



UNIVERSIDAD
MAYOR
para espíritus emprendedores
Facultad de Ciencias

CONSTRUCCIÓN CIVIL

Análisis Descriptivo y Constructivo de Energías Renovables No Convencionales Parques Solares

Proyecto de Título para optar al Título de Constructor Civil

Estudiante:
Felipe Cordero

Profesor guía:
Carlos Aguirre Núñez

Diciembre 2018
Santiago, Chile

Resumen:

Esta tesis se enfoca principalmente en abordar el tema de las Energías Renovables no Convencionales (ERNC) más específicamente en la energía solar fotovoltaica. Partiendo por los inicios de la era de la humanidad y como el concepto de energía se fue desarrollando a través de la historia, siendo la revolución industrial uno de los hitos más importantes en este sentido, y finalmente en la actualidad, donde se hace una breve descripción de los distintos tipos de energía, para finalmente introducirse en el concepto de las ERNC, cuántas hay, cuáles son y cómo funcionan, las ventajas y desventajas, el impacto ambiental y que significa en el mundo que está más comprometido con la producción de energía más amigable para el medio ambiente.. Esto genera un conflicto de interés, principalmente económico, donde muchas veces los grandes productores de energía como por ejemplo el carbón, cuyo componente fósil es atribuible a gran parte de la contaminación atmosférica del mundo.

Luego habrá una introducción a las cifras de generación de energía en Chile y el mundo. En el contexto económico, cuáles son los valores de inversión en ERNC y también cuánta es la potencia instalada. También se hace una referencia de los proyectos futuros pensados en el país y cuáles son las estimaciones de potencia instalada que se proyectan en los próximos años.

Luego se hace un análisis específico de lo que se significa la energía Solar Fotovoltaica. Cómo funciona, cuáles son los componentes involucrados en este proceso como así también las cualidades de cada uno de ellos. Se realiza una descripción de cómo funciona la instalación eléctrica y también los parámetros que esta debe seguir en Chile. Y finalmente los requisitos necesarios para la mantención del sistema.

El siguiente punto es un análisis del proceso constructivo del sistema, viendo en detalle cada una de las partidas involucradas necesarias para una ejecución eficiente de un proyecto. Partiendo desde las obras civiles hasta el cableado de las instalaciones eléctricas.

Para finalizar se llega a una conclusión de cómo las ERNC son y serán una parte importante del mercado energético en Chile y el mundo y la relación directa con la carrera de Construcción Civil.

Summary

The main focus of this thesis is the study of the issue of non-conventional renewable energies, specifically, photovoltaic solar energy. Starting from the beginning of the human history, the Industrial Revolution, that was one the most important moments of the energy industry. and the present situation of the field. Also there is a brief explanation about the types of energy, reaching the NCRE, and the exploring thoroughly each of them, how the process works and, advantages and disadvantages of it and today environmental impact of the process and the consequences (Economy).

One of the major conflicts that the field has is the economic balance that requires a clean production of energy and the care of the environment a clear example is the production of electric using coal, this fossil energy is one of the ones that makes more atmospheric pollution in the world (CO₂).

Following by an analysis of the figures that represents the production of the different energies in Chile and in the world. What are the cost involves investing in NCRE versus the power potential ones is installed. Also a projection of how much NCRE are expected to growth in the next decade in Chile.

Next, understanding is a explanation more deeper into the photovoltaic solar energy, how it works, which are the different components involved in the system and the characteristic of each of them. Afterwards an explanation about how the electrical system works and the standards that needs to be apply in Chile. Finally there is a brief explanation about the maintenance of the systems.

The next chapter talks about the building process, s blueprints, and layouts during the different stages of the Project. Starting from the ingenier proposal to the wiring of the building

The last chapter and the conclusion of this paper is about why the NCRE are important in Chile and how this are related to the career of Civil Construction.

Agradecimientos

En primer lugar, agradecer a mi familia que siempre ha estado ahí cuando los he necesitado, incondicionalmente a pesar de todo, en los buenos y malos momentos. A mis grandes amigos, todos y cada uno de ellos de alguna forma aportaron y fueron un apoyo fundamental en este proceso. También para los académicos de la universidad, especialmente para el profesor Carlos Aguirre que me acompañó y me guio para lograr terminar de manera conforme este proceso. A mis compañeros de universidad que me ayudaron formarme como profesional compartiendo conocimientos y compañerismo en diversas etapas de mi carrera. Gracias María Eugenia Castillo por ser un pilar fundamental en mi vida, siempre dándome apoyo, este gran logro te lo dedico a ti.

Y en general a cada una de las personas que aportaron ya sea en gran parte o con un granito de arena, con ánimos y motivaciones, con felicitaciones o con un “ya no queda nada”. A todas esas personas que me motivaron a llegar hasta el final, muchas gracias.

SOLO USO ACADÉMICO

Capítulo 1: Antecedentes Generales	7
Introducción	7
Preguntas de investigación	10
Pregunta General	10
Preguntas Específicas	10
Objetivos	11
Justificación	12
Capítulo 2: Marco teórico.	13
Definiciones:	13
Energía:	16
Tipos de Energía	16
Energías no renovables:	17
Energías Renovables	19
Energías renovables convencionales:	20
Energía Eólica:	22
Energía Biomasa:	23
Energía Geotérmica:	25
Energía del Mar	27
Energía Solar	29
Energía Solar Fotovoltaica	29
Energía Solar Térmica	31
Importancia de las ERNC	33
Evolución en Chile y el mundo	34
Cifras actuales	42
Cifras en el mundo	42
Cifras en Chile	48
Proyectos a futuro	51
Normativa aplicable	54
Capítulo 3. Proceso de Construcción	55
Sistemas Conectados a la red (On-Grid)	56
Sistemas Híbridos:	57
Componentes de un sistema Solar Fotovoltaico.	58

Celdas Fotovoltaicas	58
Policristalinas:	60
Amorfas:	60
3.1.3.1. Proceso de fabricación de las Celdas fotovoltaicas	61
Módulos Fotovoltaicos	62
Generador Fotovoltaico	63
Inversor	64
Medidor Bidireccional	65
Baterías:	66
Regulador de Carga:	66
Proceso de instalación	67
Recomendaciones generales para la instalación de un sistema solar fotovoltaico	68
Método de instalación.	71
Instalación Eléctrica	74
Mantenimiento.	77
Capítulo 4: Proceso Constructivo de un parque solar Fotovoltaico	78
Partidas relevantes	79
Capítulo 5: Conclusiones	93
ANEXO	99

Capítulo 1: Antecedentes Generales

Introducción

Es un hecho que el desarrollo de la civilización empezó en el momento en el que el hombre descubrió que podía crear energía, en principio como calor y luz y eventualmente la necesidad de crear esta energía y los diferentes usos que se encontraron para la calidad de vida. A lo largo de la historia, la civilización ha girado en torno a la creación de energía para poder subsistir. La luz y el calor son elementos vitales para el desarrollo de la vida y la búsqueda de cómo aprovechar estos elementos ha sido siempre una prioridad.

Desde el descubrimiento del fuego fue la primera forma de energía utilizada por el hombre, esta se usó de distintas formas, como protección ante los depredadores, iluminación y calor y con el paso del tiempo para cocinar. Otros usos, por ejemplo: fabricación de armas, para comunicarse por señales de humo. Este hecho sin lugar a duda marcó un antes y un después en la historia de la humanidad

Con el paso del tiempo, desde la prehistoria hasta la época contemporánea, el sistema de producción de energía evolucionó, pasando por innumerables procesos del aprovechamiento de esta para el confort de la humanidad. Durante revolución industrial este proceso significó un cambio radical en la forma de vida que se llevaba hasta ese momento, pasando de un estilo más rural y agrícola a uno más urbano. En esta época se explota de manera exagerada la energía fósil que es la más utilizada en el mundo, la cual es un tipo de energía no renovable y que puede ser generada por el petróleo (forma líquida), gas natural (forma gaseosa) y el carbón (forma sólida), esta última, la más barata de todas es utilizada de manera indiscriminada, iniciando de esta manera uno de los problemas más controversiales de la época moderna, la contaminación ambiental.

Ahora bien, estas materias primas no son infinitas, (energías no renovables) esto significa que en algún momento se van a agotar. La formación natural de estos recursos requiere de millones de años. Se estima que, si el consumo de petróleo se mantiene, en unos 40 años más se habrá agotado en el mundo¹. Por otro lado, la explotación y el uso de las energías fósiles están asociadas a un gran impacto al medio ambiente, ya que producen gases contaminantes, y tóxicos, se estima que cada año producimos 8 billones de toneladas métricas de CO₂, el planeta es capaz de absorber alrededor de 5 de los 8 billones, el resto se queda en la atmósfera². (Life, World Wild, 2018). También la explotación del petróleo por ejemplo produce conflictos de interés en diversas partes del mundo, y las naciones que explotan este material prácticamente manejan un monopolio y se producen muchas veces conflictos bélicos por el control de este.

Además de las de energías mencionadas anteriormente, existen las producidas por fisión nuclear, las cuales se generan en centrales nucleares, así mismo también presentan diversos problemas, como la emisión de residuos radiactivos los cuales a fecha de hoy aún no se sabe cómo tratar con ellos, también la seguridad de las personas podría verse afectada por una posible catástrofe debido a un error en su funcionamiento como pasó en Chernóbil (Ucrania) hace ya unos 40 años y que dejó 31 personas fallecidas en el acto y otras más que evidentemente fallecieron por la exposición a la radioactividad y es considerado uno de los mayores desastres medioambientales de la historia junto con lo ocurrido en Fukushima (Japón) otro accidente nuclear, el cual se clasificó en la misma escala del accidente de Chernóbil en cuanto a la gravedad de este. Finalmente, posible uso militar de este tipo de energía es un factor de alto riesgo a tener en cuenta.

Ahora bien, la vida tal y como la conocemos no podría llevarse a cabo sin la producción masiva de energía para poder hacer todas las actividades que se realizan diariamente, por lo que la innovación en la producción, la investigación y el desarrollo de los avances tecnológicos ha ido en crecimiento exponencial en el último tiempo, escenario que lleva a la implementación de otro tipo de energías llamadas Energías renovables las cuales gracias a su “materia prima” es posible volver a reutilizarlas para así no agotar el recurso.

Estos tipos de energía se dividen en dos, Energías renovables convencionales y Energías renovables no convencionales (ERNC). La energía renovable no convencional más importante es la Hidráulica, la cual se produce por el aprovechamiento de la energía mecánica producida por las aguas, proceso que se materializa en centrales hidroeléctricas las cuales pueden ser distintas dependiendo del lugar donde están emplazadas, aprovechando por ejemplo el flujo de ríos, o creando represas, el impacto ambiental de este tipo de energía es menos tóxico, sin embargo el impacto local es grande, a menudo requiere la construcción de la infraestructura para el empleo de las aguas, lo que puede generar un daño en el lugar donde se planea construir y desplazamiento de las personas que habitan en el área, ya que en ciertas ocasiones hay que inundar sectores para construir represas, Un ejemplo de esta situación fue el proyecto de HidroAysén en Chile, el costo ambiental y humano, causó mucha controversia y finalmente no se logró llevar a cabo.

Finalmente, están las ERNC, que son energías producidas con un impacto más positivo para el medio ambiente. Entre las más destacadas se encuentran: la eólica, la cual se genera por medio de acción del viento, la Energía Solar que toma la radiación del sol para su creación, la mareomotriz la cual se nutre por el oleaje producido por el mar, la biomasa que toma los desechos producidos por la industria y finalmente la geotérmica que se origina por el calor interno del planeta. Cada una de estas energías tiene pro y contras y aún están en proceso de desarrollo en busca de un punto eficiente.

Con la toma de conciencia general a nivel internacional debido al calentamiento global y al efecto invernadero, cada día se concretan más proyectos vinculados a este tipo de energías. Es inevitable que, en un futuro no muy lejano, eventualmente, las materias primas que producen las energías no renovables se agotarán y toda la energía producida deberá extraerse de fuentes renovables. Es por lo anterior que es importante estudiar el comportamiento de estas energías y ver qué tan justificable y eficiente, es la construcción de este tipo de plantas tanto por los factores medioambientales como económicos.

Chile posee un potencial altísimo para producir energía solar ya que el desierto de atacama posee la mayor radiación del mundo, (Tercera, 2012) esto ha llevado a que en los últimos años la explotación y desarrollo de esta energía ha crecido en forma exponencial, llegando a representar en el año 2017 el 44% de la energía total generada de ERNC y un 7% de la energía total generada en el país. El posible impacto económico en el futuro puede ser radical, considerando que en el año 2014 ni siquiera aparecía dentro de las estadísticas de energías producidas. (Energía, 2017)

Es evidente que es necesario investigar el potencial de la energía solar, particularmente en Chile, desde el proceso de fabricación, instalación y finalmente de distribución de la energía. Además, los costos asociados para determinar la rentabilidad de la inversión a nivel particular o nacional, De hecho, se proyecta que Chile podría ser un exportador de energía eléctrica producida por plantas solares. (Palma)

Preguntas de investigación

Pregunta General

- ¿En qué consiste el proceso de construcción asociados a un sistema solar fotovoltaico?

Preguntas Específicas

- ¿Qué son las energías renovables no convencionales?
- ¿Cuál es la importancia de las energías renovables no convencionales en Chile y el mundo?
- ¿Cuáles son las cifras actuales del aporte de las ERNC en Chile y el mundo?
- ¿Cómo es el proceso de fabricación de un sistema solar fotovoltaico?
- ¿Cómo es el proceso de instalación de un sistema solar fotovoltaico?
- ¿Cómo es el proceso de transporte de un sistema solar fotovoltaico?
- ¿Cómo es el proceso de conexión a la red de energía de un sistema solar fotovoltaico?
- ¿Como se realiza la mantención de un sistema solar fotovoltaico?
- ¿Cuáles son las partidas asociadas para la construcción de un sistema solar fotovoltaico?
- ¿Cuáles son los componentes de un sistema solar fotovoltaico?
- ¿Cuáles son las ventajas y/o desventajas asociadas a un sistema solar fotovoltaico?
- ¿Cuál es la normativa aplicable para los procesos involucrados con un sistema solar fotovoltaico?

