

**EVALUACIÓN TECNICO-ECONOMICA DE UN PROYECTO DE
GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA FOTOVOLTAICA PARA
LA COMERCIALIZACIÓN DE ENERGÍA A CLIENTES LIBRES**

Trabajo de Titulación para optar al Título
Profesional de INGENIERO EN
PREVENCIÓN DE RIESGOS
LABORALES Y AMBIENTALES

Alumno:

IGNACIO CONTRERAS LETERIER

Profesor Guía:

VÍCTOR LIZAMA MOLINA

2024

ÍNDICE

RESUMEN	0
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	2
1. General.....	2
2. Específicos.....	2
ALCANCE	3
ANTECEDENTES Y/O MOTIVACIÓN	4
1. Energía fotovoltaica en Chile.....	4
2. energía fotovoltaica en el mundo.....	5
MARCO TEÓRICO	7
1. Que es el panel y cómo funciona	7
2. Estructura de una celda fotovoltaica:	7
3. Tipos de plantas fotovoltaicas:.....	8
4. Tipos de sistemas de energía fotovoltaicas:	8
5. Componentes de un sistema de un sistema de energía fotovoltaico off grid:	8
6. Tipos de paneles fotovoltaicos:	13
7. Paneles fotovoltaicos monocristalinos.	13
8. Paneles solares policristalinos de Silicio	14
9. Placas solares de capa fina.....	15
10. Opciones de montaje de paneles:	16
11. Normativas legales:	17
METODOLOGÍA A OCUPAR	19
RESULTADOS	20
CARTA GANTT	21
MÉTODOS Y HERRAMIENTAS PARA IDENTIFICAR Y EVALUAR RIESGOS EXISTENTES EN LOS PROCESOS DE OPERACION DE LA PLANTA	21
ELEMENTOS CUANTITATIVOS Y CUALITATIVOS QUE CONFORMAN LA EVALUACIÓN DE PROYECTO	22
RIESGOS POTENCIALES	22
- transformador trifásico 75 kva 12 kv elexor	25
CONCLUSIONES	26
BIBLIOGRAFÍA	27

RESUMEN

La evaluación técnico-económica de un proyecto de generación de energía eléctrica fotovoltaica para la comercialización de energía a clientes libres consiste en analizar tanto los aspectos técnicos como los económicos para determinar la viabilidad y rentabilidad del proyecto.

En el aspecto técnico, se evalúa la ubicación del proyecto, la disponibilidad de radiación solar, la capacidad de generación de los paneles solares y el diseño del sistema eléctrico. Se analiza la eficiencia de los paneles solares, la capacidad de almacenamiento de energía, y la infraestructura necesaria para la instalación y mantenimiento del sistema fotovoltaico. También se considera la conexión a la red eléctrica y el cumplimiento de los requisitos y regulaciones técnicas.

En el aspecto económico, se evalúan los costos de inversión inicial, que incluyen los paneles solares, los equipos auxiliares, la infraestructura y los gastos de instalación. Se consideran también los gastos de operación y mantenimiento a lo largo de la vida útil del proyecto. Se analizan los ingresos provenientes de la comercialización de la energía a clientes libres, teniendo en cuenta los precios de venta y la demanda esperada. Se estima también la rentabilidad del proyecto y el retorno de la inversión.

En resumen, la evaluación técnico-económica de un proyecto de generación de energía eléctrica fotovoltaica para la comercialización de energía a clientes libres implica analizar tanto los aspectos técnicos como los económicos para determinar su viabilidad y rentabilidad. Se evalúan la ubicación, capacidad de generación, eficiencia y diseño del sistema fotovoltaico, así como los costos de inversión y operación, los ingresos esperados y la rentabilidad del proyecto. Los resultados de esta evaluación permiten tomar decisiones informadas sobre la implementación del proyecto.

INTRODUCCIÓN

La creciente demanda de energía eléctrica y la necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, han impulsado el desarrollo de proyectos de generación de energía renovable en todo el mundo. En este contexto, la energía eléctrica fotovoltaica se presenta como una opción prometedora, ya que utiliza la radiación solar para generar electricidad de forma limpia y sostenible.

La presente evaluación técnico-económica tiene como objetivo analizar la viabilidad de un proyecto de generación de energía eléctrica fotovoltaica para la comercialización de energía a clientes libres. Se evaluarán diversos aspectos técnicos, como la capacidad de generación del proyecto, la ubicación del mismo y la eficiencia de los paneles solares utilizados, así como aspectos económicos como los costos de inversión, los ingresos generados por la venta de energía y los plazos de recuperación de la inversión.

