterías

Para dimensionar la batería se debe tener la potencia peak del sistema igual a 1400 watts.

Se debe establecer la cantidad de horas que estarán en funcionamiento los elementos de iluminación igual a 6 horas por día ya que no se requiere mantener con luz toda la noche el parque Quebrada Verde.

Se debe tener en cuenta los siguientes puntos para la batería a seleccionar

- Un punto de equilibrio entre la vida útil de la batería y su costo, son descargas de hasta un 70%, se indica que tienen una vida útil de 4 años
- Se debe tener en consideración el consumo diario estimado máximo ya que se debe almacenar la mayor cantidad de energía con respecto al consumo energético del parque.

Se estima una energía promedio por día de:

$$Energía_{promedio} = Potencia_{peak} * horas_{funcionando}$$

$$Energía_{promedio} = 1400\ w * 6\ \frac{horas}{día}$$

$$Energía_{promedio} = 8400\ Wh/dia$$

Con este dato se pueden dimensionar la cantidad de baterías necesarias para acumular la potencia promedio por día generada por la iluminación del parque.

Para efectos de dimensionamiento se utilizará una batería estándar con los siguientes datos técnicos.

Corriente: 100 Ah

Voltaje: 12 V

Con esta información se puede calcular la energía que puede acumular una batería por día promedio.

La fórmula para el cálculo de potencia es el siguiente:

$$energia_{\ bateria} = capacidad\ x\ volts$$

Reemplazando los datos de la batería estándar, se obtiene la siguiente potencia acumulada por batería al 100% de su funcionamiento

$$energia_{\ bateria} = 100\ x\ 12$$

$$energia_{\ bateria} = 1{,}2\ kWh$$

La potencia nominal de la batería sería de 1,2 KWh, esto quiere decir que la energía real será el cálculo de:

$$energia_{util} = energia_{bateria} x\ descarga_{bateria}$$

Por lo tanto, la energía real que puede acumular la batería es de:

$$energia_{util} = 1{,}2\ x\ 70\%$$

$$energia_{util} = 0{,}84\ KWh$$

Sabiendo que la energía promedio por día es de 8,4 KWh y una batería puede acumular 0,84 KWh, el dimensionamiento se calculara por medio de la siguiente formula:

$$cantidad_{baterias} = \frac{demanda_{promedio}}{energia_{util}}$$

Reemplazando los datos calculados anteriormente se dimensiona la siguiente cantidad de baterías:

$$cantidad_{baterias} = \frac{8{,}4}{0{,}84}$$

$$cantidad_{baterias} = 10$$

Se requieren 10 baterías para acumular la energía promedio por día.

Pero se deben tener en cuenta el siguiente parámetro para verificar la cantidad de baterías necesarias para el sistema fotovoltaico.

- La conexión de baterías está establecida por el inversor dimensionado

Esto quiere decir que el voltaje del inversor es igual a 48 V, y las baterías son de 12 V. Por lo tanto, se puede generar el siguiente tipo de conexión:

Sabiendo que la conexión en serie aumenta el voltaje del sistema entre las baterías y el inversor, se deben conectar 4 baterías de 12 V con esta conexión para mantener el voltaje establecido por el inversor.

Si se dimensionaron 10 baterías, y 4 baterías tienen que ir conectadas en paralelo, se deben dimensionar las otras baterías como múltiplos de 4, esto debido a que no puede quedar la conexión impar.

Esto quiere decir que se requiere 12 baterías estándar para acumular la energía generada por el generador fotovoltaico.

Por lo tanto, la potencia máxima que puede acumular el sistema de baterías es de:

$$Potencia_{max} = potencia_{bateria} * n^{\underline{o}}\ baterias$$

$$Potencia_{max} = 0{,}84 * 12$$

$$Potencia_{max} = 10{,}08\ Wh/dia$$

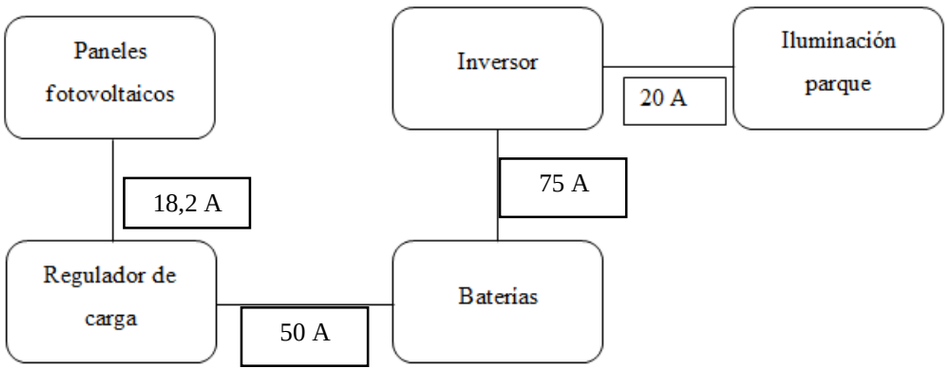
3.2.5 Cableado

La selección del cableado se guiará con respecto a lo establecido por La norma Chilena NCH Elec. 4/2003 que indica el siguiente extracto:

"La selección de un conductor se hará considerando que debe asegurarse una suficiente capacidad de transporte de corriente, una adecuada capacidad de soportar corrientes de cortocircuito, una adecuada resistencia mecánica y un buen comportamiento ante las condiciones ambientales" (Elec, 4/2003).

Para seleccionar el cableado correspondiente para cada componente del sistema fotovoltaico se debe definir la conexión del sistema fotovoltaico y la corriente máxima que circulará por cada componente.

Siendo:



Fuente: Fuente Propia

Figura 3.18 Imagen esquema sistema fotovoltaico en base a corriente

Datos de corriente indicados en ficha técnica de cada componente para el sistema fotovoltaico.

Una vez definido el esquema del sistema fotovoltaico, se debe definir el tipo de conexión que se realizará para el sistema.

Para sistemas fotovoltaicos, y en general que existen 3 tipos de conexión.