Objetivos

Objetivo General

- Discutir sobre la conveniencia técnica de incorporar sistemas de generación eléctrica en viviendas y parques solares

Objetivos específicos:

- Hacer una descripción de las energías renovables no convencionales.
- Determinar la importancia de las energías renovables no convencionales en Chile y el mundo.
- Determinar las cifras actuales del aporte de las ERNC en Chile y el mundo.
- Describir el proceso de fabricación de un sistema solar fotovoltaico.
- Describir el proceso de instalación de un sistema solar fotovoltaico.
- Describir el proceso de conexión a la red de energía de un sistema solar fotovoltaico.
- Determinar y estudiar cuál es la normativa aplicable para los procesos involucrados con un sistema solar fotovoltaico.
- Determinar consiste el proceso de construcción asociados a un sistema solar fotovoltaico
- Determinar que son las energías renovables no convencionales
- Determinar cómo se realiza la mantención de un sistema solar fotovoltaico
- Determinar cuáles son las partidas asociadas para la construcción de un sistema solar fotovoltaico
- Determinar cuáles son los componentes de un sistema solar fotovoltaico
- Determinar las ventajas y/o desventajas asociadas a un sistema solar fotovoltaico

Justificación

El consumo de energía eléctrica en el mundo está siempre en alza, en un mundo tan globalizado y con el crecimiento exponencial de la tecnología en la última década es imprescindible dotar de energía a las personas que sin esta verían sus aspiraciones generales bastante limitadas. Con todo el avance que se vivió durante la revolución industrial se ayudó mucho al crecimiento económico, pero esto vino de la mano con un comportamiento poco amigable con el medio ambiente afectando el calentamiento global, el efecto invernadero y otros diversos procesos que han llevado al planeta tierra al límite, lo que ha generado a nivel internacional que se creen distintas organizaciones que velan por el medio ambiente y por mantener de forma más ecológica el mundo en el que vivimos.

El concepto de sustentabilidad ha ido tomando mayor importancia, ¿qué es lo que le dejaremos a las futuras generaciones si depredamos todas las materias primas en la actualidad? En este contexto toma una gran relevancia el uso de ERNC ya que es energía pura y limpia, no agota los recursos de las próximas generaciones y les entregará un mundo con menos contaminación y que brindará un mayor confort a la vida humana. Por lo mismo realizar un análisis de una de estas energías en particular la energía solar la cual tiene un potencial extremadamente alto en Chile es de vital importancia sobre todo sabiendo que es un mercado que está creciendo año a año a pasos agigantados y que se pretende que este país sea un exportador de esta energía en un futuro ayudando así al crecimiento económico del país y aumentando el nivel de vida que se tiene actualmente aquí.

Capítulo 2: Marco teórico.

Definiciones:

Combustión:

“La combustión (del latín combustio, -onis), en sentido amplio, puede entenderse toda reacción química, relativamente rápida, de carácter notablemente exotérmico, que se desarrolla en fase gaseosa o heterogénea (líquido-gas, sólido-gas), sin exigir necesariamente la presencia de oxígeno, con o sin manifestación del tipo de llamas o de radiaciones visibles” (Salvi).

Calentamiento Global o cambio climático

“El cambio climático es un cambio en la distribución estadística de los patrones meteorológicos durante un periodo prolongado de tiempo (décadas a millones de años). Puede referirse a un cambio en las condiciones promedio del tiempo o en la variación temporal meteorológica de las condiciones promedio a largo plazo (por ejemplo, más o menos fenómenos meteorológicos extremos). Está causado por factores como procesos bióticos, variaciones en la radiación solar recibida por la Tierra, tectónica de placas y erupciones volcánicas. También se han identificado ciertas actividades humanas como causa principal del cambio climático reciente, a menudo llamado calentamiento global”. (Varios, Wikipedia, s.f.)

Efecto invernadero:

El efecto invernadero es un proceso en el que la radiación térmica emitida por la superficie planetaria es absorbida por los gases de efecto invernadero (GEI) atmosféricos y es irradiada en todas las direcciones. Como parte de esta radiación es devuelta hacia la superficie y la atmósfera inferior, ello resulta en un incremento de la temperatura superficial media respecto a lo que habría en ausencia de los GEI. (Intergovernmental Panel Climate Change, s.f.)

Huella de Carbono:

La huella de carbono se conoce como «la totalidad de gases de efecto invernadero (GEI) emitidos por efecto directo o indirecto de un individuo, organización, evento o producto». Tal impacto ambiental es medido llevando a cabo un inventario de emisiones de GEI o un análisis de ciclo de vida según la tipología de huella, siguiendo normativas internacionales reconocidas, tales como ISO 14064, PAS 2050 o GHG Protocol entre otras. La huella de carbono se mide en masa de CO₂ equivalente. Una vez conocido el tamaño y la huella, es posible implementar una estrategia de reducción y/o compensación de

emisiones, a través de diferentes programas, públicos o privados. (ISO 14644, s.f.)

Lluvia acida:

Se llama lluvia ácida a la que se forma cuando la humedad del aire se combina con óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre, trióxido de azufre emitidos por fábricas, centrales eléctricas, calderas de calefacción y vehículos que queman carbón o productos derivados del petróleo que contengan azufre. En interacción con el agua de la lluvia, estos gases forman ácido nítrico, ácido sulfuroso y ácido sulfúrico. Finalmente, estas sustancias químicas caen a la tierra acompañando a las precipitaciones, constituyendo la lluvia ácida. (Reiboras, 2006)

Potencia

En física, potencia (símbolo P) es la cantidad de trabajo efectuado por unidad de tiempo. Si W es la cantidad de trabajo realizado durante un intervalo de tiempo de duración Δt , la potencia media durante ese intervalo está dada por la relación:

Formula N°1: Potencia

$$\bar{P} \equiv \langle P \rangle = \frac{W}{\Delta t} \quad (\text{Ortega, 1988})$$

Megavatios

“El megavatio (MW) es igual a un millón de vatios (10^6). Se emplea para medir potencias grandes, donde las cifras del orden de los cientos de miles no resultan significativas. Muchas cosas pueden tener la transferencia o consumo de energía en esta escala; algunos de estos eventos incluyen: rayos, centrales eléctricas, grandes motores eléctricos o de combustión interna, buques de guerra (como los Portaaviones y los submarinos) y alguno de los equipamientos científicos (como grandes láseres).” (RAE, 2014)

Giga vatios

“Un gigavatio (GW) es una unidad de potencia equivalente a mil millones de vatios (10^9 W). Esta unidad suele utilizarse en grandes plantas generadoras de electricidad o en las redes eléctricas. La generación de energía en la Presa Hoover puede ser un buen ejemplo; posee una capacidad instalada de potencia eléctrica de 2,08 GW. La Presa de las tres gargantas tiene una capacidad

instalada de potencia eléctrica de 22,5 GW, la mayor de todas las plantas de energía eléctrica en 2018.” (RAE, 2014)

Desarrollo sostenible

“Se ha definido el desarrollo sostenible como el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades”. (Onu, s.f.)

Tonelada Equivalente de Petróleo:

La tonelada equivalente de petróleo (tep, en inglés toe) es una unidad de energía. Su valor equivale a la energía que rinde una tonelada de petróleo, la cual, como varía según la composición química de éste, se ha tomado un valor convencional de:

41 868 000 000 J (julios) = 11 630 kWh (kilovatios-hora).

Es una de las unidades grandes de energía. Sirve también de parámetro (comparación) de los niveles de emisión de dióxido de carbono (CO₂) a la atmósfera que se generan al quemar diversos combustibles. (Tapson, 2004)

SOLO USO ACADÉMICO

Energía:

El hombre requiere de energía para poder moverse, para producir alimentos, movilizarse, etc. La energía es un concepto de la ciencia de la física, que fue desarrollado durante el siglo XIX, principalmente desarrollado por James P. Joule (1818-1889), Robert Meyer (1814-1878) y Lord Kelvin (William Thomson) (1824-1907). (Marcelo Alonso, 2000). En el cual el día de hoy es aplicable a una gama amplia de fenómenos en los cuales encontramos por ejemplo la energía nuclear, de radiación eléctrica, etc.

El principio de la energía está directamente relacionado con el trabajo, por eso cuando una persona trabaja mucho se dice que gasta mucha energía. Existen muchos tipos de energía como también muchas maneras de producir o extraerla.

Tipos de Energía

Existen una gran diversidad de energías para la física o química clásica muchas de estas están relacionadas entre sí y requieren la coexistencia para poder producirse.

Energía eléctrica: La energía eléctrica es la energía que el ser humano utiliza mayoritariamente, por ejemplo, es utilizada para la generación de la luz, para utilizar utensilios y artefactos de primera necesidad (Cocina, Refrigerador, Calefacción, etc.), para el funcionamiento de máquinas en fábricas, etc. Esta energía se produce cuando se realiza una diferencia de potencial entre un punto y otro, lo que permite a su vez producir corriente eléctrica por medio de un conductor (material capaz de conducir corriente eléctrica). La corriente eléctrica se puede producir de diversas fuentes como veremos más adelante.

Energía Química: Este tipo de energía se produce al transformar una sustancia química en otra o bien tras una reacción química. Para su funcionamiento se crean o se destruyen enlaces químicos lo cual permite la creación de energía.

Energía mecánica (energía cinética): Es un concepto traído desde el campo de la física, el cual explica la generación de energía creada gracias al movimiento de los cuerpos.

Energía Potencial: Es la energía que se produce en un cuerpo dependiendo de su posición en relación con un conjunto de cuerpos ubicados en un espacio determinado.

Energía Acústica: Es la energía que se produce por las ondas del sonido, esto quiere decir que vienen de las vibraciones producidas por un foco de sonoro. Esta se propaga por medio de la energía cinética y potencial.

Energía lumínica: Esta es una pequeña parte de lo que se percibe de la energía que transporta la luz y que podemos percibir de diferentes formas, por ejemplo, cuando

arrancamos electrones de un metal. Además, se puede presentar de 2 maneras, como onda o como materia.

Energía iónica: Es la que se necesita para poder separar un electrón de un átomo de cualquier elemento que se encuentra en su estado gaseoso.

Energía Electromagnética: Esta es una energía que se encuentra almacenada en cualquier lugar del espacio o tiempo y que se produce cuando existe un campo electromagnético, y la cual dependerá de la intensidad que exista del campo eléctrico y el campo magnético.

Energía metabólica: Esta es la que se produce en organismos vivos, ósea es la que se produce por el proceso de alimentación de los seres vivos el cual se traduce en una oxidación química que las células aprovechan para producir la energía que se necesita.

Energía magnética: Esta se genera a través de imanes los cuales producen campos magnéticos que a su vez se transforman en energía.

Energía térmica: Es la que se produce por el calor latente en los cuerpos, esta a su vez se genera por el movimiento constante de las partículas o bien por las vibraciones que estas producen transformando la energía cinética en calor.

Energía Radiante: Esta es la que se produce por cualquier tipo de onda electromagnética, ya sea la luz, los rayos ultravioletas o las ondas de radio.

La lista anterior de los distintos tipos de energía se divide en tres grandes ramas de fuentes de energía eléctrica, y se describen a continuación:

Energías no renovables:

Las energías no renovables son un recurso que se obtienen de la naturaleza, y que como bien dice su nombre no se pueden renovar, ya sea porque existe un recurso limitado para su producción o bien el ciclo de renovación es más lento que el consumo, por lo tanto, puede que no exista en un momento específico, pero en el futuro podrían existir. También existe la posibilidad de que el recurso es tan escaso que no es viable económicamente. Las energías no renovables se dividen en dos, dependiendo de origen; combustibles fósiles y combustibles nucleares.

Energías no renovables de combustibles fósiles:

Esta se produce por la combustión de un elemento fósil el cual puede ser petróleo, gas natural o carbón, los cuales se han generado a través de la descomposición de restos de orgánicos que vivieron hace millones de años, en el caso del carbón se produce gracias a la descomposición de vegetales terrestres, hojas, cortezas, etc., y en el caso del petróleo y gas natural a través de microorganismos y animales principalmente acuáticos. Estas son fuentes de energía primarias, es decir, que se pueden extraer directamente sin necesidad de transformarlas.

Estos recursos poseen propiedades físicas que permiten que sean utilizados para generar energía a través del proceso de combustión. Es la energía más utilizada en el mundo, y fue un factor fundamental previo, durante y posterior a la revolución industrial, trayendo como consecuencia un alza en el crecimiento económico y demográfico. Se emplea tanto como para producir energía eléctrica como para generar energía mecánica (automóviles, motores, etc.). Este recurso ha permitido, sin duda alguna, un avance sin precedentes para la humanidad, pero a un costo muy elevado, debido a la sobreexplotación de recursos que les ha tomado millones de años para formarse y los utilizamos a un ritmo tan rápido que no hay forma de mantener un inventario que nos asegure la utilización de este en forma indefinida. El manejo de estos recursos no ha sido el más eficiente.

Otro punto importante es que la utilización de este tipo de combustibles origina un gran impacto en el medio ambiente, debido a el proceso de combustión que emanan una gran cantidad de gases, que son la principal fuente de contaminación atmosférica, aumentando el efecto invernadero y el calentamiento global. Los grupos ecológicos que están en contra del uso excesivo de estos recursos han promovido el desarrollo y uso de energías alternativas. Se estima que en unos cincuenta años más si no hay un cambio en el modo de que la energía fósil se explota, estos recursos naturales no serán viables para producir la energía necesaria que los habitantes del planeta necesitan para conservar la calidad de vida y el desarrollo económico. (Marta García, 2017).