OBJETIVOS

1. General

- Evaluar técnica y económicamente la operación de una planta de energía fotovoltaica ubicado en la ciudad de Calama

2. Específicos

- Evaluar Potencial solar disponible en la región de Antofagasta (II Región), específicamente Calama, mediante el uso del software explorador solar del ministerio de energía
- Determinar los requerimientos técnicos y de seguridad del proyecto
- Evaluar económicamente la factibilidad del proyecto mediante flujo de caja

ALCANCE

Este presente proyecto de título es una investigación sobre cómo funciona y opera un sistema de energía eléctrica fotovoltaica y que tan posible es establecer dicho sistema en el Norte de Chile (Calama).

Y si dicho sistema puede abastecer a un cierto número de posibles clientes para uso libre.

ANTECEDENTES Y/O MOTIVACIÓN

En agosto de 2022 finalizó con 342 proyectos de ERNC, declarados en construcción, sumando 4.491 MW de potencia. La entrada a operación de los proyectos se provee entre diciembre 2020 y junio 2025. Siendo un 83% solar fotovoltaico.

Con esto la capacidad instalada neta de ERNC asciende a 35% (10.398 MW), con casi un 99.6% conectado al Sistema Eléctrico Nacional.

1. Energía fotovoltaica en Chile

Hoy casi el 25 por ciento de la electricidad del país es suministrado por fuentes renovables no convencionales. El futuro energético es verde y para 2040 toda la energía que Chile necesita podría provenir de energías limpias.

En los últimos diez años el desarrollo de energías limpias ha sido significativo en Chile. Si en 2011 teníamos una capacidad instalada de energías renovables no convencionales (ERNC) de 540 MW, hoy la cifra es 11 veces mayor. Ya a fines de 2020 llegó a los 6.113 megawatts en el Sistema Eléctrico Nacional.

Ya en 2020 la capacidad instalada de las centrales solares fotovoltaicas y de los parques eólicos superó al que tienen las centrales termoeléctricas a carbón. Y si bien la energía solar la que tiene mayor capacidad instalada, en julio pasado, según los datos de la Comisión Nacional de Energía, la eólica fue la que más energía inyectó a la red chilena. Las ERNC representarán el 40 por ciento de la matriz al 2030.

Los beneficios de la energía solar son diversos. Entre ellos están que ayuda al desarrollo sostenible, puesto que el sol es una fuente renovable, no contaminante y disponible en todo el planeta. Por cada 100 KW de potencia solar instalada se evita la emisión de 75.000 kg de CO₂ al año.

Algunas ventajas:

- La energía es más barata: Tras la inversión inicial la producción y mantenimientos salen mucho más baratos.
- Ayuda al medioambiente: No causa contaminación
- Disponibilidad global: si hay sol hay energía solar en mayor o menor medida. Además, Chile es uno de los países con mayor número de horas de sol al día, por lo que es fácil aprovechar la radiación solar para generar energía.
- El mantenimiento es fácil y conveniente: El mantenimiento de las placas solares es muy bajo. Y se requiere una limpieza al año
- Puede generar electricidad en lugares remotos: Puede usarse para tener electricidad en lugares remotos que no pueden tener redes eléctricas.

Chile, por otra parte, ha estado en el foco del mercado solar por las características geográficas que ofrece, además de su fuerte economía y por el desarrollo de nuevas reformas que han impulsado el tema de las energías renovables.

Según cifras del 2017, el tipo de energía renovable más consolidada en el país es la solar fotovoltaica, la que representa el 7% de la generación eléctrica total. Por otra parte, más del 70% de nuevos proyectos de energías limpias corresponden a solares fotovoltaicos.

2. energía fotovoltaica en el mundo

De los más de 10.000 teravatios/hora (TWh) de electricidad generada por los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), la energía solar representa únicamente 8 TWh. Aun así, las tecnologías de energía solar, incluidas la energía fotovoltaica, la energía solar de concentración y la energía térmica solar, constituyen la fuente de energía de mayor crecimiento del mundo. Estas tecnologías de bajas emisiones de carbono podrían proporcionar más del 30% del

suministro de energía mundial total para el año 2040.

Un informe conjunto elaborado en septiembre de 2006 por científicos del Brookhaven National Laboratory, la Universidad de Utrecht y el Energy Research Center de los Países Bajos ha demostrado que los sistemas fotovoltaicos de silicio cristalino presentan unas tasas de retorno energético de 1,5 a 2 años en ubicaciones del sur de Europa y de 2,7 a 3,5 años en el centro de Europa, mientras que las tecnologías de capa delgada presentan tasas de retorno energético que oscilan entre 1 y 1,5 años para ubicaciones del sur.