- Grupo 1: Conductores monopolares en tubería
- Grupo 2: Conductores multipolares con cubierta común
- Grupo 3: Conductores monopolares tendidos en el aire

La selección de estas opciones será dada con respecto al costo que genera cada una de estas, medidas de seguridad, facilidad de instalación.

Se seleccionará la opción 3, conductores monopolares tendidos en el aire, debido a los siguientes puntos:

- Menor costo de instalación con respecto a los otros dos grupos ya sea por el tipo de conductor, protecciones y procesos que se deben realizar
- Posee mayor altura con respecto a los otros grupos, ya que los conductores están tendidos en el aire lo cual es más seguro que tener una conexión a nivel de la tierra.

- Facilidad de instalación ya que se requiere solamente instalar en el aire los conductores, no como el caso de los otros grupos que se requieren trabajos en tierra, uso de protecciones, canalizaciones.

Para la selección de conductores existe la norma americana y la norma europea

Para este caso se dimensionarán los conductores por medio de la Norma Europea, la cual establece la siguiente tabla para la selección de conductores dependiendo el grupo seleccionado.

Tabla 3.18: Intensidad de Corriente Admisible para Conductores Aislados

mm2	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
0,75	-	12	15
1	11	15	19
1,5	15	19	23
2,5	20	25	32
4	25	34	42
6	33	44	54
10	45	61	73
16	61	82	98
25	83	108	129
35	103	134	158
50	132	167	197

Fuente: Norma Chilena NCH Elec. 4/2003

Esta tabla indica la sección del cable, la clasificación de cada grupo explicada anteriormente y valores con respecto al amperaje que soporta el conductor dependiendo la sección.

Para efectos de dimensionamiento se requiere el amperaje de cada componente del sistema fotovoltaico ya definidos en el esquema anterior, para establecer cuanta será la corriente que circula por los conductores. Se debe destacar que se requiere sobredimensionar estos valores 1,25 veces por sobre la mínima para efectos de seguridad en su funcionamiento.

3.2.5.1 Generador fotovoltaico al regulador de carga

La corriente máxima que entrega es de 18,2 A, esto fue definido por la conexión en paralelo de paneles.

Por lo tanto, la corriente se debe multiplicar por el factor de seguridad para seleccionar una dimensión de la tabla.

Es decir:

$$corriente_{conductor} = corriente_{\ generador} * factor\ seguridad$$

$$corriente_{conductor} = 18{,}2 * 1{,}25$$

$$corriente_{conductor} = 22{,}75\ A$$

Se seleccionará la opción más cercana mayor a este valor, siendo 23 A equivalente a una dimensión del conductor de 1,5 mm2. Para esto se considerará un cable de 4 mm2 estándar que se utilizan para este tipo de instalaciones.

3.2.5.2 Regulador de carga a baterías

La corriente máxima que entrega es de 50 A definido por el mismo regulador seleccionado.

Es decir:

$$corriente_{conductor} = corriente_{\ regulador} * factor\ seguridad$$

$$corriente_{conductor} = 50 * 1{,}25$$

$$corriente_{conductor} = 62{,}5\ A$$

Se seleccionará la opción más cercana mayor a este valor, siendo 73 A equivalente a una dimensión del conductor de 10 mm2.

3.2.5.3 Baterías al inversor

Para el caso de las baterías al inversor, la corriente máxima es de 75 A definido por el inversor seleccionado.

Es decir:

$$corriente_{conductor} = corriente_{\ inversor} * factor\ seguridad$$

$$corriente_{conductor} = 75 * 1{,}25$$

$$corriente_{conductor} = 93{,}75\ A$$

Se seleccionará la opción más cercana mayor a este valor, siendo 98 A equivalente a una dimensión del conductor de 16 mm2

3.2.5.4 Inversor a la iluminación del parque

La corriente máxima se debe definir con respecto a la potencia máxima del inversor igual a 4500 W y el voltaje en corriente continua igual a 220 V
Es decir:

$$Potencia = volts * amperes$$

$$amperes = \frac{potencia}{volts}$$

$$amperes = \frac{4500}{220}$$

$$amperes = 20{,}45\ A$$

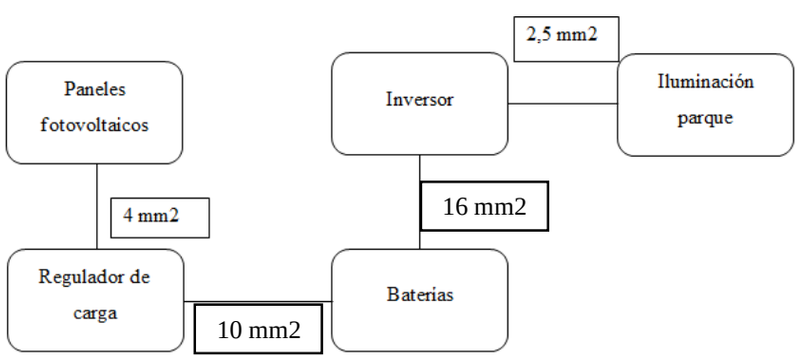
$$corriente_{conductor} = corriente\ _{salida} * factor\ seguridad$$

$$corriente_{conductor} = 20{,}45 * 1{,}25$$

$$corriente_{conductor} = 25\ A$$

Se seleccionará la opción más cercana mayor a este valor, siendo 32 A equivalente a una dimensión del conductor de 2,5 mm2

Reemplazando en el esquema anterior del sistema fotovoltaico se obtiene lo siguiente:



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.19: Imagen esquema sistema fotovoltaico en base a dimensión conductor

Dimensiones de cada conductor dentro del sistema fotovoltaico en base a la corriente de cada componente establecida por catálogo o calculo.

3.2.6 Sistema de montaje

Existen 2 tipos de sistema de montaje:

- Montaje en techo plano
- Montaje en techo inclinado

Para este caso se utilizará el montaje en techo inclinado para efectuar la inclinación del panel definida por estudios de radiación del lugar.

Esto implica utilizar un sistema de montaje con regulación de ángulos. Se dimensionará con respecto a la dimensión que tienen los paneles Fotovoltaicos. Para esto se requiere un sistema de montaje por cada panel, esto quiere decir que se dimensionarán 6 sistemas de montaje para el generador fotovoltaico.