2.2.1.1.2. Energías no renovables de combustibles nucleares:

Es la energía que se produce por la fisión (división) de un átomo o la fusión (unión) de este mismo. Esta se produce en centrales eléctricas las cuales funcionan con la fisión nuclear, existen diversos desafíos técnicos para utilizar la fusión nuclear, ya que es un proceso que requiera de una enorme precisión y aún no se tiene la tecnología que permita controlar esto. La energía que se libera del átomo se transforma en energía eléctrica.

El proceso pasa en mayor parte en el reactor nuclear en el cual se depositan las varillas del combustible nuclear (las que se generalmente son de uranio o plutonio), en este proceso se proyecta un neutrón que a través de varias reacciones químicas y físicas libera una gran cantidad de energía térmica, que a la vez se utiliza para calentar agua que se transforma en vapor, para después pasar por unas turbinas que finalmente producen la energía eléctrica.

Como se menciona anteriormente los combustibles que se utilizan para este proceso son el uranio y el plutonio. El uranio se extrae de la tierra y es un mineral que no se encuentra en abundancia, posee una estructura atómica más bien inestable o que permite que sea utilizado de mejor manera para el proceso de fisión nuclear. Un solo gramo de uranio permite una gran reacción nuclear pero el elemento es tan limitado en el planeta que por este motivo se considera una fuente de energía no renovable.

El otro elemento utilizado es el plutonio, este no existe de manera natural, si no que se obtiene artificialmente, es un residuo que se produce por la fisión nuclear del uranio por lo que está directamente ligado a la extracción de este último.

Este tipo de energía presenta distintas ventajas, por ejemplo, como se mencionó con anterioridad se necesita muy poca cantidad de uranio para producir una alta cantidad de energía. También esta no emite gases de efecto invernadero. Finalmente, no se ve afectada por las condiciones climatológicas externas ya que el proceso de extracción de energía se genera dentro de las inmediaciones de las centrales nucleares.

Ahora bien, también existen inconvenientes en la producción de la energía nuclear. Las consecuencias de un accidente nuclear son devastadoras, el caso más icónico es el que se produjo en Chernóbil el cual dejó 31 fallecidos de manera directa, y muchos más afectados por la radiación producida durante y después del evento, lo cual generó daños al medio ambiente y a la salud pública por décadas (Aguado, 2017). También, aunque se genere mucha energía con poco combustible es necesario tener presente que es un recurso muy limitado. En el caso de la seguridad ciudadana o/y nacional, las centrales nucleares pueden ser un blanco u objetivo de atentados terroristas. Y finalmente pero no menos importante es que la gestión de los residuos nucleares que se producen por el proceso de funcionamiento de las centrales nucleares, aún no se logra encontrar una manera eficiente y segura de deshacerse de ellos.

Energías Renovables

Las energías renovables son un tipo de energía que no se agota, ya sea porque la fuente de la cual se extrae energía es ilimitada o porque existe una gran cantidad de este recurso y se genera de forma rápida naturalmente en el planeta. Hoy en día, las tendencias son más favorables a este tipo de energías producto de un cambio de pensamiento y la crisis ambiental, tomando un mayor protagonismo a nivel mundial, si bien no son la mayor fuente de producción, de a poco se han ido implementado globalmente y han ido creciendo de manera progresiva en la última década. La gran ventaja que tienen este tipo de energía en primer lugar es que la fuente de producción es inagotable, también no producen mayores daños ambientales y no generan gases tóxicos que facilitan el efecto invernadero o el calentamiento global. Aún hay tiempo para masificar el uso de estas energías, y es necesario ya que estamos en una cuenta regresiva para agotar los recursos con los que actualmente producimos la mayor cantidad de energía mundialmente.

Las energías renovables las podemos dividir en dos tipos, energías renovables convencionales y energías renovables no convencionales (ERNC).

Energías renovables convencionales:

Energía Hidráulica: este tipo de energía es la que se genera a través del aprovechamiento de las aguas. Esto ya que utiliza la energía potencial gravitatoria que posee cierta masa de agua ubicada a cierta elevación, la cual se transforma en energía cinética para poder alcanzar una cierta diferencia de altura. Esta energía cinética o mecánica se utiliza para hacer girar una turbina la cual transforma la energía cinética en eléctrica.

Este aprovechamiento de las aguas (ríos y lagos) se produce en centrales hidroeléctricas. De las cuales existen 2 tipos las que ocupan grandes caídas de agua con diferencias de altura, y las que ocupan el agua fluvial que ocupan grandes masas de aguas, pero con pequeñas diferencias de alturas.

En general el funcionamiento de estas es el mismo, algunas centrales hidroeléctricas pueden almacenar energía y otras no. El agua se transporta hacia una o más turbinas hidroeléctricas las cuales se encuentran acopladas a un alternador el cual transforma el movimiento de rotación en energía eléctrica.

la ventaja que tienen este tipo de energía es que se requiere de un elemento tan abundante como el agua para su funcionamiento, ahora bien la gran desventaja que poseen es que muchas veces se requiere inundar o dañar cierto ecosistema del lugar donde se planea emplazar la central, como el famoso caso de “Hidroaysén” en Chile, un proyecto de una central hidroeléctrica pensada para el sur de ese país, el cual finalmente no fue viable, debido a la oposición popular y al daño ecológico que produciría la materialización de esta central. (hidroysen, 2014)

Energías renovables no convencionales (ERNC)

Existen diversos tipos de energías renovables no convencionales, en Chile las fuentes de esta según lo dispuesto en la ley son:

“1. Aquellos cuya fuente de energía primaria sea la energía de la biomasa, correspondiente a la obtenida de materia orgánica y biodegradable, la que puede ser usada directamente como combustible o convertida en otros biocombustibles líquidos, sólidos o gaseosos. Se entenderá incluida la fracción biodegradable de los residuos sólidos domiciliarios y no domiciliarios.

2. Aquellos cuya fuente de energía primaria sea la energía hidráulica y cuya potencia máxima sea inferior a 20.000 KW.

3. Aquellos cuya fuente de energía primaria sea la energía geotérmica, entendiéndose por tal la que se obtiene del calor natural del interior de la tierra.

4. Aquellos cuya fuente de energía primaria sea la energía solar, obtenida de la radiación solar.

5. Aquellos cuya fuente de energía primaria sea la energía eólica, correspondiente a la energía cinética del viento.

6. Aquellos cuya fuente de energía primaria sea la energía de los mares, correspondiente a toda forma de energía mecánica producida por el movimiento de las mareas, de las olas y de las corrientes, así como la obtenida del gradiente térmico de los mares.

7. Otros medios de generación determinados fundadamente por la Comisión Nacional de Energía, que utilicen energías renovables para la generación de electricidad, contribuyan a diversificar las fuentes de abastecimiento de energía en los sistemas eléctricos y causen un bajo impacto ambiental, conforme a los procedimientos que establezca el reglamento.” (Ley General de Servicios Eléctricos, Artículo 225, Letra aa))

Por lo mismo se pueden clasificar dependiendo del recurso natural que utilizan para poder producir energía, hay alguna que ya han tomado un renombre mundial, que el crecimiento de estas ha ido en alza con el pasar de los años, como también hay otras que no han sido exploradas en su totalidad debido a la complejidad, o desconocimiento de cómo aprovechar ese recurso energético. A continuación, se presenta una breve explicación de las ERNC.

Energía Eólica:

Este tipo de energía se genera por el movimiento de las masas de aire, lo que se traduce en el viento. Este tipo de energía renovable existe gracias al sol, ya que el cambio de temperatura que se producen en diversas zonas geográficas impulsa las corrientes de aire. Tiene un gran potencial a nivel mundial, y es más fácil de obtener debido a las condiciones climáticas en zonas costeras, en llanuras interiores abiertas, áreas montañosas y valles transversales de los cuales se puede sacar el máximo provecho de su potencial de viento.

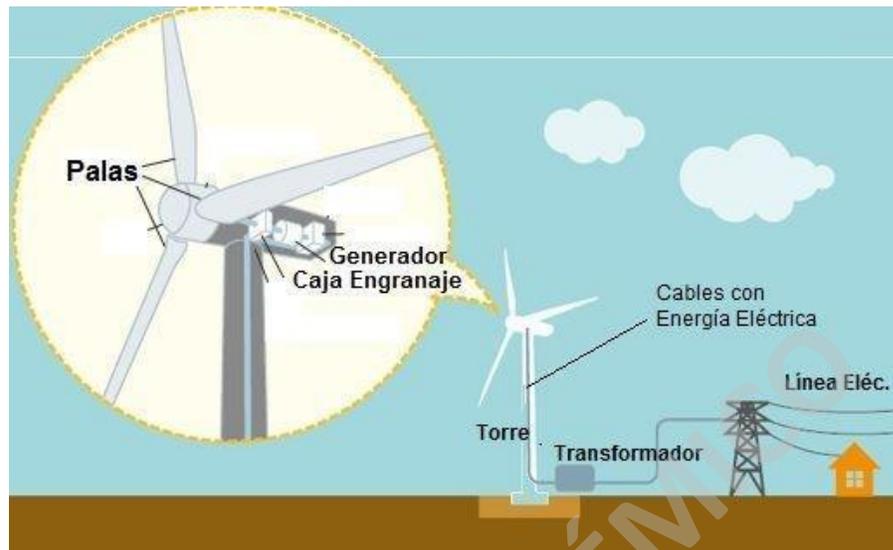
Como se explica anteriormente esta energía tiene su origen en el sol ya que este calienta las masas de aire y produce una diferencia entre esta, ya sea de latitud (global) o de terreno (mar-tierra o vientos locales). Estas diferencias de radiación en distintos puntos de la tierra a generar diversas áreas térmicas que se traducen en cambios de temperatura los que provocan un cambio en la densidad del aire que finalmente se representa un cambio de presión.

Para transformar la energía eólica en energía eléctrica se utilizan turbinas eólicas, las cuales a través de hélices o palas aprovechan la energía cinética que trae el viento y a través de un rotor la transforman en energía eléctrica por medio de un generador llamado aerogenerador. Existen dos tipos de turbinas eléctricas las de eje horizontal, las cuales poseen su eje rotacional en paralelo al suelo, las aspas no soportan grandes velocidades y son más costosas que las de eje vertical, la ventaja que tienen es que son más eficientes. Luego están las de eje vertical, las cuales poseen su eje rotacional en forma perpendicular al suelo, no son muy habituales ya que producen escasa energía, la ventaja que tienen es que no son tan costosas debido a su infraestructura.

Las ventajas que posee este tipo de energía es que no produce ningún tipo de gas tóxico que contribuya al efecto invernadero o el calentamiento global. Además, el viento es un recurso ilimitado e inagotable y existe un gran potencial eólico a nivel mundial. Finalmente, económicamente es muy viable ya que no requiere un mayor mantenimiento, puede competir fácilmente con centrales térmicas de carbón o centrales nucleares en cuanto a su potencial eléctrico.

Como desventajas requiere una gran inversión inicial la cual si bien se recupera en el tiempo puede llevar a la no materialización del proyecto si no se tiene el capital necesario. Además, está directamente sujeta a las condiciones climáticas del lugar lo cual supone que si no hay viento no se genera energía por lo que es necesario en invertir en baterías externas para almacenar energía en caso de no existir clima a favor. También, produce un impacto visual importante lo cual a muchas personas puede parecerles estéticamente inaceptables y dañan la visual del paisaje característico del lugar. (Biomass, 2002).

Figura N°1 Esquema de funcionamiento de energía Eólica



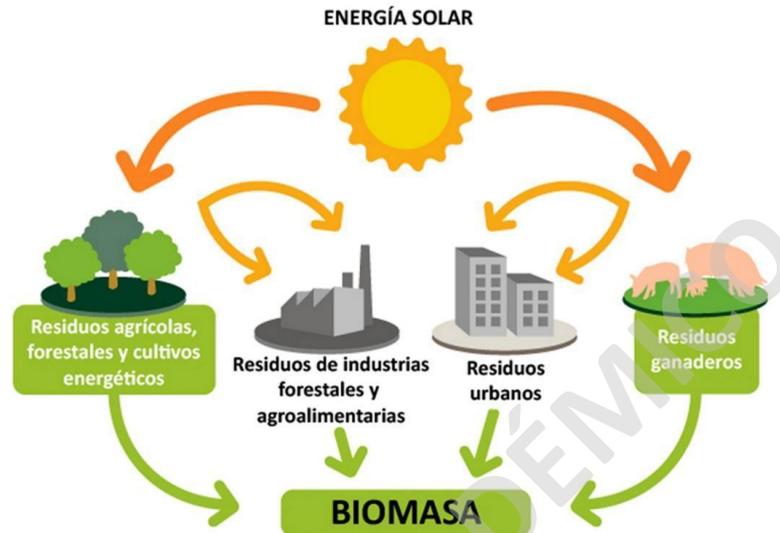
Fuente: <http://www.areatecnologia.com/electricidad/energia-eolica.html>

Energía Biomasa:

Es una energía no muy conocida la cual proviene de la biomasa la cual se refiere a toda materia orgánica que viene de los árboles, las plantas y los desechos de animales, así como también de la agricultura (residuos de maíz, café, arroz) o del aserradero (ramas, aserrín), y de los residuos urbanos (aguas negras, basura orgánica y otros). Aunque sea poco conocida es la fuente de energía renovable más antigua de todas ya que viene siendo usada desde tiempos inmemorables. En Chile según los últimos reportes mensuales de la Comisión nacional de energía esta aporta con un total aproximado de 468 MW. (Energía, 2018)

Esta se puede transformar en diversos tipos de energía tales como energía térmica, en este proceso se aprovecha la biomasa residual y natural, para el cual se utiliza es forma de combustión para generar calor. También se pueden producir gases combustibles llamados biogás, este se produce por un proceso anaeróbica o gasificación, estos gases pueden ser utilizados en motores de combustión interna para generación eléctrica y para calefacción en el sector doméstico o comercial. Otro uso que se le puede dar es la producción de biocombustible como el etanol y el biodiesel los cuales tienen potencial para reemplazar en ciertas cantidades el combustible fósil. Otro aspecto importante es la producción de electricidad que se obtiene minoritariamente de la biomasa residual.