Actualmente, los módulos de energía solar se venden en todo el mundo a un precio de entre 3 y 5 dólares por vatio, mientras que los sistemas instalados suelen tener un precio de venta de entre 6 y 10 dólares por vatio. La energía solar es la opción más económica de proporcionar energía en ubicaciones que se encuentren a más de 800 km de distancia de una instalación eléctrica. En un informe publicado en 2004 titulado "Generación Solar" elaborado por Greenpeace y la Asociación Europea de la Industria Fotovoltaica (EPIA) se calculaba que, en 2020, la tecnología fotovoltaica podría proporcionar 276 TWh de energía, cifra que equivale al 1% de la demanda mundial prevista por la Agencia Internacional de la Energía (AIE). En el estudio se preveía que el mercado de la energía fotovoltaica crecería a un ritmo anual compuesto del 30% hasta 2020.

Además, el informe establecía que con un índice de crecimiento del 15% entre 2020 y 2040, la producción de energía solar podría ser superior a 9.000 TWh, lo que representaría un 26% de la demanda mundial prevista.

La energía solar es una excelente opción para un futuro con bajas emisiones de carbono y con energía fiable y duradera.

MARCO TEÓRICO

1. Que es el panel y cómo funciona

La energía solar fotovoltaica es aquella que permite capturar la luz del sol para convertirla en electricidad gracias al efecto fotovoltaico, donde entran en juego las partículas que componen la luz del sol, conocidos como fotones, y su impacto sobre los paneles solares, con el que se liberan los electrones. Los conductores que componen las placas están fabricados con silicio y, normalmente, están integrados por un lado negativo y un lado positivo que crean un campo eléctrico a través del que pasan los electrones una vez activados, de modo que se consigue generar la corriente. En definitiva, la energía fotovoltaica es la transformación directa de la radiación solar en electricidad.

Aunque el efecto fotovoltaico era conocido desde el siglo XIX, fue en la década de los 50, en plena carrera espacial, cuando los paneles fotovoltaicos comenzaron a experimentar un importante desarrollo. Inicialmente utilizados para suministrar electricidad a satélites geoestacionarios de comunicaciones, hoy en día constituyen una tecnología de generación eléctrica renovable. El silicio que conforman los paneles solares tiene que ser de una pureza del 99,999% para su uso en celdas solares, una sola celda fotovoltaica produce solo alrededor de 0.5V, la combinación de la conexión en serie y en paralelo de las celdas por medio de tiras de cobre formando el panel solar aumentan los valores de corriente y tensión a un rango utilizable.

2. Estructura de una celda fotovoltaica:

- Panel solar
- Láminas de Eva, son laminas delgadas y transparentes que protegen de golpes, vibraciones, humedad y suciedad al panel solar

3. Tipos de plantas fotovoltaicas:

Hay dos tipos de plantas fotovoltaicas: las que están conectadas a la red y las que no. Dentro de las primeras existen, a su vez, otras dos clases:

- Central fotovoltaica: toda la energía producida por los paneles se vierte a la red eléctrica.
- Generador con autoconsumo: parte de la electricidad generada es consumida por el propio productor (en una vivienda, por ejemplo) y el resto se vierte a la red.

4. Tipos de sistemas de energía fotovoltaicas:

- Off grid: Se compone del panel solar, regulador de carga, baterías e inversor; Y son el tipo de sistemas que más comúnmente son usados para uso doméstico
- On grid: Se compone del panel solar, el inversor y un medidor bidireccional; Este tipo de sistemas se ven más frecuentemente para uso industrial ya que las cargas que se manejan son de una magnitud mucho más grandes que la que comúnmente ocupamos en la vida hogareña, acá se habla de Kwh.

5. Componentes de un sistema de un sistema de energía fotovoltaico off grid:

- Estructura para paneles solares: Las estructuras de las placas fotovoltaicas son componentes pasivos que facilitan la instalación de los módulos fotovoltaicos, que han de soportar constantemente las condiciones climatológicas del exterior. Estos elementos fijan su posición y la mantienen estable durante años.



Fuente: Google imágenes

imagen N°1

- Módulo solar fotovoltaico (paneles solares): Es el encargado de convertir la energía solar en energía eléctrica. Los paneles están dotados de células de silicio, un material semiconductor que se encuentra encapsulado y conectado eléctricamente, y que va montado en una estructura que hace de soporte.