Teniendo el dimensionamiento de todos los materiales necesarios para el sistema fotovoltaico se puede generar una tabla con la cantidad que debe tener cada material y poder cotizar en el siguiente capítulo

3.2.7 Cubicación material para sistema fotovoltaico

Cantidad de materiales necesarios para la instalación de paneles fotovoltaicos en el parque. La cantidad de metros para conductores fue establecida de manera aproximada por las distancias observadas en el parque.

El tema de protecciones para todo el sistema se indicará de manera general para paneles, baterías y cables.

Tabla 3.19: Cubicación de materiales sistema fotovoltaico

Material	Unidad	Cantidad
Panel fotovoltaico DAH Solar 320 W Poly 72P	Uni	6
Inversor Inversor EpSolar 48/3000	Uni	1
Regulador de carga Epsolar MPPT 150/50	Uni	1
Batería estándar Curtis 100 Ah-12 V	Uní	10
Sistema montaje1	Uni	6
Conductor monopolar 4 mm2 +	Mts	50

Conductor monopolar 4 mm2 -	Mts	50
Conductor monopolar 10 mm2 +	Mts	10
Conductor monopolar 10 mm2 -	Mts	10
Conductor monopolar 16 mm2 +	Mts	10
Conductor monopolar 16 mm2 -	Mts	10
Conductor monopolar 2,5 mm2 +	Mts	300
Conductor monopolar 2,5 mm2 -	Mts	300
Protecciones batería	Uni	1
Protecciones paneles	Uni	1
Protecciones cables	Uni	1

Fuente: Elaboración propia

El dimensionamiento del sistema fotovoltaico está considerado para los componentes más importantes del sistema, otros componentes faltantes como la ubicación y donde se instalará el sistema. Esto quiere decir, el radier en donde se instalará el sistema fotovoltaico para mantenerlo a nivel.

La instalación de baterías, inversor y regulador deben ir en una caseta o lugar cerrado el cual puede tomarse como opción el container ubicado cerca del estacionamiento.

3.3 EVALUACIÓN ECONÓMICA

Para evaluar económicamente la instalación de iluminación con energía renovable y determinar si esta es sustentable con respecto al tiempo, se debe considerar la siguiente información:

- Ingresos mensuales de generación de energía fotovoltaica en el parque Quebrada Verde y costos totales de la inversión de sistema fotovoltaico.

3.3.1 Costos consumo energía del parque

Indicados anteriormente para el año 2017 se indicarán los costos mensuales entregados por el personal del parque.

Tabla 3.20: Costos consumo parque quebrada verde

CONSUMO PARQUE												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
KW	2100	1900	2500	3000	3300	3300	3000	3400	3500	3000	2600	2600
$	$272.381	$255.576	$306.597	$348.910	$374.607	$370.190	$408.911	$370.930	$355.747	$356.005	$314.362	$314.752

Fuente: Elaboración propia

Con estos costos de energía se puede calcular un promedio anual de costos que tiene el parque con respecto al consumo de energía eléctrica:
Siendo la suma de todos los meses del año, igual a $4.048.964

3.3.2 Ingresos sistema fotovoltaico

Ya dimensionado el sistema fotovoltaico y la cantidad de energía que puede generar mensualmente, se puede determinar los ingresos mensuales que tendrá el parque con respecto a energía que funcionará con energía renovable.
Siendo:

Tabla 3.21: Ingresos sistema fotovoltaico dimensionado

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
KW	12,361	11,939	11,344	9,674	7,179	7,198	7,467	8,637	10,538	11,785	12,304	12,534
30	370,83	358,17	340,32	290,22	215,37	215,94	224,01	259,11	316,14	353,55	369,12	376,02
133	$49.320	$47.637	$45.263	$38.599	$28.644	$28.720	$29.793	$34.462	$42.047	$47.022	$49.093	$50.011

Fuente: Elaboración propia

Con los ingresos mensuales de la instalación fotovoltaica se puede calcular un promedio de ingresos anuales, siendo igual a $490.610.

3.3.3 Costo total inversión

El primer dato para determinar el costo total de inversión del sistema fotovoltaico es la cubicación de materiales ya realizada que debe ser cotizada en distintas empresas para seleccionar la más factible con respecto a costos, plazo de entrega, stock, y medios de pago.

3.3.3.1 Costos unitarios componentes

De acuerdo a la cubicación mostrada en el capítulo anterior se puede calcular el costo de la inversión inicial de la instalación para componentes dimensionados por medio de calculas, ya que los demás componentes se deben estimar en el transcurso del proyecto, si este es efectuado.

Se debe considerar el descuento efectuado por empresas para la venta de sus componentes que puede ser de un máximo del 30%.

Para este caso se efectuará un 15% de descuento en componentes para persona natural, ya que siendo empresa se puede obtener mayor descuento para componentes.

Tabla 3.22: Presupuesto componentes dimensionados

Material	Unidad	Cantidad	ESOL	Precio Unit	Total
Panel fotovoltaico 320 W	Uni	6	Panel fotovoltaico DAH Solar 320 W Poly 72P	$71.092	$426.552
Regulador de carga Epsolar MPPT 150/50	Uni	1	Regulador de carga Epsolar MPPT 150/50 12/24/36/48V	$106.723	$106.723
Bateria estandar 100 Ah-12 V	Uni	10	Bateria Ultracell Gel Ciclo profundo 100 Ah-12 V	$92.437	$924.370
Sistema montaje	Uni	1	Estructura soporte galvanizado tipo unistrut 10PF72	$294.000	$294.000
Conductor monopolar 4 mm2 +	Mts	50	Cable solar 1x4 mm2 rojo	$430	$21.500
Conductor monopolar 4 mm2 -	Mts	50	Solar wire 1x4 mm2 axul	$430	$21.500
Conductor monopolar 10 mm2 +	Mts	10	Solar wire 1x10 mm2	$1.042	$10.420
Conductor monopolar 10 mm2 -	Mts	10	Solar wire 1x10 mm2 rojo	$1.042	$10.420
Conductor monopolar 16 mm2 +	Mts	10	Solar wire 1x16 mm2	$1.513	$15.130
Conductor monopolar 16 mm2 -	Mts	10	Solar wire 1x16 mm2 rojo	$1.597	$15.970
Material	Unidad	Cantidad	Europe solar store	Precio Unit	Total
Inversor 48/3000	Uni	1	Inversor SMA Sunny island 3.0M	$1.203.451	$1.203.451
Material	Unidad	Cantidad	COSMOPLAS	Precio Unit	Total
Conductor monopolar 2,5 mm2 +	Mts	300	Cable libre halogeno 2,5 mm2 negro	326	$97.800
Conductor monopolar 2,5 mm2 -	Mts	300	Cable libre halogeno 2,5 mm2 rojo	326	$97.800
Protecciones bateria	Uni	1	-	$50.000	$50.000
Protecciones paneles	Uni	1	-	$50.000	$50.000
Protecciones cables	Uni	1	-	$50.000	$50.000
TOTAL					$3.395.636
IVA					$645.171
TOTAL+IVA					$4.040.807
DESCUENTO 15%					$3.434.686