Figura N°2 Esquema explicativo del recurso que genera la biomasa



Fuente: <http://www.akraclima.com/2018/04/03/ahorrar-con-estufas-calderas-biomasa/esquema-biomasa/>

Las ventajas que contiene el uso de este tipo de fuente de energía es que como no contribuye al daño del medio ambiente, de hecho, disminuyen el efecto invernadero ya que reduce el nivel de dióxido de carbono y los residuos en el proceso de conversión, lo que implica un aumento de carbono en la biosfera. Otro aspecto en relación con la contribución al medio ambiente, este tipo de combustible contiene niveles mínimos de sulfuro por lo que decrecen las emanaciones que provocan la lluvia ácida. Además, la conversión de todos los desechos forestales, agrícolas y urbanos que se producen, puede ser mucho más manejable y eficiente. También puede incentivar las economías rurales, ya que se generan oportunidades de trabajos en sectores como el forestal y el agropecuario.

Por otro lado, este tipo de energía requiere cantidades o volúmenes muy grandes de biomasa para la producción masiva de energía. También su potencial calórico depende mucho de las condiciones atmosféricas del momento como la humedad, el clima y la densidad de la misma materia en su momento de empleo. Otro aspecto que abordar es que muchas veces para la producción o procesamiento de la biomasa se requieren insumos adicionales como combustibles y fertilizantes los cuales a fin de cuentas producen un balance energético desfavorable en el proceso de conversión en energía. (Biomass, 2002)

Energía Geotérmica:

Este tipo de energía se obtiene por la diferencia de temperatura que existe entre el núcleo de la tierra que llega a los 4000°C y la temperatura ambiente que se encuentra en nuestra atmósfera. Este calor natural de la tierra produce energía que se puede obtener en forma de vapor, agua y gases, excluidos los hidrocarburos.

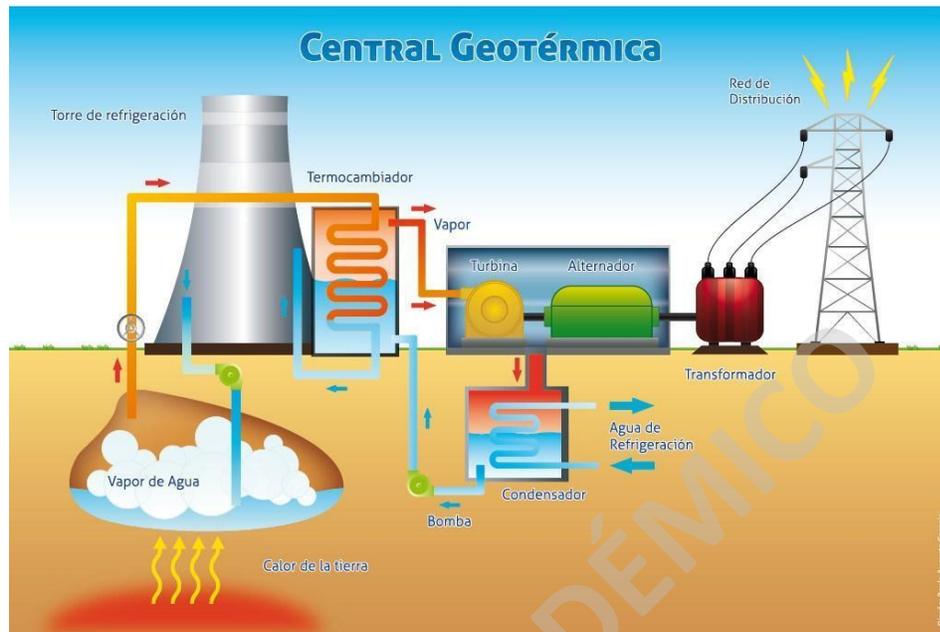
Estas diferencias se les denomina gradiente térmico el cual produce un flujo de calor que viene directamente desde el interior de la tierra. Ahora bien, la tierra no es una esfera perfecta y es más bien un esferoide, esto significa que sus lados no son homogéneos, esto se debe a que la corteza se encuentra fragmentada en lo que se conoce como las placas tectónicas las cuales se encuentran en movimiento liberando energía cada vez que una se superpone sobre la otra. Estos movimientos originan terremotos y erupciones volcánicas, liberando así energía en forma de flujos de calor. Esto tiene una implicancia que la variación de temperatura la cual se encuentra entre los 2 a 4 °C por cada 100 metros se vea elevada a más de 30 °C en estas zonas de flujos de calor. Estas son las que se busca aprovechar para producir energía, los yacimientos de agua subterránea que se encuentran en el mundo tienen un potencial de más de 2000 veces las reservas de carbón en el mundo.

Existen tres tipos de yacimientos geotérmicos, de alta temperatura, de baja temperatura y de roca caliente.

Ahora bien, como se puede aplicar este tipo de energía, por ejemplo, es posible climatizar piscinas, también su aplicación se puede encontrar en la calefacción de agua caliente sanitaria, en Europa se utiliza este método y particularmente en Islandia el 99% de las viviendas utilizan la energía geotérmica para esta aplicación.

Otro sector en el cual es posible encontrar una utilidad es en la agricultura, ya que es posible adelantar las cosechas calentado el suelo de las instalaciones de los invernaderos por medio de acuíferos que utilizan estas aguas calientes. Finalmente, pero no menos importante es el sector industrial el cual se aprovecha de la energía geotérmica para procesos como el secado de tejidos de industrias textiles, por ejemplo.

Figura N°3 Esquema captación de energía geotérmica.



Fuente: <http://www.akraclima.com/2018/04/03/ahorrar-con-estufas-calderas-biomasa/esquema-biomasa/>

La energía se genera en plantas geotérmicas, estas pueden ser plantas de aprovechamiento de vapor seco, plantas de agua a alta temperatura, y centrales de ciclo binario, estos 3 tipos de plantas tienen un funcionamiento más o menos parecido en el que por medio de turbinas a vapor transforman la energía geotérmica en energía eléctrica.

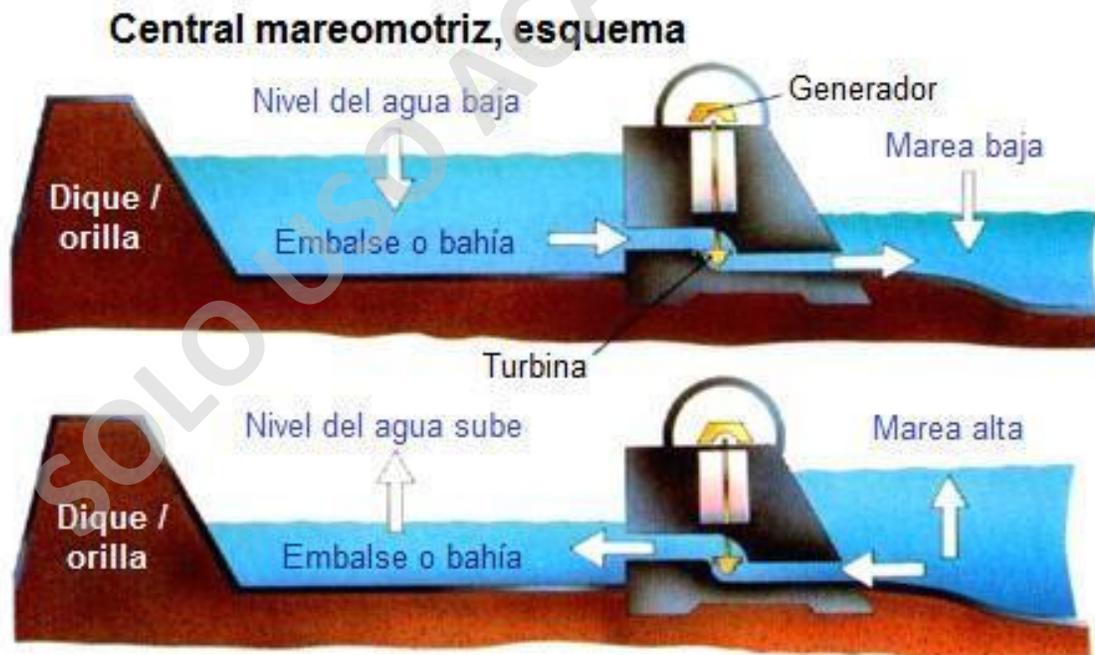
En Chile actualmente no se encuentra ninguna planta de este tipo en funcionamiento (aunque existen 24 proyectos en pruebas) siendo que es un país que al estar ubicado en sobre la placa del pacífico presenta una actividad sísmica importante lo cual permite que tenga un potencial altísimo para aprovechar este tipo de energía, pero el alto costo de inversión y la poca información que se tiene al respecto generan barreras que impiden consolidar un buen proyecto.

Para terminar, es posible decir que este tipo de energía es ilimitada y se encuentra a disposición 24/7 y durante todo el año, además requiere de menos infraestructura a la hora de transportar energía al menos en Chile, las plantas son pequeñas en comparación a una planta de gas o una de Carbón. Además, es una fuente de energía que brindaría soluciones a poblaciones que se encuentran en lugares remotos sin acceso a las vías normales de suministro de energía. Ahora bien, es necesario manejar los gases y sustancias tóxicas que generan estos yacimientos, y no es menor como sucede con cualquier planta de energía se produce un impacto visual importante. (Clima, 2017)

Energía del Mar

Sin lugar a duda es posible decir que la corteza de la tierra está cubierta en su mayor parte por los océanos, lo que corresponde aproximadamente a un 80% de la superficie del planeta. Este presenta una serie de propiedades que es posible tomar ventaja de ellas para así poder producir energía tales como la oscilación de las mareas, el flujo de las corrientes oceánicas, los cambios de temperatura o salinidad y el movimiento de las olas. Así mismo es posible tomar este recurso natural y desarrollar energía en base a dos sistemas, el sistema undomotriz, el cual aprovecha la energía de las olas y el sistema mareomotriz el cual toma la variación del nivel, de la temperatura y de la salinidad de las mareas para producir energía. Cabe destacar que este recurso poco explotado, la primera planta fue construida en Francia en 1966 con una capacidad de 240 MW, y actualmente se encuentra en desarrollo la que vendría siendo la planta de energía mareomotriz más grande del mundo en Escocia con una capacidad cercana a los 400 MW. Este campo al ser poco explorado aún no llega a un nivel comercial interesante para ser más industrializado. (Geofísica, 2014)

Figura N°4 Esquema de funcionamiento de una central mareomotriz



Fuente: <https://blog.tecnocéano.com/energia-mareomotriz/>

Ahora bien, si se analizan las ventajas de este campo es posible decir que es una energía totalmente limpia, la cual no emite gases de efecto invernadero y que no requiere mucho espacio para su producción. Por otro lado, ya que es un tipo de energía que no se ha explorado de manera tan amplia y que aún no es posible determinar cuáles serían sus efectos a largo plazo sobre por ejemplo la flora y fauna marina.

Otro factor importante a tener en cuenta es que las mareas son predecibles, ya que es posible saber cuándo habrá marea alta o marea baja, y por lo que al ser conocidos es más fácil proyectar qué tipo de dimensiones y los prototipos más adecuados para producir lo máximo de energía teniendo en cuenta que es factible hacer una estimación de la potencia que se generará. Las hélices utilizadas en este tipo de plantas son muy parecidas a las utilizadas para la producción de energía en parques eólicos, aunque por supuesto están sujetas a fuerzas y limitaciones distintas.

También es notable que al ser el agua mucho más densa que el aire (1000 veces más) la velocidad requerida para producir energía es mucho menor, por lo que no es necesario esperar para que haya corrientes de altas velocidades para producir mucha energía. (Geofísica, 2014)

Finalmente es posible decir que tienen una larga vida útil ya que, si bien es sabido que no existen tantos casos de estudio sobre la producción de este tipo de energía, existe la planta de La Rance que fue construida en 1966 y que aún sigue en funcionamiento de manera bastante eficiente produciendo una buena cantidad de energía eléctrica.

Imagen N°1 Central Mareomotriz La Rance



Fuente:<https://simecatlantis.com/projects/meygen/>

Finalmente, pero no menos importante la incidencia del sol y la luna sobre los campos gravitatorios los cuales afectan los cambios de temperatura y las mareas son fenómenos

que se seguirán presentando por al menos billones de años por lo que obviamente es un recurso prácticamente infinito que hay que aprovechar.

Ahora bien, nada es perfecto por lo que también tiene efectos los cuales son considerados como desventajas

Entre estas se puede encontrar la cercanía a la tierra ya que este tipo de plantas deben ser construidas cercanas a tierra firme que es donde se produce la mayor diferencia de mareas por lo que se genera más energía, esto lleva un impacto visual y obviamente la ocupación de zonas costeras. Con el avance de la tecnología puede que sea posible ubicarlas más en altamar.

Además, es una tecnología que es bastante cara en comparación con la energía producida por otros tipos de plantas como centrales térmicas o parques solares, por lo que es menos atractiva para la inversión.

Energía Solar

Este tipo de energía es la resultante de la radiación del sol producida por reacciones nucleares de fusión, en la cual existen átomos de hidrógeno que se convierten en Helio.

Estas se transmiten electromagnéticamente a través de ondas que se encuentran presentes en los rayos del sol, estas se producen de manera continua sin intermitencia a través del espacio llegando al planeta tierra. De toda esta energía cerca del 70% es absorbido por la tierra, la atmósfera y los océanos mientras que el 30% restante es reflejada de vuelta al espacio.

Este tipo de energía se puede transformar en energía eléctrica de dos maneras, ya sea captándola por medio de paneles solares fotovoltaicos o por medio de colectores térmicos para generar energía solar térmica la cuál produce calor.

Como se dijo anteriormente Chile presenta una de las radiaciones solares más grandes del mundo por lo que este tipo de energía presenta una real ventaja a la hora del aprovechamiento de este tipo de energía.