Fuente: Google imágenes

imagen N°2

- Regulador o controlador de carga: Su función es administrar la energía a las baterías de manera óptima. De esa forma, impide que el sistema fotovoltaico se sobrecargue o sobre-descargue, al mismo tiempo que alarga la vida útil de los acumuladores.

Cuenta con una capacidad de corriente máxima en amperios que garantiza una carga adecuada, al tiempo que asegura un óptimo suministro eléctrico.



Fuente: Google imágenes

imagen N°3

➤ **Batería o acumulador:** Lo que hace es almacenar la electricidad para poder emplearla más adelante, siempre que sea necesario. De esa manera, el objetivo del acumulador se puede resumir en tres funciones claramente destacadas y diferenciadas:

Almacena energía durante un tiempo determinado.

Proporciona una potencia de energía inmediata lo suficientemente elevada como para dar lugar a un abastecimiento efectivo.

Limita y fija la tensión de trabajo del sistema para evitar caídas de tensión en toda la instalación.



Fuente: Google imágenes

imagen N°4

- Inversor: El inversor convierte la corriente continua en corriente alterna la cual se presentará como una onda senoidal el cual dará un voltaje eficaz o rms o convencional. Dicha corriente tiene que ser la misma que emplea la red eléctrica (220 V con una frecuencia de 50 Hz).



Fuente: Google imágenes

imagen N°5

Componentes de un sistema de un sistema de energía fotovoltaico on grid:

- Panel solar: Estos, al captar la radiación solar, generan energía en corriente continua



Fuente: Google imágenes.

imagen N°6

- Inversor on grid: Convierten la corriente continua recibido del panel solar en corriente alterna



Fuente: Google imagen

imagen N°6

- Medidor bidireccional: mide tanto la energía consumida como la generada de forma automática.



Fuente: Google imagen.

imagen N°7

- Transformadores: la corriente alterna generada por los inversores es de baja tensión (380-800 V), por lo que se utiliza un transformador para elevarla a media tensión (hasta 36 kV).



Fuente: Google imagen

imagen N° 8

6. Tipos de paneles fotovoltaicos:

- Paneles fotovoltaicos monocristalinos de celdas de Silicio
- Paneles solares policristalinos de Silicio
- Placas solares de capa fina
- Paneles solares híbridos

7. Paneles fotovoltaicos monocristalinos.

Son bastante fáciles de reconocer por su coloración y aspecto uniforme, que indica una alta pureza en silicio. Las celdas monocristalinas se fabrican con bloques de silicio o ingots, que son de forma cilíndrica. Con el objetivo de reducir los costes de fabricación de las celdas fotovoltaicas monocristalinas y de optimizar su rendimiento, se recortan los cuatro lados de los bloques cilíndricos para hacer láminas de silicio. Este recorte es el que les da este aspecto característico.

Su rendimiento comercial oscila entre 17 y el 20%. Este es un factor importante cuando no disponemos de mucha superficie para instalar paneles, ya que así podemos conseguir mayor potencia con el mismo espacio.

El panel solar monocristalino las esquinas son redondeadas. Las células monocristalinas están formadas por un único tipo de cristal de silicio, o sea que cuando se fabrica el cristal, solo se formara en una dirección, consiguiendo un alineamiento bastante perfecto de todos los componentes del cristal.

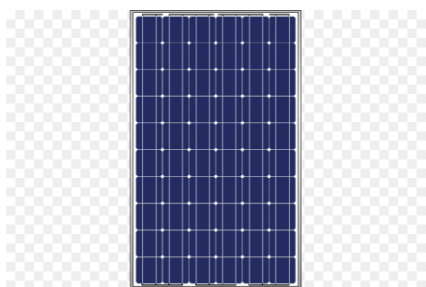


Fuente: Google imagen. imagen N°9

8. Paneles solares policristalinos de Silicio

En este tipo de panel solar el silicio en bruto se funde y se vierte en un molde cuadrado. A continuación, se enfría y se corta en láminas perfectamente cuadradas. Los primeros paneles solares policristalinos de silicio aparecieron en el mercado en 1981. Su mayor ventaja respecto a las celdas monocristalinas parte de un proceso de producción de menor coste, que tira a la baja el precio final de estos sistemas.

Su rendimiento comercial oscila entre 13 y el 15%. A pesar de tener un rendimiento menor, los paneles policristalinos tienen un menor precio que los monocristalinos y un mejor comportamiento a altas temperaturas, con lo que bajo estas condiciones pueden generar más energía que el resto de paneles.