Fuente: Elaboración propia

Se seleccionaron la empresa Esol y Cosmoplas debido al valor de los componentes con respecto a cotizaciones de otras empresas mostradas en el anexo C.

Teniendo los costos iniciales de la instalación se deben indicar los siguientes costos que se deben agregar al listado de inversión:

- Costos de mantención
- Costos cambio componentes
- Costo mano de obra.

3.3.3.2 Costos de mantención

Lo primero que se debe considerar es el tipo de mantención que deben tener los paneles fotovoltaicos.

La mantención a realizar es un proceso de limpieza para paneles con escobilla, jabón y agua para mantener limpia las celdas fotovoltaicas para su funcionamiento óptimo.

Esta limpieza de acuerdo a lo investigado con información de la SEC, la limpieza se debe generar cada 45 días para mantener limpio cada panel. Cabe destacar que no hay una gran presencia de aves y animales que ensucien el sistema fotovoltaico. Por lo tanto, se considerarán 8 mantenimientos a los paneles fotovoltaicos por año.

El costo diario por realizar este mantenimiento será de $15.000, esto quiere decir que tendrá un gasto anual de:

$$Costos_{mantencion} = costo_{\ diario} * N^{\underline{o}}\ mantenciones$$
$$Costos_{mantencion} = 15000 * 8$$
$$Costos_{mantencion} = \$120.000$$

Costo anual de mantención para el sistema fotovoltaico seleccionado será de $120.000 anual a considerar en la inversión.

Costos de cambio de componentes: Puntos a considerar para el cambio de componentes, son los años de vida útil de cada componente seleccionado. Para esto se debe establecer la vida útil de cada componente, siendo:

- Vida útil regulador de carga: de 8 a 10 años
- Vida útil Inversor: 20 años

- Vida útil Panel fotovoltaico: 20 a 25 años
- Vida útil Baterías: 5 a 10 años
- Vida útil Conductores eléctricos: 20 años o más

Con esta información se puede tener la noción de cuando se deben cambiar los componentes del sistema fotovoltaico para su funcionamiento.

Por lo tanto, para este caso no se considerarán cambio de componentes ya que se desea saber los costos de inversión del sistema dimensionado.

3.3.3.3 Costos mano de obra

Se debe considerar los costos de mano de obra para la inversión inicial del sistema fotovoltaico. Para esto se considerará un 20% del costo total de componentes.
Siendo el costo total de:

$$Costo\ total_{Mano\ obra} = Costo\ total_{componentes} * 20\%$$
$$Costo\ total_{Mano\ obra} = 3.434.686 * 20\%$$
$$Costo\ total_{Mano\ obra} = \$686.937$$

Esto quiere decir que el costo total de la inversión sería la suma entre costos de mantención por año, costo componentes y costos mano de obra, siendo:

$$Costo\ inversión = costo\ comp. + costo\ mant.\ anual + costo\ mano\ de\ obra$$
$$Costo\ inversión = \$3.434.686 + \$120.000 + \$686.937$$
$$Costo\ inversión\ = \$4.241.623$$

Con esta información se puede realizar un análisis comparativo entre el consumo del parque y la generación de energía del sistema fotovoltaico dimensionado, para estimar el tiempo en que se recuperara la inversión inicial.

Datos para el análisis comparativo:

- Inversión inicial sistema fotovoltaico: $4.241.623
- Consumo anual parque: $4.048.964
- Ingreso anual sistema fotovoltaico: $490.610

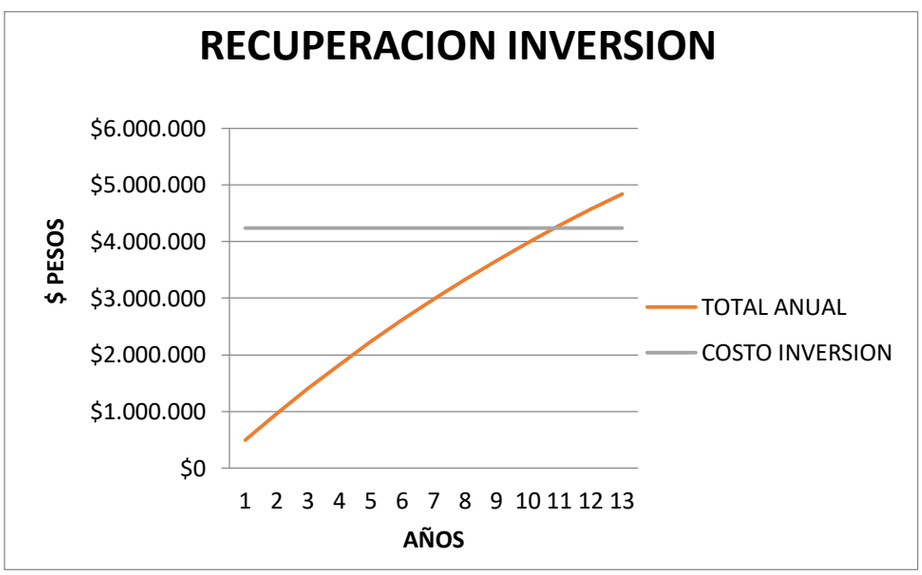
Teniendo esta información se puede estimar el ahorro de energía que tendrá el parque Quebrada Verde durante los próximos 10 años utilizando una tasa de descuento del 5% anual en la siguiente tabla:

Tabla 3.23: Ingresos por año sistema fotovoltaico

AÑOS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
COSTO ANUAL	$490.610	$467.248	$444.998	$423.808	$403.626	$384.406	$366.101	$348.668	$332.064	$316.252	$301.192
TOTAL ANUAL	$490.610	$957.858	$1.402.856	$1.826.664	$2.230.291	$2.614.697	$2.980.798	$3.329.465	$3.661.530	$3.977.782	$4.278.974

Fuente: Elaboración propia

Esto quiere decir que la recuperación de la inversión sería estimada dentro de 10 a 11 años si fuera efectuada la instalación dentro del parque Quebrada Verde Demostración de manera gráfica:



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 15: Recuperación de la inversión sistema fotovoltaico

Esto quiere decir que si se puede instalar un sistema fotovoltaico con el dimensionamiento calculado. Si bien la inversión inicial es de gran valor, la estimación de recuperación de esta se encuentra dentro de los parámetros definidos en cursos de dimensionamiento solar que indican que el tiempo de recuperación de la inversión es de 7 a 12 años.

Se debe considerar que los costos iniciales del sistema fotovoltaico están dentro de los parámetros definidos por el parque, ya que pueden invertir un total de $5.000.000 en un sistema de energía renovable. El valor a favor se utilizará para la instalación de radier y construcción de caseta para los componentes eléctricos de ser necesario.

Como información adicional el ahorro energético de manera porcentual que se genera anualmente seria de un 12,11%

Esto quiere decir que la iluminación del parque para sectores donde se encuentra la mayor cantidad de personar sería alimentada por energías renovables. Lo cual generaría un impacto cultural con respecto a los proyectos que se pueden efectuar por este medio, siendo llamativo para personas de todas las edades que quieran aprender la función que cumplen estos sistemas y los cuidados que se deben tener.

CONCLUSIÓN

La realización de la evaluación de este proyecto nació de la necesidad poder nutrir a los habitantes de Valparaíso con nuevos y ecológicos métodos de generar electricidad, específicamente de los habitantes de Quebrada Verde y sus alrededores que visitan frecuentemente el parque, cabe destacar que esta evaluación se hizo para apelar a la necesidad del parque de mostrar ser más amigable con el ambiente, esto debido a que todos los años en año nuevo se lanzan fuegos artificiales, los cuales contaminan la zona de laguna verde, dejando la llamada "huella de carbono" es por ello que se quiere contrarrestar con la implementación de energías renovables.

A través de la evaluación del parque, investigando su historia, fue posible identificar la problemática presente dentro del parque, es por ello que se hizo necesario la implementación de energías renovables. Para plantear la prefactibilidad de la instalación de energías renovables se realizó una investigación a dos de estas, eólica y fotovoltaica, haciendo énfasis en solo una de estas, debido a que no se cumplían los paramentos necesarios ni tampoco suplía los recursos energéticos para la implementación de este sistema, también no cumple con el requerimiento básico de funcionamiento del aerogenerador, establecido por el centro de energías renovables, haciendo un análisis exhaustivo de sus respectivas normas, y la ACESOL, así como también la investigación de los componentes para la instalación de estas energías renovables, todo con respecto a la ley 20.571 o ley de consumo energético.

Se realizó la evaluación de acorde a los requerimientos del parque, ya sean social y técnicas, basado en esta evaluación se tomó la decisión de las características de los componentes que se requieren para la instalación, esto incluye componentes, estructuras y mantenciones correspondientes. Igualmente se realizó un análisis económico de la instalación de los componentes para de este modo tener los valores referenciales ante la instalación de este proyecto.

Esta evaluación posee costos que se pueden modificar con el trascurso del tiempo debido a que el estudio económico es una estimación con respecto a valores del año 2017, esto quiere decir, que en caso de algún imprevisto estos costos pueden ser modificados. Es necesario mencionar que para este proyecto se obtendrán beneficios a nivel económicos a largo plazo en concepto de evitar el consumo de energías eléctricas. Se espera ahorrar hasta un 12,11 % del consumo energético del parque, cabe destacar que este ahorro se percibirá dentro de los próximos ocho años con respecto al estudio realizado.

BIBLIOGRAFÍA

1. ESOL. Equipos solares [en línea]. <https://www.esol.cl/> [consulta: 10 de enero de 2019]

2. EXPLORADOR SOLAR. Mediciones de radiación [en línea]. <http://www.minenergia.cl/exploradorsolar/ > [consulta constante]

3. REGISTRO SOLARIMENTRICO RADIACION. Registro polarimétrico universidad Federico Santa María [en línea] <https://issuu.com/mbritoa/docs/usm.cne.pnud.gef_-_registrosolarimetrico > [Consulta: 20 de febrero de 2019]

4. RHONA. Equipamiento eléctrico [en línea] < https://www.rhona.cl/ >. [consulta: 20 de enero de 2019]

5. EECOL. Suministro de productos eléctricos [en línea] < https://www.rhona.cl/ > [consulta: 10 de febrero de 2019]

6. COSMOPLAS. Catálogo Cosmoplas energías renovables. [Documento PDF] <https://www.cosmoplas.cl/wp-content/uploads/2018/12/LP2018-2019Web-v4.pdf > [Consulta: 16 de febrero de 2019]

7. LEY DE CONSUMO ENERGETICO. Ley N° 20.571 [en línea] <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1038211> [Consulta: 15 diciembre de 2018]

8. ACESOL. Asociación chilena de energía solar [en línea] <https://www.acesol.cl> [consulta: 20 de marzo de 2019]

9. SEC. Superintendencia de electricidad y combustible [en línea]. <http://www.sec.cl> [consulta: 01 de marzo de 2019]

10. SEC. Norma para canalizaciones [en línea]. <http://www.sec.cl/sitioweb/electricidad_normastecnicas/Norma4_2003.pdf> [consulta: 08 de marzo de 2019]