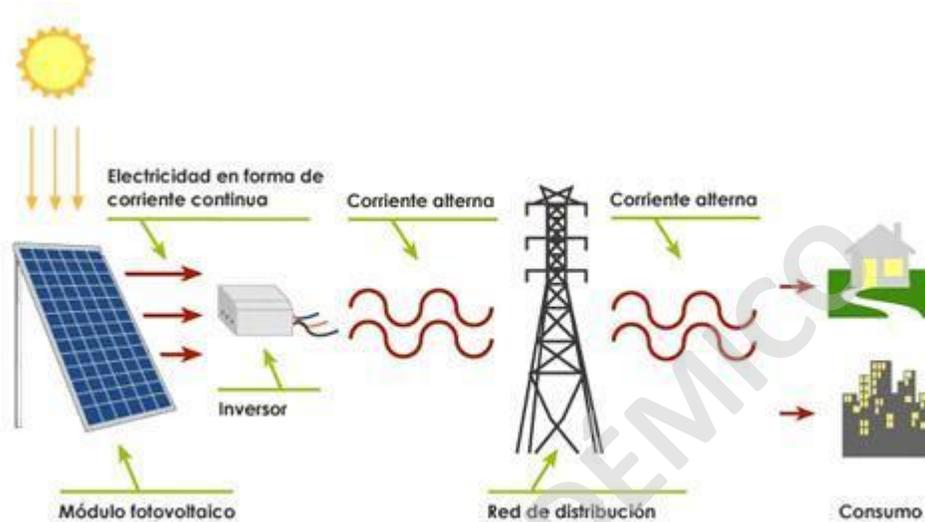
Energía Solar Fotovoltaica

Este tipo de energía solar utiliza un sistema llamado sistema solar fotovoltaico el cual a base de diversos componentes los cuales serán explicados en detalle más adelante, transforman la energía solar en energía eléctrica.

Por medio de este sistema se capta la radiación del sol por medio de paneles solares los cuales generan corriente continua la cuál a través de un inversor se transforman en

corriente alterna la que a su vez llega a la red de distribución de energía que finalmente la distribuye a los hogares como muestra la imagen a continuación.

Figura N°5 Esquema explicativo de un Sistema Solar Fotovoltaico



Fuente: <http://energiasolarandrea.blogspot.com/2011/03/la-energia-solar.html>

Las principales ventajas que poseen tener un sistema como estos son que en primer lugar existe una abundancia de radiación solar es un recurso ilimitado. Además, el daño ecológico que causa es totalmente inofensivo, el mayor desecho producido vendría siendo las baterías cuando ya cumplen su ciclo de vida. Siguiendo en el mismo contexto ayuda a disminuir la huella de carbono. Si te preocupa el medio ambiente y no quieres contribuir a la contaminación que causa el cambio climático, el uso de energía solar en una vivienda puede suponer un ahorro de casi 1 tonelada de emisiones de CO₂ cada año.

Por otro lado, el sistema en si tiene una vida útil bastante larga, la mayoría de los productores de paneles solares no ofrecen garantías menores a 20 años. Por lo que en el caso de las viviendas además tener este tipo de energía se refleja directamente en la factura de la luz, la cual se verá bastante reducida.

El mantenimiento y limpieza de los sistemas tiene muy bajo costo asociado, lo cual facilita aún más la vida útil de los sistemas. Últimamente ha habido una baja considerable en los precios de los paneles, y es algo que se proyecta seguirá bajando con el pasar de los años. Finalmente, este tipo sistema ha alcanzado una madurez necesaria y ha demostrado ser totalmente confiable en lo que se refiere a la producción de energía eléctrica, cada vez son más los países que se suman a esta iniciativa y se pelean por quien tiene la planta solar fotovoltaica más grande del mundo.

En casos particulares incrementa el valor de tu vivienda o inmueble. Si tienes instaladas placas solares en el tejado de tu casa o, y quieres venderla o alquilarla, piensa esta siempre tendrá mucho más valor.

Otra ventaja en relación con instalaciones domiciliarias es que permite independizarse de la red eléctrica. Siempre y cuando se usen baterías. En caso contrario, la dependencia seguiría existiendo, aunque en mucha menor medida que otra persona que no tenga placas instaladas

Ahora bien, como todo sistema también tiene sus desventajas, entre ellas la alta inversión significa una recuperación del capital a largo plazo lo cual se puede ver poco atractivo. Por otro lado, es un sistema que depende de las condiciones climáticas por lo que obviamente no está ideado para funcionar en lugares del mundo donde existe poca radiación solar, así como lugar que presentan climas nublados o con poca luz solar como por el ejemplo el norte de Rusia o Finlandia donde hay lugares que viven la mayor parte del año con poca luz solar. Este mismo punto deriva en que como es un sistema que genera energía cuando existe radiación la demanda actual de energía eléctrica hace inviable que la dotación de energía por medio de este sistema cubra el 100%. Por lo que el resto tiene que distribuirse por medio de otros medios de producción de energía.

Otro factor a tener en cuenta es el impacto visual. Aquí es un tema algo más subjetivo, hay a quién le gusta la estética de paneles solares en un tejado, y hay a quién le parece horrible. Bien es cierto que para aquellos que no gustan de verlos, hay opciones en el mercado, con paneles Mono-Black (Totalmente Negros) que ayudan a una buena integración y estética en la construcción

Espacio y lugar para su colocación. Generalmente las placas solares se colocan sobre el tejado, pero no siempre es posible. A veces por la mala orientación del tejado, hay que buscar otras alternativas (suelo, pérgola...) que no siempre son factibles.

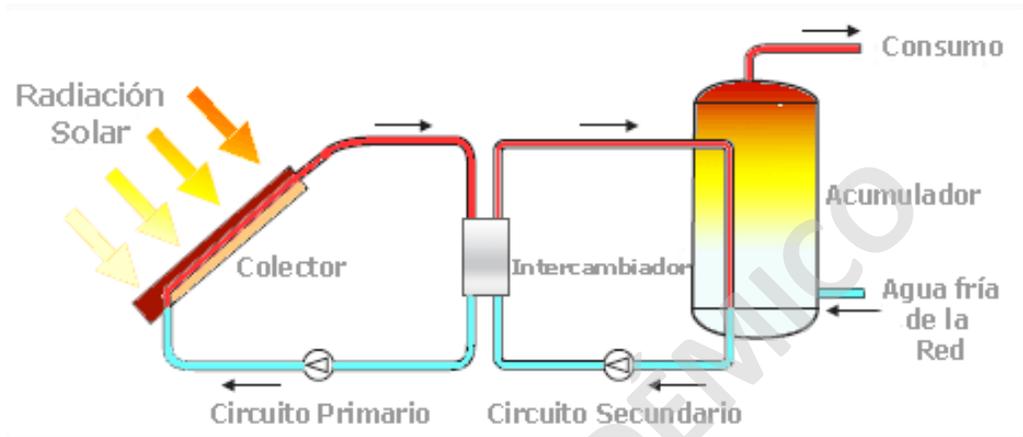
Energía Solar Térmica

Este tipo de aprovechamiento de energía se caracteriza por captar la radiación en forma de calor para por medio de un colector o transportador de calor el cual por lo general puede ser agua o gas.

Existen dos maneras de captar este calor, el aprovechamiento pasivo, el cual no utiliza ningún método convencional si no que utiliza por ejemplo la arquitectura o diseño para tomar el máximo provecho del calor entregado por el sol. También es utilizado en productos agrícolas o la ropa. El otro método es el aprovechamiento activo, este método si se utiliza un elemento llamado colector solar o captador solar. Este último al mismo

tiempo se subdivide en tres métodos distintos dependiendo de la temperatura a la cual está captando energía.

Figura N°6 Esquema explicativo de captación de calor para energía solar térmica



Fuente: <https://solar-energia.net/energia-solar-termica>

Estos se clasifican como baja temperatura, menor a 80°C, la cual tiene una aplicación de calentamiento de agua o preparación de alimentos. De mediana temperatura, menor a 300°C y superior a 80°C, la cual tiene aplicaciones industriales. Finalmente, de alta temperatura hasta los 4000°C el cual sirve como generación de energía eléctrica. (barrero, 2009)

Este tipo de energía tiene diversas aplicaciones, por ejemplo, es para el agua caliente sanitaria. Esta es una de las aplicaciones más comunes hoy en día la cual sin embargo debe contar con un sistema de apoyo para cubrir la demanda cuando el sistema solar no puede hacer, su uso es más bien domiciliario, aunque existen edificios, hoteles u oficinas que utilizan este sistema, aunque en menor medida.

También durante siglos se ha utilizado el secado solar para las cosechas de alimentos, también el secado de madera y de pescado. Otro uso en cocinas solares que permiten el cocinado de alimentos y pasteurización de agua en pocas horas. Otro uso es en la deshidratación de alimentos para la conservación de estos mediante la disminución de la cantidad de agua en su interior la cuál limita las reacciones químicas que producen la degradación.

Importancia de las ERNC

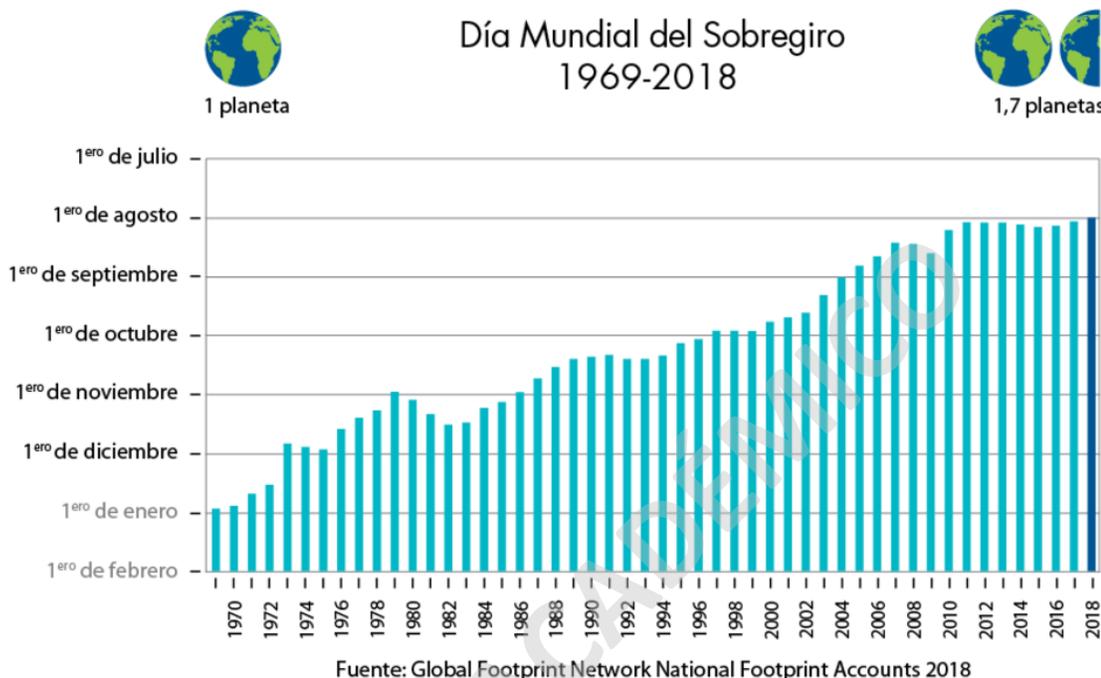
Desde la época de la revolución industrial el crecimiento económico y de las tecnologías ha sido exponencial, pero a su vez esto va de la mano con un consumo energético importante. Por lo que, para abastecer las grandes edificaciones, obras civiles, todo lo que el ser humano realiza hoy en día requiere de energía eléctrica. Si bien es posible hoy por hoy cubrir la demanda energética mundial se están depredando los recursos del planeta de manera que en para las futuras generaciones no tendrán los recursos suficientes para subsistir debido a la escasez de materias primas. Por lo mismo es importante encontrar fuentes de energía que sean renovables o que no sean finitas.

En algunos países del mundo el tema de la sustentabilidad es prioridad número 1 y se encuentran al menos 30 años adelantados a los países subdesarrollados, países como Suiza que resolvieron el problema de la basura, los países escandinavos como Noruega, Finlandia y Suecia que se encuentran muy cerca de concretar los objetivos de desarrollo sostenible (acabar con la pobreza, proteger el planeta y garantizar la prosperidad) de la ONU hacia el 2030. Por otra en África se encuentran los países con más desigualdad social y donde más alejados se encuentran de estos objetivos.

El calentamiento global es un hecho, no es desconocido que el efecto invernadero está ocasionando que el planeta suba su temperatura en un informe de 400 páginas publicado el 08 de oct del 2018 por la ONU, si seguimos al nivel de contaminación que tenemos hoy en día en 12 años más la vida en el planeta tierra podría llegar a ser muy diferente a la que vivimos hoy por hoy se producirían olas de calor, extinción de las especies, deshielo de los casquetes polares por nombrar algunos desastres ecológicos. Según el Global Footprint Network (GFN) una asociación de investigación el 1 de agosto del 2018 la humanidad gastó todo el recurso natural que es capaz de general en un año, por lo que lo que resta del año estamos utilizando un sobregiro de recursos naturales. (Life, Worl Wild, 2018)

Uno de los auges que necesita un cambio inmediato es la forma en cómo generamos energía, el modelo actual es insostenible mirando hacia el futuro, he aquí donde las ERNC juegan un rol importantísimo.

Gráfico N°1: Día mundial del sobregiro de la tierra



Fuente: Global Footprint Network National Footprint Account 2018

Evolución en Chile y el mundo

Como bien sabemos el concepto de búsqueda y desarrollo de las tecnologías para el aprovechamiento de los recursos naturales para generar energía no es algo nuevo en la humanidad. Ya en épocas pasadas era posible ver cómo se utilizaban estos recursos, por ejemplo, el viento se utilizaba en embarcaciones como motor, o en molinos que datan de civilizaciones muy antiguas, otro ejemplo es la biomasa, particularmente referida a la madera, que se ha utilizado como fuente de calor desde tiempos muy antiguos.