Fuente: Google imagen. imagen N°10



Fuente: Google imagen. imagen N°11

9. Placas solares de capa fina

El fundamento de estos paneles es depositar varias capas de material fotovoltaico en una base. Dependiendo de cuál sea el material empleado podemos encontrar paneles de capa fina de silicio amorfo (a-Si), de telururo de cadmio (CdTe), de cobre, indio, galio y selenio (GIS/CIGS) o células fotovoltaicas orgánicas (OPC). Dependiendo del tipo, un módulo de capa fina presenta una eficiencia del 7-13%. Los módulos fotovoltaicos de película delgada se fabrican depositando el material semiconductor sobre un sustrato similar al vidrio, para que los paneles solares rígidos se utilicen en exteriores; o sustrato plástico, en el caso de paneles flexibles para usos menos convencionales.

El módulo de película delgada se fabrica monolíticamente y no requiere el ensamblaje de varias celdas, como en el caso de los paneles de silicio cristalino, además, la cantidad de material semiconductor presente en el panel es considerablemente menor que los paneles hechos con celdas fotovoltaicas estándar, lo que reduce los costos de producción.



Fuente: Google imagen. imagen N°12

10. Opciones de montaje de paneles:

- Panel fijo horizontal: Consiste en ubicar el panel fotovoltaico con una cierta inclinación respecto del plano horizontal y el eje central de este plano se orienta con un acimut respecto del norte.
- Panel horizontal con seguimiento en eje horizontal norte sur (HSAT): se considera un panel horizontal que está montado en un eje orientado de norte a sur. Este eje rota de modo que el panel mira hacia el este en la mañana y se va moviendo para quedar mirando hacia el oeste en la tarde.
- Panel inclinado con seguimiento en eje horizontal norte sur (HTSAT): Esta configuración es similar a la anterior. El sistema de seguimiento es el mismo, el eje que rota está en posición horizontal, con orientación norte sur, pero el panel se instala con una inclinación respecto al eje de rotación.
- Panel inclinado con seguimiento en eje inclinado norte sur (TSAT): El panel se instala solitario al eje de rotación, el cual está orientado de norte a sur, pero posee la misma inclinación que el panel, respecto a la horizontal. El eje rota de este a oeste, siguiendo al sol.
- Panel inclinado con seguimiento en eje vertical (VSAT): el panel se instala con una inclinación sobre un eje vertical, el cual rota de manera que el panel iguale al acimut solar. Permite seguir al sol en 360 grados.
- Panel con seguimiento en dos ejes, uno horizontal y uno vertical: En este caso el panel se instala sobre dos ejes perpendiculares entre sí. Uno vertical, que permite el movimiento acimutal del panel. Y uno horizontal, que permite cambiar la inclinación del panel. Con este sistema de seguimiento el panel siempre está perpendicular a los rayos solares, por lo que se optimiza completamente la captación de radiación solar. La radiación directa llega normal a la superficie receptora.