11. GUIA EOLICA. Centro de energías renovables corfo [en línea] <http://dataset.cne.cl/Energia_Abierta/Estudios/CER/Gu%C3%ADa%20eolica%20desarrollo%20de%20proyectos%20peque%C3%B1os%20y%20medianos.pdf> [consulta: 20 de enero de 2019]

ANEXOS

ANEXOS A: MEDICIONES

- Mediciones piranometro

HORA	MEDICION	VOLTAJE (V)	VOLTAJE DIVIDIDO POR 70,7	POR 1000000 W/m2
13:49	1	0,0016	2,26E-05	22,63
13:59	2	0,0008	1,13E-05	11,32
14:09	3	0,011	1,56E-04	155,59
14:19	4	0,0016	2,26E-05	22,63
14:29	5	0,011	1,56E-04	155,59
14:39	6	0,011	1,56E-04	155,59
14:49	7	0,0102	1,44E-04	144,27
14:59	8	0,0071	1,00E-04	100,42
15:09	9	0,0039	5,52E-05	55,16
15:19	10	0,0094	1,33E-04	132,96
15:29	11	0,0157	2,22E-04	222,07
15:39	12	0,0008	1,13E-05	11,32
15:49	13	0,0078	1,10E-04	110,33
15:59	14	0,0078	1,10E-04	110,33
16:09	15	0,0094	1,33E-04	132,96
16:19	16	0,0071	1,00E-04	100,42

HORA	MEDICION	VOLTAJE (V)	VOLTAJE DIVIDIDO POR 70,7	POR 1000000 W/m2
11:10	1	0,0063	8,91E-05	89,11
11:15	2	0,0047	6,65E-05	66,48
11:20	3	0,0047	6,65E-05	66,48
11:25	4	0,0047	6,65E-05	66,48
11:30	5	0,0047	6,65E-05	66,48
11:35	6	0,0055	7,78E-05	77,79
11:40	7	0,0102	1,44E-04	144,27
11:45	8	0,0094	1,33E-04	132,96
11:50	9	0,0094	1,33E-04	132,96
11:55	10	0,0094	1,33E-04	132,96
12:00	11	0,0016	2,26E-05	22,63
12:05	12	0,0086	1,22E-04	121,64
12:10	13	0,0118	1,67E-04	166,90
12:15	14	0,011	1,56E-04	155,59
12:20	15	0,0149	2,11E-04	210,75
12:25	16	0,018	2,55E-04	254,60
12:30	17	0,018	2,55E-04	254,60
12:35	18	0,0165	2,33E-04	233,38
12:40	19	0,0149	2,11E-04	210,75
12:45	20	0,018	2,55E-04	254,60
12:50	21	0,0204	2,89E-04	288,54
12:55	22	0,0133	1,88E-04	188,12
13:00	23	0,011	1,56E-04	155,59
13:05	24	0,0133	1,88E-04	188,12

13:10	25	0,0165	2,33E-04	233,38
13:15	26	0,0165	2,33E-04	233,38
13:20	27	0,0125	1,77E-04	176,80
13:25	28	0,0118	1,67E-04	166,90
13:30	29	0,0118	1,67E-04	166,90
13:35	30	0,0133	1,88E-04	188,12
13:40	31	0,0361	5,11E-04	510,61
13:45	32	0,0149	2,11E-04	210,75
13:50	33	0,0157	2,22E-04	222,07
13:55	34	0,0149	2,11E-04	210,75
14:00	35	0,0016	2,26E-05	22,63
14:05	36	0,0024	3,39E-05	33,95

- Mediciones thermoanemometro

HORA	LUGAR	VELOCIDAD +(Km/h)	T (°C)	VELOCIDAD - (Km/h)	T°C)	VELOCIDAD MEDIA(Km/h)	T(°C)
13:15	MIRADOR ARRIBA	8,2	20	1,7	18,1	2,9	20,8
13:30	MIRADOR IZQUIERDA	5,7	18,1	1,1	18	2,8	18
13:40	PICNIC	4,2	18,8	1,1	18,9	2,5	18,9
13:50	PICNIC	3,5	18,7	1	18,7	2,4	18,6
14:15	MIRADOR ARRIBA	7,9	18,6	2,4	15,9	6	16
14:22	MIRADOR IZQUIERDA	3	16,6	1,5	16,6	2,7	16,5
14:25	MIRADOR IZQUIERDA	5,9	16,8	1,6	16,8	3,4	16,8
14:32	SENDERO	6,1	17	2,9	17,1	4,8	17,1
14:37	MIRADOR ARRIBA	8,8	17,7	1,1	17,7	4,4	17,7

HORA	LUGAR	VELOCIDAD +(Km/h)	T(°C)	VELOCIDAD -(Km/h)	T°C)	VELOCIDAD MEDIA(Km/h)	T(°C)
10:18	ENTRADA	3	14.2	1,6	14.5	1,8	14.3
10:26	ENTRADA	3,3	14.1	2,3	14.0	3	2.8
10:34	ENTRADA	5,9	13.2	1,6	13.1	2,9	13.2
10:45	ENTRADA	3	13.7	1	13.8	1,3	13.8
10:47	ENTRADA	2,2	15.2	1	15.1	1,2	15.1
10:52	ENTRADA	2,3	14.2	1	14.2	1,2	14.1
11:44	PICNIC	5,1	15.4	1,3	15.5	2,5	15.4
11:50	PICNIC	3,9	15.5	1	15.6	2	15.6
11:54	PICNIC	6,2	16.5	2,6	16.5	3,4	16.4
12:00	MIRADOR ARRIBA	7,1	15.1	2	15.1	3,6	15.1
12:10	MIRADOR ARRIBA	10,1	13.8	6,7	13.9	7,5	14.0
12:24	MIRADOR ABAJO	6	13.4	5,4	13.3	6,5	13.3