En la época de la revolución industrial hay un aumento exponencial en la energía que consumimos por lo que los científicos empiezan las investigaciones para desarrollar nuevas formas de generar energía, en lo que es el inicio de lo que hoy en día conocemos como las energías renovables no convencionales. Así mismo durante el siglo 20 en el año 1956 el geólogo M. King Hubbert presenta un estudio en el cual proyecta la futura proyección de la producción de petróleo a nivel mundial (Teoría del pico de Hubbert) (Zandvliet, 2011). En la cual existe una curva que muestra el crecimiento de la explotación de este, hasta llegar a un máximo y luego empieza una caída hasta un eventual agotamiento del recurso. Este estudio con el paso del tiempo demostró que no estaba equivocado y empiezan las dudas y el temor de que posiblemente se acaben los

combustibles fósiles en un futuro no tan lejano. Por lo mismo comienza un auge y una urgencia para utilizar recursos poco explotados como el sol, el viento y el mar.

Se proyecta que para el 2020 se producirá un repunte en la demanda de lo que se refiere a energía fotovoltaica mundial por lo que los cambios en política que anunció China en mayo de este año afectarán directamente lo que se espera para este 2018 en alrededor de un 18% según GTM Research (firma líder en marketing y análisis en lo que refiere a energía solar). Esto en conjunto con la rápida caída en los precios de los módulos beneficiará principalmente a los mercados asiáticos, donde el precio de los módulos representa la mayor parte del gasto del capital, aun así, en Europa el precio en las instalaciones es el que verá un mayor aumento. En lo que se refiere al mercado en general sobre lo que se viene en el área fotovoltaica, se podrá encontrar más competencia, precios de oferta más bajos, subastas más neutrales en cuanto a lo que se refiere a tecnología y además una cantidad en aumento de energía solar libre de subsidios.

Hoy en día la evolución en todo el mundo en lo que refiere a las ERNC ha ido al alza. En Arabia Saudita se anunció lo que será la planta de energía fotovoltaica más grande del mundo y que si estuviera en funcionamiento hoy generaría la cantidad de 200 GW, lo que es una barbaridad, pensado que la planta proyectada más grande del mundo será capaz de producir 2 GW ósea 100 veces menos que la planta pensada en Arabia Saudita. En el siguiente cuadro se muestran las plantas solares fotovoltaicas proyectadas más grandes del mundo. (Alvarez, 2018)

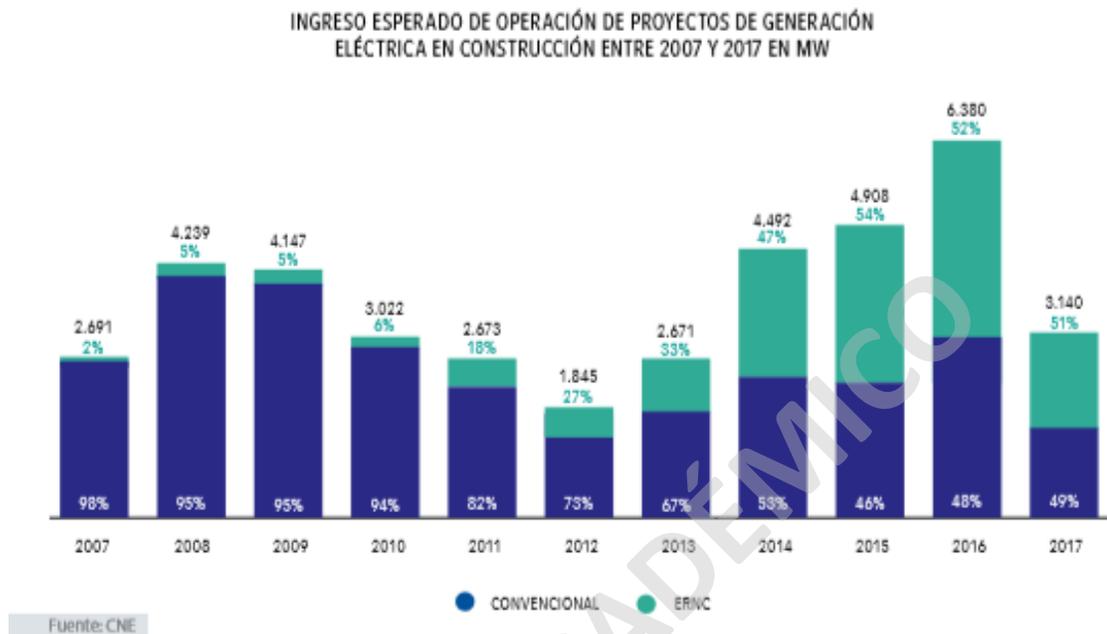
Tabla N°1 Plantas Solares proyectadas más grandes del mundo

Pais	Nombre	Capacidad	Estado
Arabia Saudita	SoftBank Project	200 GW	Acuerdo Bilateral de la partes
Australia	Solar Choice Bulli Creek PV Plant	2 GW	Anunciada
Grecia	Helios PV Plant Phase 1	2 GW	Permitida
Estados Unidos	Capital Dynamics Nevada PV Plant	1.3 GW	En Construcción
Emiratos Arabes Unidos	Maruebeni JinkoSolar ans ADWEA sweihan PV Plant	1.18 GW	En Construcción
China	EverRich Energy Wuwei PV Plant	1 GW	Anunciada

Fuente: Bloombeg New Energy Finance; SoftBank

Chile no ha sido ajeno a este cambio importante y exponencial en lo que se refiere a la integración de ERNC en la red. Entre los años 2007 y 2017 se ha producido una diferencia importante entre los proyectos que entraron en vigor ese año en relación con lo que se refiere a la producción de energía convencional o por ERNC. Siendo en el año 2007 un 98% de energías convencionales y un 2% de ERNC. Teniendo un cambio significativo en el año 2017 en el que el 51% de las energías con ERNC y el 49% convencionales. (Energia, 2017)

Gráfico N°2 Ingreso esperado de Operación de Proyectos de Generación Eléctrica en Construcción entre el 2007 y el 2017 en MW.



Fuente: Comisión Nacional de Energía

Por otro lado, Existen tantos proyectos solares emergentes que hablar sobre la planta solar más grande del mundo en completo funcionamiento resulta un poco confuso, por lo que se presentarán plantas solares en el mundo importantes que se han desarrollado durante el último tiempo

En Estados Unidos es posible encontrar la planta conocida como “Ivanpah Solar Electric Generating System”, se encuentra ubicada en el desierto de Mojave, en el Estado de California. Esta planta contempla 3 torres de gran tamaño unos 139 mt. de altura y tiene 300.000 módulos con una tecnología de vanguardia los cuales son controlados por un ordenador, todo esto emplazado en una extensión de casi 13 km².

Esta gigantesca planta solar pertenece a varias compañías de renombre mundial, tales como NRG Energy, BrightSource Energy y Google. Tiene una capacidad de potencia instalada de 392 MW, lo cual implica que dota de energía a 140.000 viviendas en California, paralelamente obviamente todo con energía limpia lo que evita la producción de 400.000 toneladas de CO₂ al año. (esto equivale a sacar 72.000 autos de circulación de las carreteras al año). (Mendez, 2014).

Imagen N°2 Planta Solar Ivanpah Solar Electric Generating System



Fuente: Ethan Miller/Getty Images

Ahora bien, Estados Unidos no es el único país que busca competir por tener la mayor planta solar del mundo, en el continente asiático países como China e India presentan parques solares importantes que presentan una gran envergadura que alimentan con energía eléctrica a millones de hogares.

Un ejemplo de esto es la planta solar Kamuthi ubicada en Tamil Nadu en la India, esta tiene una potencia total de generación total de 648 MW, y se encuentra emplazada en una superficie de 10 km². Contiene una cantidad astronómica de 2.5 millones de paneles solares y se estima que produce energía suficiente para proveer a 750.000 viviendas.

Fue terminada en septiembre del 2016 con una inversión aproximada de USD \$679 M. he increíblemente fue construida en un tiempo récord de 8 meses. Un dato interesante es que su sistema de mantenimiento consiste en un robot que limpia los paneles el cuál funciona cargado con energía solar ya que tiene paneles incorporados. (Electrica, 2016)

Imagen N°3 Planta Solar de Kamuthi



Fuente: <https://www.lavanguardia.com/natural/20160923/41526706072/india-central-fotovoltaica-kamuthi.html>

Otro ejemplo del continente asiático y también de la India es el Parque Solar Pavagada el cual contempla una superficie sobre los 13.000 acres ubicado en el distrito de Tumkur, en Karnataka, y que incluye 5 villas de Balasamudra, Tirumani, Hyataganacharlu, Vallur y Rayacharlu. Este sector fue elegido debido que a presenta una alta radiación solar y presenta una alta cantidad de terreno libre, todo esto acompañado de que el sector presenta muy pocas precipitaciones.

Imagen N°4 Parque Solar Pavagada



Fuente: <https://elperiodicodelaenergia.com/se-inauguran-los-primeros-600-mw-de-la-planta-solar-mas-grande-del-mundo-en-india/>

Este parque tiene una potencia instalada de un total de 2 GW los cuales estarán a full funcionamiento para finales del 2018. La inversión para este parque solar estimada es de un total de USD \$2.2 Billones.

Debido a que la planta Shakti Sthala está ubicada a lo largo de cinco pueblos, las tierras pertenecen a 2.300 agricultores de Pavagada. Lo "normal" aquí es que el gobierno hubiese reclamado la propiedad de las tierras y que les pagarán algo a sus dueños, pero no fue así. El gobierno decidió arrendar todo el terreno y pagar alquiler a los dueños.

Hoy en día se le podría denominar la planta solar en funcionamiento más grande del mundo, pero existen tantos proyectos en construcción, en desarrollo y proyectados, que este título probablemente no lo ostentará por mucho tiempo.

El mundo latinoamericano tampoco se queda atrás, en México en el estado de Coahuila, está ubicado el parque solar llamado Villanueva, el cual en sus inmediaciones contiene un total de 2.3 millones de paneles solares los cuales se encuentran distribuidos en una superficie de 2.4 hectáreas. Es capaz de producir un total de 1.7 GW y es una planta inaugurada recientemente. Se estima que es capaz de dotar de energía a unos 1.3m de hogares y además ayudará a prevenir la emisión de unos 780.000T de CO₂ a la atmosfera. El grupo Enel invirtió un aproximado de USD\$650 M. en la construcción.

Imagen N°5 Parque Solar Villanueva



Fuente: M. sagnelli

Chile a pesar de no ser pionero tampoco se quedó ajeno, como se habló con anterioridad en lo que se refiere a la implementación y llegada de ERNC. Las primeras plantas que se encontraron en el país datan del periodo entre 1940 y 1970, las cuales son centrales hidroeléctricas de pequeña escala, como El Volcán y Los Bajos. Bajo la definición que adopta hoy el país son consideradas plantas no convencionales.

Además, también surgió la iniciativa de la generación de biomasa, esto debido a que los grandes productores de madera del sur de Chile querían obtener alguna utilidad de los desechos generados por la operación de estas plantas.

Consiguiente surgió el interés por la producción de energía eléctrica aprovechando el recurso del viento, así fue como aparecieron los parques eólicos, siendo los primeros el Parque Canela en la región de Coquimbo y el Parque Eólico Alto Baguales en la Región de Aysén.

Imagen N°6 Parque Eólico Canela



Fuente: <http://www.enelgeneracion.cl/es/conocenos/nuestronegocio/canela/Paginas/home.aspx>

Este parque es posible divisarlo camino a la ciudad Coquimbo, se encuentra entre esta última y a 80 km al norte de la ciudad de Los Vilos. Se divide en dos etapas que en su conjunto tienen una capacidad instalada de 78 MW, además fue la primera planta eólica en ser conectada al SIC.

El parque Eólico Alto Baguales se encuentra ubicado a 7 kms de la ciudad de Coyhaique, camino hacia la ciudad de Aysen. Entró en operación en noviembre del 2001, abastece de energía a aproximadamente 42.600 hogares de la región de Aysen, en el año 2015, se ejecuta un proyecto de ampliación del parque para aumentar la potencia instalada en 1,8 MW.

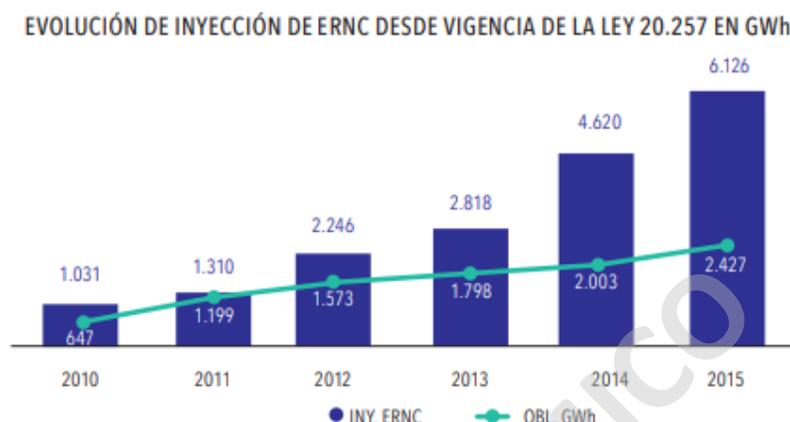
Imagen N°7 Parque Eólico Alto Baguales



Fuente: <http://codexverde.cl/edelayesen-comenzo-a-instalar-dos-nuevos-aerogeneradores-en-alto-baguales-en-coihaique/>

Así fue como de a poco se empezaron a implementar distintas centrales y parques diversos que aprovechaban los recursos renovables para la generación de energía. A pesar de contar con un inicio prometedor no se logran grandes avances en términos de generación de energía limpia hasta la promulgación de la Ley 20.257 en la que se introducen modificaciones a la ley de General de Servicios Eléctricos sobre la generación de energía en base a ERNC. Esto impulsado por diversos factores, el más importante fue el desabastecimiento del gas argentino en el año 2002. La dependencia que se tenía de esta materia prima da lugar a la búsqueda de nuevas tecnologías y fuentes que proporcionen una solución y una alternativa que ayude a diversificar el mercado y abrir las barreras de entradas para nuevos productores. Ahora bien, estas exigencias no entraron en vigor hasta el año 2010.