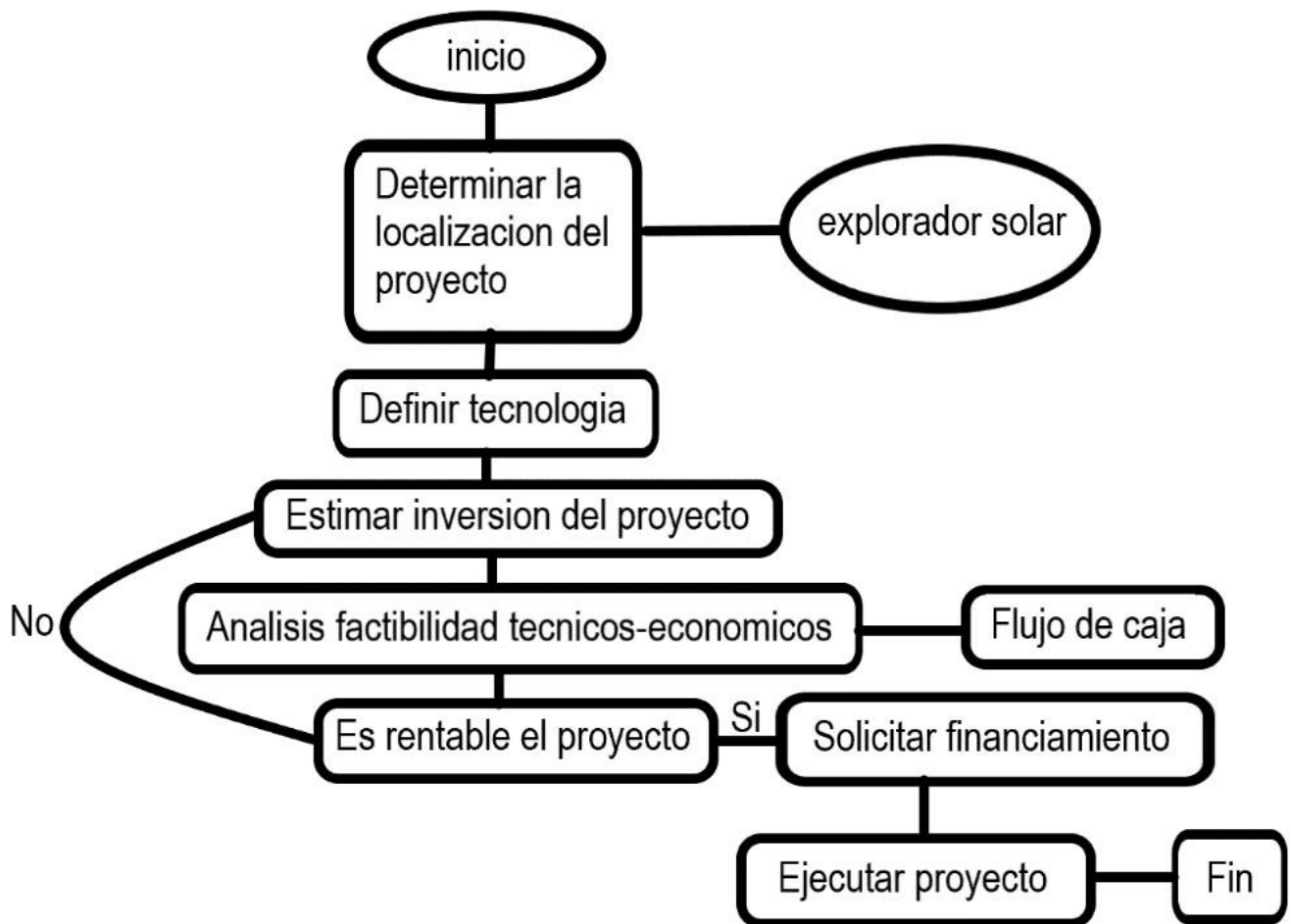
11. Normativas legales:

- Ley 20.571: Ley de Generación Distribuida
- Ley N° 20.257: Ley ERNC
- Ley N° 20.698: Ley 20/25
- Ley 21.194: Rebaja la rentabilidad de las empresas de distribución y perfecciona el procesotarifario de distribución eléctrica.
- LEY N° 20.402: Crea el ministerio de energía
- Ley 21.185: Crea un mecanismo transitorio de estabilización de precios de la energía eléctrica para clientes sujetos a regulación de tarifas.
- NCh-IEC 61215-1: define y detalla los procedimientos y ensayos que contienen estos requisitos mínimos exigidos por la SEC.
- NCh-IEC 61215-2: definen y detallan los procedimientos y ensayos que contienen estos requisitos mínimos exigidos por la SEC.
- NCh-IEC 62446-1: contiene las especificaciones de los ensayos mínimos para poner en marcha, operar y mantener una planta fotovoltaica. A su vez, enumera la documentación mínima para llevar a cabo estas actividades.
- NCh3650: contiene las especificaciones de los ensayos mínimos para poner en marcha, operar y mantener una planta fotovoltaica. A su vez, enumera la documentación mínima para llevar a cabo estas actividades.
- NCh-IEC/TS 62548: Se enfoca en describir los requisitos de diseño para sistemas fotovoltaicos, incluyendo cableado de los arreglos en corriente

continua, dispositivos de protección eléctrica, disposiciones sobre conmutación y puesta a tierra.

- NCh-IEC 61829: incluye la descripción de los procedimientos para las mediciones in situ de las características de los arreglos fotovoltaicos, de las condiciones meteorológicas presentes y el uso de estas para sus condiciones de potencia nominal u otras condiciones a definir.
- NCh-IEC 61701: describe las secuencias de ensayo útiles para determinar la resistencia de diferentes módulos fotovoltaicos a la corrosión producida por niebla salina.
- NCh-IEC 62093: se hace cargo de determinar las características de desempeño de cada uno de estos componentes luego de exponerse a las condiciones ambientales naturales de servicio simuladas para las cuales se prevé su aplicación, de acuerdo a la especificación del fabricante.
- NCh3649: se encarga de determinar el procedimiento para la medición de la eficiencia general de los inversores fotovoltaicos conectados a la red, evaluando separadamente tanto la eficiencia de la conversión de energía como la de su rastreador del punto máximo de potencia de los módulos fotovoltaicos.
- NCh-IEC 61836: presenta los términos, definiciones y símbolos de normas fotovoltaicas nacionales e internacionales y documentos relevantes utilizados en el área de sistemas de energía solar fotovoltaica.