12:34	MIRADOR ABAJO	7,7	13.4	5,7	13.4	5,4	13.5
12:20	MIRADOR IZQUIERDA	4,6	14.1	1	14.2	1,7	14.3
12:13	MIRADOR IZQUIERA	3,8	13.7	2,9	13.8	2,7	13.8
12:37	MIRADOR ARRIBA	8,2	12.9	5,6	12.9	7,2	12.8
12:40	MIRADOR ABAJO	7,3	13.4	5,4	13.4	5,9	13.4
12:43	MIRADOR IZQUIERDA	6,7	15.2	3,2	15.2	4,3	15.2

ANEXO B: ESPECIFICACIONES TECNICAS

- Ficha técnica panel solar

Electrical Characteristics (Standard Test Conditions)

Module Type	DHP72-320	DHP72-325	DHP72-330
Maximum Power(Pmax)	320W	325W	330W
Open-circuit Voltage (Voc)	45.8V	45.9V	46.1V
Maximum Power Voltage (Vmp)	37.1V	37.2V	37.3V
Short-circuit Current (Isc)	9.10A	9.20A	9.29A
Maximum Power Current(Imp)	8.63A	8.74A	8.85A
Module Efficiency(%)	16.51%	16.77%	17.02%
Power Tolerance	0～+5W		
Temperature Coeffcient of Isc	0.05%/℃		
Temperature Coeffcient of Voc	– 0.32%/℃		
Temperature Coeffcient of Pmax	– 0.41%/℃		
Standard Test Environment	Irradiance 1000w/m², Ambient temperature 25℃, Spectrum AM1.5		

Electrical Characteristics (Noct)

Module Type	DHP72-320	DHP72-325	DHP72-330
Maximum Power(Pmax))	238W	242W	246W
Open-circuit Voltage (Voc)	42.5V	42.6V	42.7V
Maximum Power Voltage (Vmp)	34.4V	34.5V	34.6V
Short-circuit Current (Isc)	7.35A	7.47A	7.57A
Maximum Power Current(Imp)	6.92A	7.02A	7.11A
Standard Test Environment	Irradiance 800w/m², Ambient temperature 20℃, Spectrum AM1.5, Wind speed 1m/s		

Mechanical Specification

Cells Type	Poly156.75×156.75mm
Weight	22.5kg
Dimension (L×W×T)	1956×991×40mm
Output Cables	TUV, Length 1100mm, 4.0mm²
No.of Cells	72 (6×12)
Front Glass	3.2mm High Transmission,Low Iron Tempered Glass
Frame	Anodised Aluminium
Junction box	IP67, 3 Bypass Diodes
Connector	MC4 Compatible (1000V) QC4·10-35 (1500V)

- Ficha técnica inversor

SUNNY ISLAND 3.0M/4.4M

Datos técnicos	Sunny Island 3.0M	Sunny Island 4.4M
Funcionamiento en la red pública o generador fotovoltaico		
Tensión asignada de entrada/rango de la tensión de entrada CA	230 V/172,5 V ... 264,5 V	230 V/172,5 V ... 264,5 V
Frecuencia asignada de entrada/rango de frecuencia de entrada permitida	50 Hz/40 Hz ... 70 Hz	50 Hz/40 Hz ... 70 Hz
Corriente máxima de entrada de CA	50 A	50 A
Potencia máxima de entrada CA	11 500 W	11 500 W
Funcionamiento en red aislada o para corriente de repuesto		
Tensión asignada de red/rango de tensión CA	230 V/202 V ... 253 V	230 V/202 V ... 253 V
Frecuencia nominal/rango de frecuencia (ajustable)	50 Hz/45 Hz ... 65 Hz	50 Hz/45 Hz ... 65 Hz
Potencia asignada (a Unom/fnom/25 °C/cos ϕ=1)	2 300 W	3 300 W
Potencia de CA a 25 °C durante 30 min/5 min/3 s	3 000 W/3 500 W/5 500 W	4 400 W/4 600 W/5 500 W
Potencia de CA a 45 °C	2 000 W	3 000 W
Corriente asignada/corriente de cortocircuito (valor pico)	10 A/60 A	14,5 A/60 A
THD de la tensión de salida/factor de potencia con potencia asignada	< 4,5%/-1 ... +1	< 4,5%/-1 ... +1
Batería de entrada de CC		
Tensión asignada de entrada/rango de tensión CC	48 V/41 V ... 63 V	48 V/41 V ... 63 V
Corriente de carga máx. de la batería/de carga asignada de CC/descarga asignada de CC	51 A/45 A/51 A	75 A/63 A/75 A
Tipo de batería/capacidad de la batería (rango)	Li-Ion*, FLA, VRLA/100 Ah ... 10 000 Ah (plomo) 50 Ah ... 10 000 Ah (Li-Ion)	Li-Ion*, FLA, VRLA,/100 Ah ... 10 000 Ah (plomo) 50 Ah ... 10 000 Ah (Li-Ion)
Regulación de carga	Procedimiento de carga IUoU con carga completa y de compensación automáticas	Procedimiento de carga IUoU con carga completa y de compensación automáticas
Rendimiento/autoconsumo		
Rendimiento máximo	95,3%	95,3%
Autoconsumo sin carga/en espera	18 W/6,8 W	18 W/6,8 W
Dispositivo de protección (equipo)		
Cortocircuito de CA/sobrecarga de CA	● / ●	● / ●
Protección contra polarización inversa de CC/fusible de CC	- / -	- / -
Sobretemperatura/descarga total de la batería	● / ●	● / ●
Categoría de sobretensión según IEC 60664-1	III	III
Datos generales		
Dimensiones (anchura x altura x profundidad)	467 mm x 612 mm x 242 mm (18,4 in/24,1 in/9,5 in)	467 mm x 612 mm x 242 mm (18,4 in/24,1 in/9,5 in)
Peso	44 kg (97 lb)	44 kg (97 lb)
Rango de temperatura de servicio	-25 °C ... +60 °C (-13 °F ... +140 °F)	-25 °C ... +60 °C (-13 °F ... +140 °F)
Clase de protección según IEC 62103	I	I
Clase climática según IEC 60721	3K6	3K6