Gráfico N°3 Evolución de Inyección de ERNC desde la vigencia de la Ley 20.257 en GWh



Fuente: CIFES

Fuente: Anuario Estadístico de Energía 2017

En Chile la distribución de energía estaba dividida por 2 sistemas principales, el SIC (Sistema Interconectado Central), y el SING (sistema Interconectado del Norte Grande), los cuales a partir de noviembre del 2017 empezaron a operar de manera conjunta lo cual genera un impacto positivo en el desarrollo económico del país. (Electricidad, 2017)

Cifras actuales

Cifras en el mundo

A nivel mundial ha aumentado de sobremanera la inversión en ENRC llegando a un total de US\$ 333.500 millones en el año 2017, los cuales se destinaron a energías renovables y tecnologías energéticas de última generación. Esta inversión corresponde a un 3% más que el año 2016, pero aún se encuentra un 7% más abajo que el año récord de mayor inversión el año 2015. (El Mostrador, 2018)

De toda esta financiación un 40% corresponde a China (US\$133.000 M), además los precios de los paneles solares y las turbinas eólicas siguen a la baja potenciando aún más el interés de inversión. En países como EE. UU., Alemania y Polonia se están desarrollando políticas más flexibles para limitar el uso de combustibles fósiles.

Lo más destacable del año 2017 es la baja del costo de los paneles solares típicos a escala de servicio público fueron un 25% más baratos por megavatio al año en comparación hace 2 años atrás. Además, como se dijo anteriormente el costo de las turbinas eólicas y paneles solares es cada vez más bajo y más accesible para países

menos ricos, lo que abre la puerta para otros países a invertir y no solamente los que tienen más recursos los cuales fueron los pioneros en la implementación de esta tecnología. (Henze, 2018)

Este tipo de plantas generadoras de electricidad dan posibilidad de electrificar ciertos lugares con difícil acceso, y existen numerosos proyectos en ejecución desde plantas para alimentar plantas químicas, hasta los suburbios de Kabul en Afganistán.

Inversión anual durante el año 2017 en Chile hasta el momento es de 1,5 millones de dólares y se encuentra en el lugar N°23 del Top mundial, el cual se muestra a continuación. (Minero, 2017)

Top 20 inversión 2017:

Tabla N°2 Top 20 en inversión en ERNC durante el año 2017

Pais	Inversión (US\$)	Cecimineto o decrecimineto en la inversión comparado con el año 2016
China	132.6 billones	↑ 24%
Estados Unidos	56.9 billones	↑1%
Japón	23.4 billones	↓16%
Alemania	14.6 billones	↓26%
India	11 billones	↓20%
Reino Unido	10,3 billones	↓56%
Australia	9 billones	↑150%
Brasil	6,2 billones	↑10 %
México	6,2 billones	↑516%
Francia	5 billones	↑15%
Suecia	4 billones	↑109%
Países Bajos	3,5 billones	↑30%
Canadá	3.3 billones	↑45%
Corea del Sur	2.9 billones	↑14%
Egipto	2.6 billones	↑495%
Italia	2.5 billones	↑15%
Turquia	2.3 billones	↓8%
Emiratos Árabes	2.2 billones	↑23%
Noruega	2 billones	↓12%

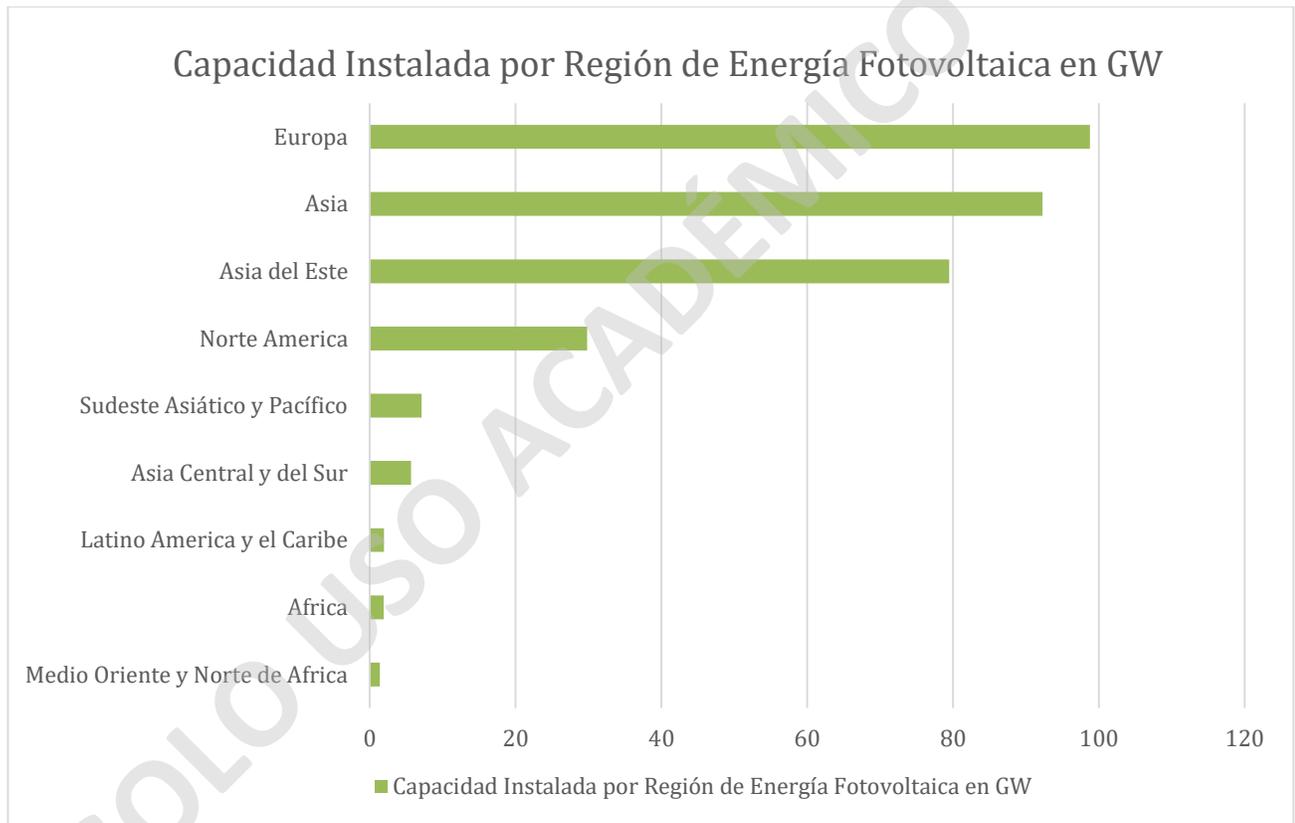
Fuente: <https://about.bnef.com/blog/runaway-53gw-solar-boom-in-china-pushed-global-clean-energy-investment-ahead-in-2017/>

Ahora bien, analizando ahora los números en base a la potencia instalada en GW por ejemplo de la energía solar por región es posible notar que Europa y Asia tienen una

potencia instalada que supera con creces por ejemplo a lo que existe en Sudamérica, o en África, a nivel mundial hay una capacidad instalada hacia fines del 2015 de 227 GW números que en el actual 2018 presentan un gran aumento debido al gran aumento de inversión de ERNC. China en primera posición seguido de Estados Unidos.

A continuación, en el siguiente gráfico se muestra la capacidad de energía solar instalada mundialmente en Giga Watts hasta el año 2015.

Gráfico N°4 Capacidad Instalada por Región de Energía Solar Fotovoltaica en GW

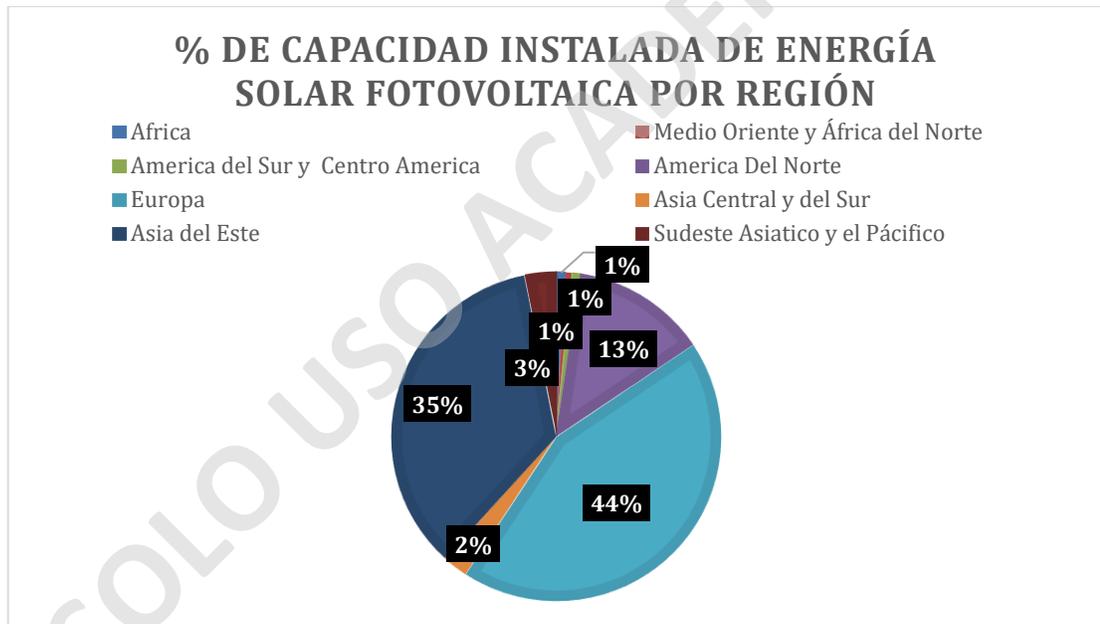


Fuente: Consejo Mundial de Energía

Si se compara esta misma gráfica, pero en porcentajes es posible decir que entre Asia y Europa concentran la mayor concentración de energía fotovoltaica a nivel mundial teniendo un total en conjunto de un 79%, cosa que no extraña analizando que en Asia se encuentran las plantas solares más grandes del mundo. El caso europeo es distinto, ya que envergadura no tienen plantas solares tan gigantescas como las de India, o China, pero sí, este recurso está repartido más equitativamente en todos los países, ya que en este continente existen políticas y cultura que han instaurado el uso de estas energías limpias desde el siglo pasado. Por ejemplo, en Alemania a partir de los años 80 instauraron políticas que fomentaban el uso de las ERNC, lo que se traduce en que para el 2025 quieren que todo el país funcione en base a ERNC. (Araya, 2018).

Siguiendo con la comparación con el resto del mundo, muy atrás se encuentran sectores como África con un 0,9%, el Medio Oriente con un 0,6% o la misma Latino América que abarca al igual que África solo un 0,9%.

Gráfico N°5 Porcentaje de capacidad Instalada de energía Solar fotovoltaica por región

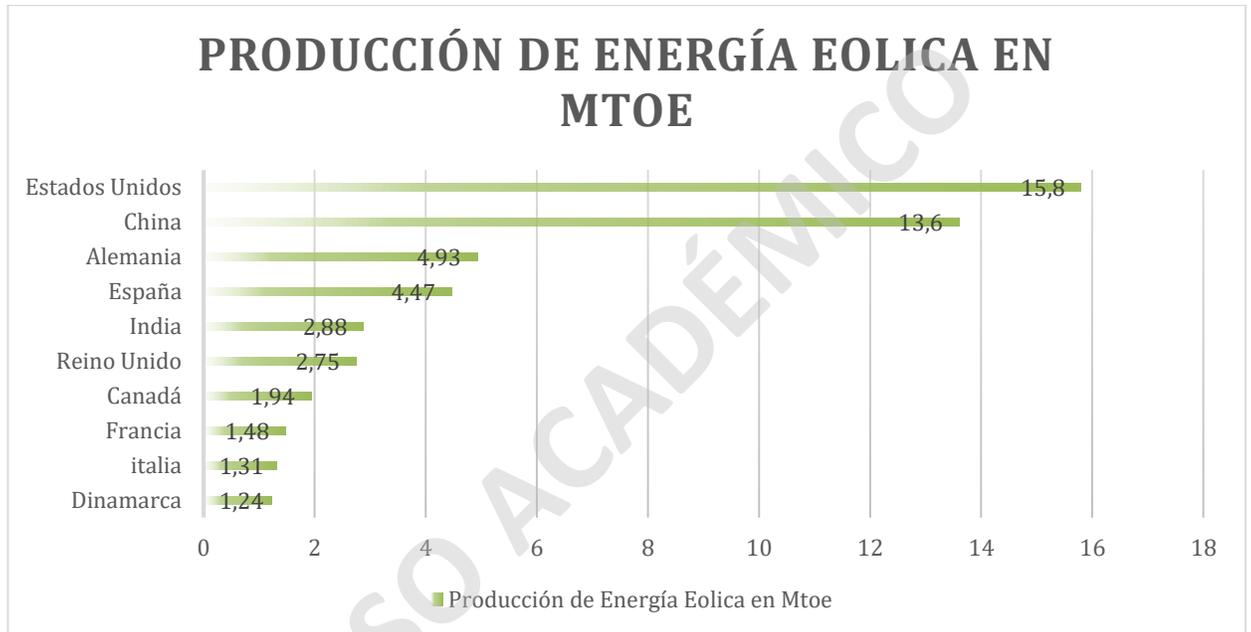


Fuente: Consejo Mundial de energía

Otro tipo de energía renovable que presenta números importantes es la energía Eólica. La cual tiene una capacidad instalada mundial de 432 GW. Siendo Estados Unidos el mayor productor con 15,8 Mtoe (toneladas equivalentes de petróleo) al año seguido de cerca por China con una capacidad de 13,8 Mtoe al año,

A continuación, en el gráfico a continuación se muestra el top 10 de países con mayor energía eólica en el mundo hasta el año 2015. (Council, World Energy Council, 2017)

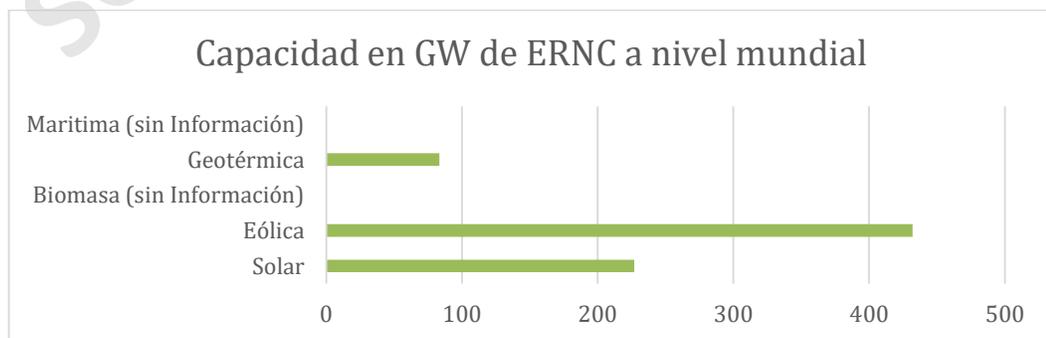
Gráfico N°6 Top 10 de Países productores de Energía Eólica en el mundo.