METODOLOGÍA A OCUPAR

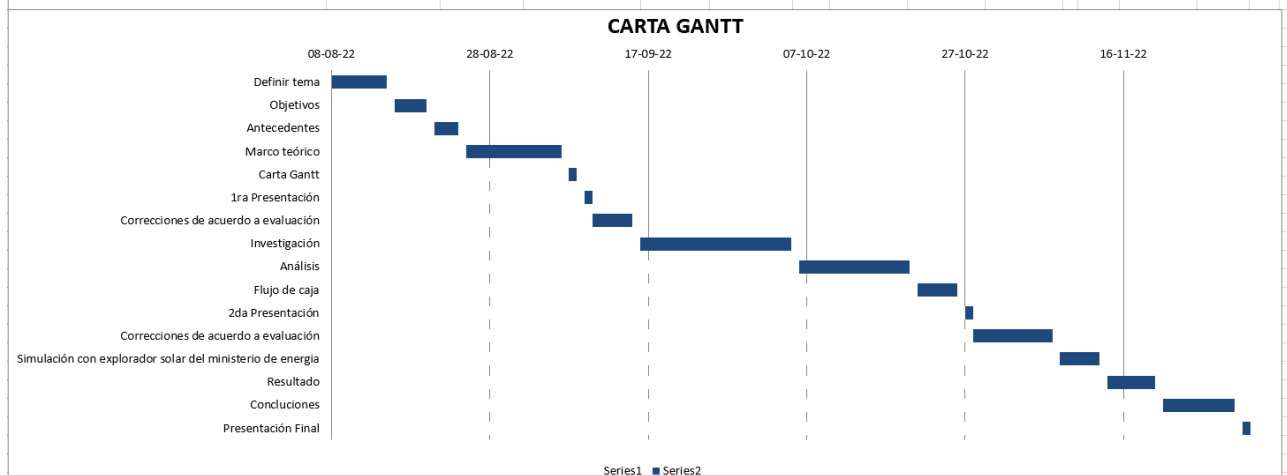


Fuente: autoría propia.

imagen N° 13

CARTA GANTT

CARTA GANTT	FECHA DE INICIO	DURACION	FECHA TERMINO
Definir tema	08-08-22	7	15-08-2022
Objetivos	16-08-22	4	20-08-2022
Antecedentes	21-08-22	3	24-08-2022
Marco teórico	25-08-22	12	06-09-2022
Carta Gantt	07-09-22	1	08-09-2022
1ra Presentación	09-09-22	1	09-09-2022
Correcciones de acuerdo a evaluación	10-09-22	5	15-09-2022
Investigación	16-09-22	19	05-10-2022
Análisis	06-10-22	14	20-10-2022
Flujo de caja	21-10-22	5	26-10-2022
2da Presentación	27-10-22	1	27-10-2022
Correcciones de acuerdo a evaluación	28-10-22	10	07-11-2022
Simulación con explorador solar del ministerio de energía	08-11-22	5	13-11-2022
Resultado	14-11-22	6	20-11-2022
Conclusiones	21-11-22	9	30-11-2022
Presentación Final	01-12-22	1	01-12-2022



Fuente: autoría propia

imagen N°15

MÉTODOS Y HERRAMIENTAS PARA IDENTIFICAR Y EVALUAR RIESGOS EXISTENTES EN LOS PROCESOS DE OPRECION DE LA PLANTA

- Matriz de Identificación de peligros y Evaluación de Riesgo: Sirve para identificar, evaluar, y controlar los riesgos asociados a las actividades laborales. Así, los más urgentes se abordan de manera prioritaria. En una tabla de Excel se establece la probabilidad, de 1 a 5, de que un riesgo se concrete. 5 es casi seguro y 1 muy difícil de que ocurra. Esta matriz ayuda a reconocer las amenazas y sus causas con el fin de proponer medidas de prevención.
- Check-list: Se trata de una manera simple de identificar los riesgos. Esta técnica proporciona una lista de las incertidumbres típicas a considerar.