- Ficha técnica reguladora de carga

tem	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	100V① 92V②		150V① 138V②		
MPP Voltage Range	(Battery Voltage+2V) ～72V③		(Battery Voltage +2V) ～108V③		
Tracking efficiency	≥99.5%				
Conversion efficiency	≤98.7%				
Temperature compensate coefficient	－3mV/℃/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)				
tem	**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

ANEXOS C: COTIZACIONES

- Cotización empresa Esol

Imágen	Nombre del Producto	Precio	Cantidad
	Panel fotovoltaico DAH Solar 320 Watt, Poly 72 celdas	$84,600	6
	Regulador de Carga EpSolar MPPT Tracer Serie AN 50A 12/24/36/48 V	$127,000	1
	Inversor EpSolar Onda sinusoidal Pura 3000 Watt/48V	$280,000	1
	Bateria Ultracell GEL Ciclo Profundo 100AH-12V	$110,000	12
	Cable solar 1 x 4.0 mm2 Rojo	$460	50
	Solar wire 1 x 4.0 mm2	$460	50
	Solar Wire 1 x 10.0 mm2	$1,240	10
	Solar Wire 1 x 10.0 mm2 Rojo	$1,240	10
	Solar Wire 1 x 16.0 mm2	$1,800	10
	Estructura Soporte Galvanizado Tipo Unistrut 10PF72	$294,000	1
	External LCD display LW series	$45,000	1
	Solar Wire 1 x 16.0 mm2 Rojo	$1,900	10

- cotización empresas

Material	Unidad	Cantidad	ESOL	Precio Unit	Total	Natura Energy	Precio Unit	Total	Cosmoplas	Precio Unit	Total
Panel fotovoltaico 320 W	Uni	6	Panel fotovoltaico DAH Solar 320 W Poly 72P	$71.092	$426.552	Panel solar DAH 320 W 72P	$109.235	$655.410	Panel solar Jinko 320 W	$226.036	$1.356.216
Inversor 48/3000	Uni	1	Inversor SMA Sunny island 3.0M	$1.203.451	$1.203.451	Inversor EpSolar onda sinusoidal pura 48/3000	$336.126	$336.126	Inversor EpSolar onda sinusoidal pura 48/3000	$531.682	$531.682
Regulador de carga Epsolar MPPT 150/50	Uni	1	Regulador de carga Epsolar MPPT 150/50 12/24/36/48V	$106.723	$106.723	Regulador de carga victron MPPT 150/45 12/24/48 v	$331.924	$331.924	Regulador de carga Epsolar MPPT 150/45 12/24/48V	$385.306	$385.306
Bateria estandar 100 Ah-12 V	Uni	10	Bateria Ultracell Gel Ciclo profundo 100 Ah-12 V	$92.437	$924.370	Bateria Ultracell Gel Ciclo profundo 100 Ah-12 V	$130.244	$1.302.440	Bateria Eltrik Gel Ciclo profundo 100 Ah-12 V	$166.635	$1.666.350
Sistema montaje	Uni	1	Estructura soporte galvanizado tipo unistrut 10PF72	$294.000	$294.000	Estructura soporte galvanizado tipo unistrut 10PF72	$352.933	$352.933	Sistema montaje soporte con cubierta plana/inclinada angulo 25-30-35º	$370.933	$370.933
						Digishop	Precio Unit	Total			
Conductor monopolar 4 mm2 +	Mts	50	Cable solar 1x4 mm2 rojo	$430	$21.500	Cable Solar 4 mm2 negro HIS HIKRA	$588	$29.400	Cable solar 4 mm2	949	$47.450
Conductor monopolar 4 mm2 -	Mts	50	Solar wire 1x4 mm2 axul	$430	$21.500	Cable Solar 4 mm2 rojo HIS HIKRA	$588	$29.400	Cable solar 4 mm2 Rojo	949	$47.450
Conductor monopolar 10 mm2 +	Mts	10	Solar wire 1x10 mm2	$1.042	$10.420	Cable Solar 10 mm2 negro HIS HIKRA	$1.345	$13.450	Cable libre halogeno 10 mm2 negro	1307	$13.070
Conductor monopolar 10 mm2 -	Mts	10	Solar wire 1x10 mm2 rojo	$1.042	$10.420	Cable Solar 10 mm2 Rojo HIS HIKRA	$1.345	$13.450	Cable libre halogeno 10 mm2 rojo	1307	$13.070
Conductor monopolar 6 mm2 +	Mts	10	Solar wire 1x16 mm2	$1.513	$15.130	-	$0	$0	Cable libre halogeno 16 mm2	2119	$21.190
Conductor monopolar 6 mm2 -	Mts	10	Solar wire 1x16 mm2 rojo	$1.597	$15.970	-	$0	$0	Cable libre halogeno 16mm2	2119	$21.190
Material	Unidad	Cantidad	Rhona	Precio Unit	Total	Eecol	Precio Unit	Total			
Conductor monopolar 2,5 mm2 +	Mts	300	cable rojo 2,5 mm2	222	$66.600	Alambre domiciliario 2,5 mm azul	$126	$37.800	Cable libre halogeno 2,5 mm2 negro	326	$97.800
Conductor monopolar 2,5 mm2 -	Mts	300	cable azul 2,5 mm2	222	$66.600	Alambre domiciliario 2,5 mm rojo	$126	$37.800	Cable libre halogeno 2,5 mm2 rojo	326	$97.800
Protecciones bateria	Uni	1	-	$50.000	$50.000	-	$50.000	$50.000	-	$50.000	$50.000
Protecciones paneles	Uni	1	-	$50.000	$50.000	-	$50.000	$50.000	-	$50.000	$50.000
Protecciones cables	Uni	1	-	$50.000	$50.000	-	$50.000	$50.000	-	$50.000	$50.000
TOTAL					$3.333.236	TOTAL		$3.240.133	TOTAL		$4.769.507
IVA					$633.315	IVA		$615.625	IVA		$906.206
TOTAL+IVA					$3.966.551	TOTAL+IVA		$3.855.758	TOTAL+IVA		$5.675.713
DESCUENTO 15%					$3.371.568	DESCUENTO 15%		$3.277.395	DESCUENTO 15%		$4.824.356