- Análisis de árbol de fallas: Esta técnica se inicia con un evento no deseado y determina todas las maneras en las que podría ocurrir. Estos eventos se muestran gráficamente en un diagrama de árbol lógico. Una vez que el árbol de fallas se ha desarrollado, debe considerarse la posibilidad de formas de reducir o eliminar las posibles causas/fuentes.
- Diagrama causa-efecto: Un efecto puede tener un número de factores que se pueden agrupar en distintas categorías. Estos factores se identifican a menudo a través del intercambio de ideas y se muestran en una estructura de “espina de pescado” o “Ishikawa”. Permite conocer la raíz del problema y cuellos de botella en procesos.
- Cinco porqués: El propósito de este método para gestionar el riesgo es reconocer la causa raíz de un problema. Por medio de preguntas repetitivas, se identifican los orígenes de un evento de riesgo.

ELEMENTOS CUANTITATIVOS Y CUALITATIVOS QUE CONFORMAN LA EVALUACIÓN DE PROYECTO

- Alcance (Ciudad de Calama para el resto del país a través de la red eléctrica)
- Costo (\$300.000.000)
- Beneficios (Energía eléctrica que se vierte a la red)
- tiempo requerido para su ejecución. (2 años)
- Gestión del cambio
- Gestión del riesgo

RIESGOS POTENCIALES

- Caídas al mismo y distinto nivel
- Proyección de fragmentos y partículas
- Golpes y cortes
- Atrapamientos
- Caída de objetos

- Contactos eléctricos
- Estrés térmico
- Radiaciones no ionizantes
- Sobreesfuerzos

**COTIZACIONES PARA COMPRAR LOS EQUIPOS QUE HARAN
FUNCIONAR LA PLANTA DE ENERGIA FOTOVOLTAICA**

- Panel solar policristalino de silicio:
 - Panel Solar KLN 335W 24V – Kln(Sodimac) \$377.990
 - Panel solar 335w(Falabella) \$115.0002.-

- Regulador o controlador de carga
 - Regulador de carga solar MPPT 60A Profesional (Sodimac) \$490.000
 - Regulador Controlador Carga Solar Digital Mppt 60a 12v 24v(Mercado Libre) \$79.900
 - Regulador Controlador De Carga Solar Epsolar 45a 12/24v Pwm(Mercado Libre) \$65.0003.-

- Batería o acumulador
 - Batería Ciclo Profundo Rosen Solar, Gel 12v 100ah(Mercado Libre) \$130.000
 - Batería Ciclo Profundo Gel Ultracell 12v 250ah Energía Solar(Mercado Libre) \$470.000

- Inversor
 - Inversor Cargador Hibrido Onda Pura 3000w, 24v, Pwm 50a(Mercado Libre) \$295.000
 - Inversor Solar Onda Pura 3000w 12v / Sistema Fotovoltaico(Mercado Libre) \$119.9905.

- Medidor bidireccional
 - Medidor trifasico de Kilovatios-Hora de Energía de Tres Vías de Cuatro Módulos Din-Rail - 220V 5 A(Mercado Libre) \$48.245
 - Medidor Digital Multifuncional Trifásico Blanco(Mercado Libre) \$46.623

- Transformador
- Transf Distr Aerea Trif 500KVA 12KV(tiendatecnored.cl)
\$18.633.990
- transformador trifásico 75 kva 12 kv elexor
(tiendatecnored.cl) \$8.119.790

CONCLUSIONES

- La zona Norte de Chile presenta más potencial en cuanto a la energía solar utilizable, lo que la convierte en una zona ideal para instalar una planta de energía fotovoltaica
- El tipo de panel más conveniente a ocupar es el Panel solar policristalino de Silicio
- El tipo de sistema de energía fotovoltaica que más se adecua a este proyecto es on grid
- El tipo de panel que más se acomoda es el panel con seguimiento en dos ejes, uno horizontal y uno vertical

BIBLIOGRAFÍA

- (trinasolar, 2024); <https://www.trinasolar.com/es/about-solar/how-it-works#:~:text=Los%20paneles%20solares%20fotovoltaicos%20capturan,útil%20para%20viviendas%20y%20empresas>
- (endesa, 2024); <https://www.endesa.com/es/blog/blog-de-endesa/luz/como-funcionan-los-paneles-solares>
- (Chile, 2024); <https://solcorchile.com/paneles-solares/>
- (enelx, 2024); <https://www.enelx.com/cl/es/preguntas-y-respuestas/que-es-un-sistema-fotovoltaico-on-grid-y-off-grid>