Fuente: Consejo Mundial de Energía

Finalmente, se hace complicado medir a nivel mundial cuanta potencia hay instalada en cada una de las ERNC, pero hasta el año 2015 lo que se tenía consideración es lo siguiente:

Gráfico N°7 Capacidad instalada de ERNC medida e GW a nivel mundial



Fuente: Consejo Mundial de Energía

La construcción de la planta solar en los emiratos árabes podría superar un aumento gigante de 200 GW en lo que a energía solar se refiere, pero eso no se sabrá hasta que el proyecto se concrete realmente.

Ahora bien, Analizando los gráficos anteriores es posible afirmar que China y Estados Unidos son potencias mundiales en lo que se refiere a la capacidad instalada de ERNC al menos en energía solar y del viento, pero estas cifras no quitan estos países sean los más contaminantes a nivel mundial. Ya que el consumo de carbón, petróleo y gas natural también cuenta con cifras muy altas. Por ejemplo, China es el principal productor de carbón en el mundo, con cifras muy elevadas 2.620 Mtoe al año, Estados Unidos es el mayor productor de gas y Arabia Saudita, está presentando un crecimiento exponencial en lo que se refiere a las ERNC como se mencionó con anterioridad es el país que más produce petróleo. (Council, World Energy Resources 2016, 2016)

A continuación, se muestra el top 3 mundial hasta el año 2015 según el Consejo Mundial de Energía de los países productores de energías no renovables.

Tabla N°3 Top 3 mundial por países de producción energética por energías no renovables

TOP 3 de productores de Energías No Renovables		
	Recurso	Cantidad en Mtoe
Carbón		
1	China	2620
2	Estados Unidos	569
3	India	474
Petróleo		
1	Arabia Saudita	569
2	Estados Unidos	567
3	Rusia	541
Energía Nuclear		
1	Kazajistan	22800
2	Canadá	9140
3	Australia	4980
Gas		
1	Estados Unidos	691
2	Rusia	516
3	Iran	173

Fuente: Consejo Mundial de Energía

Cifras en Chile

De acuerdo con la resolución exenta N°547/2018 expedida por la comisión nacional de Energía, la que actualiza y comunica obras en construcción se tiene que a agosto hay un total de 37 proyectos ERNC en etapa de construcción, sumando un total de 961 MW de potencia. Estos proyectos contemplan una fecha de ingreso a operación entre agosto 2018 y septiembre del 2019.

Durante el mes de agosto del 2018 se otorgaron 8 nuevas resoluciones de calificación ambiental favorables para proyectos de ERNC, los cuales corresponden a 7 proyectos solares fotovoltaicos y 1 proyecto eólico, los cuales se traducen en una potencia de 387 MW y una inversión total de US\$538 millones.

Durante el mes de agosto del 2018, el sistema de evaluación ambiental acogió 3 nuevos proyectos de ERNC a calificación, de los cuales 2 corresponden a solar fotovoltaico y 1 de mini hidro, que en conjunto suman 22 MW y que equivalen a una inversión de US\$31 millones. (Energía, 2018)

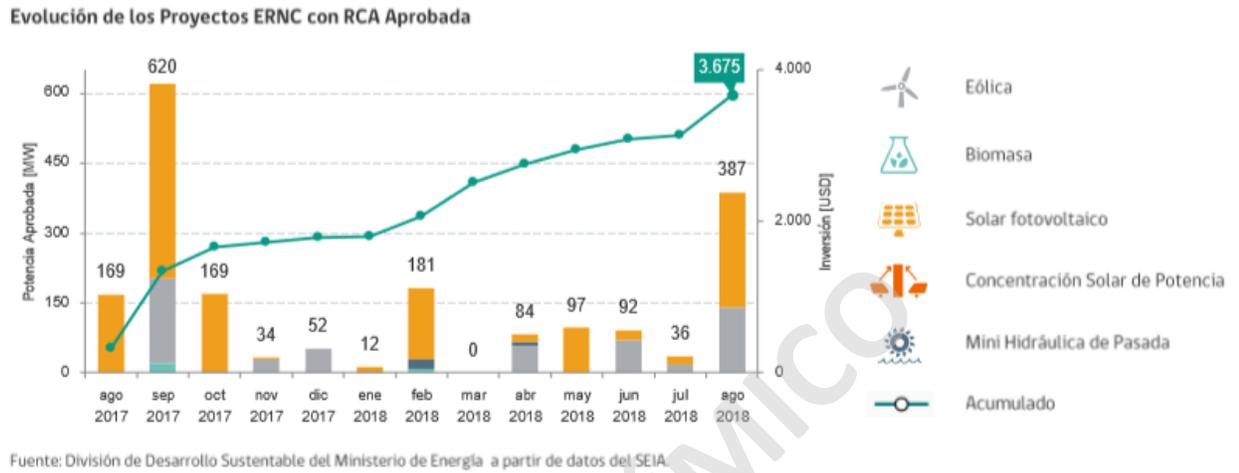
Tabla N°4 proyectos nuevos a calificación ambiental agosto del 2018

Tecnología	Región	Titular del Proyecto	Nombre	Potencia [MW]	Inversión [MMUSD]
Mini Hidro	IX	Hridowatt Huirinlil spa	Central Hidroelectrica de Pasada Huirinlil	3.7	9.0
Solar- PV	III	Chungungo Solar Spa	Proyecto Fotovoltaico Covadonga	9.0	12.0
Solar- PV	VII	Hirueta Energía Spa	Parque Solar Fotovoltaico Pencahue	9.0	10.0

Fuente: División de Desarrollo Sustentable del Ministerio de Energía a partir de datos del SEIA

Actualmente durante el último año, hasta agosto del 2018 el SEIA ha aprobado proyectos con una equivalencia de una inversión total de 3.675 MMUSD con una equivalencia de potencia instalada de 1.931 MW.

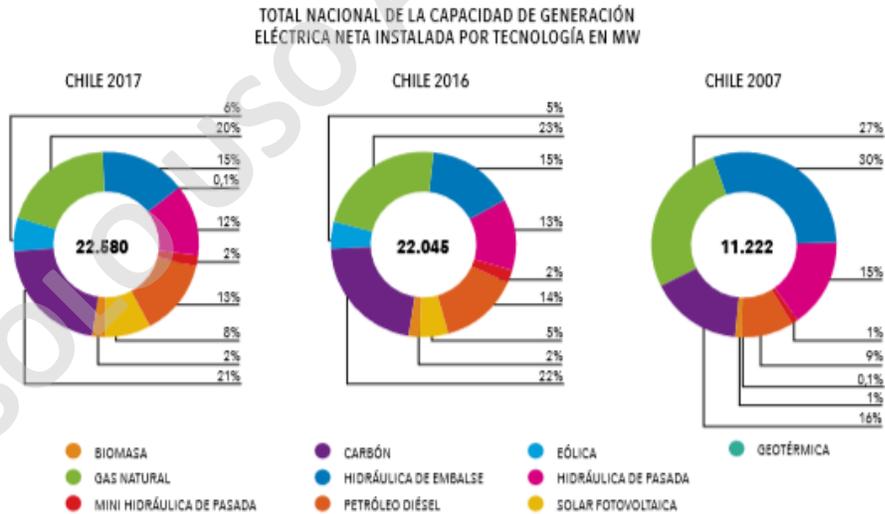
Gráfico N°8 Evolución de los proyectos ERNC con Resolución de Calificación Ambiental Aprobada



Fuente: División de Desarrollo Sustentable del Ministerio de Energía a partir de datos del SEIA

Hasta fines del año 2017 teníamos una potencia instalada de 22.580 MW los cuales se dividen en plantas de carbón, gas natural, solares fotovoltaicos, etc. (Energía, 2017)

Gráfico N°9 Total de Generación de Energía Eléctrica Instalada por Tecnología en MW

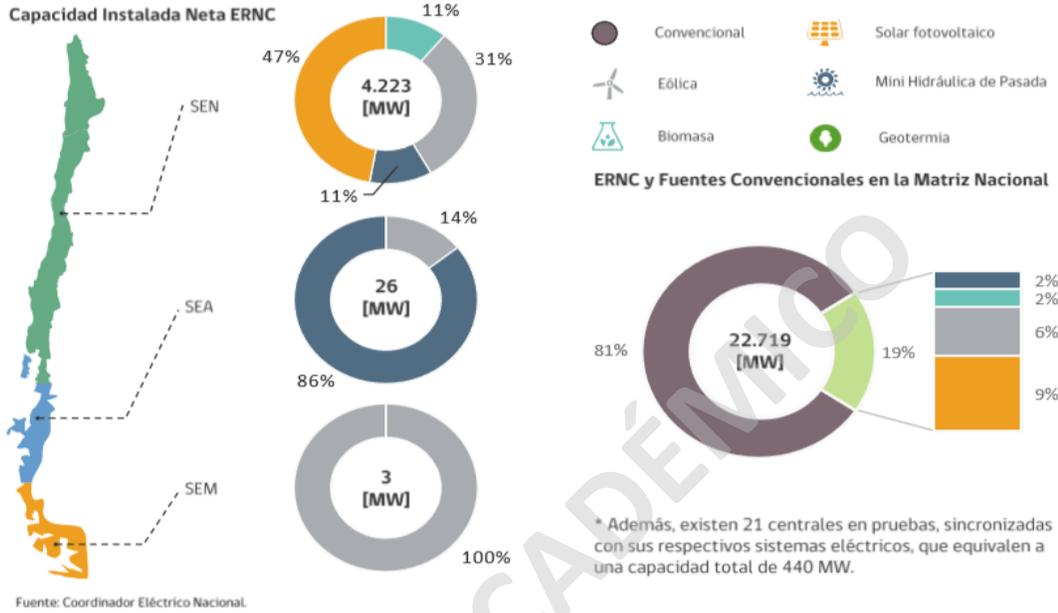


Fuente: Coordinador Eléctrico Nacional

En comparación con el año 2007 tenemos prácticamente el doble de energía instalada, ha aumentado de manera notoria la aparición de las ERNC dentro de esta generación de energía la cual aporta con 4252 MW un 19% del total nacional que asciende a 22.719

MW a agosto del 2018. La mayoría de esta potencia eléctrica se ubica en el SEN (4223MW) mientras que la restante se ubica en el SEA y el SEM respectivamente.

Figura N°7° “Capacidad Instalada Neta de ERNC”

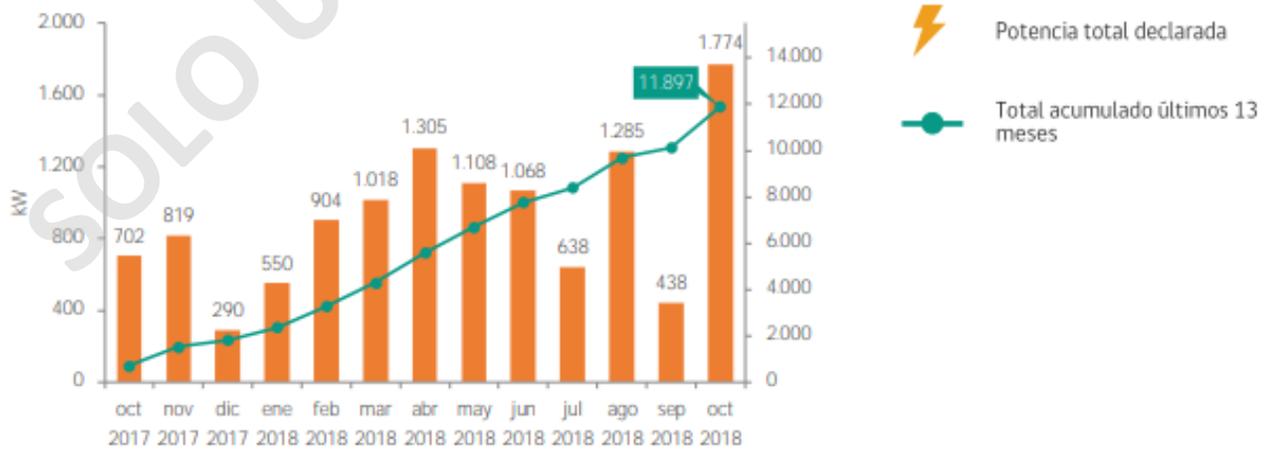


5

Fuente: Coordinador Nacional eléctrico

En base a la rigente Ley de Generación Distribuida el total de Kw declarados en los Últimos 13 meses, hasta octubre del 2018 corresponde al siguiente.

Gráfico N°10: Potencia total Declarada en Chile en los últimos 13 meses

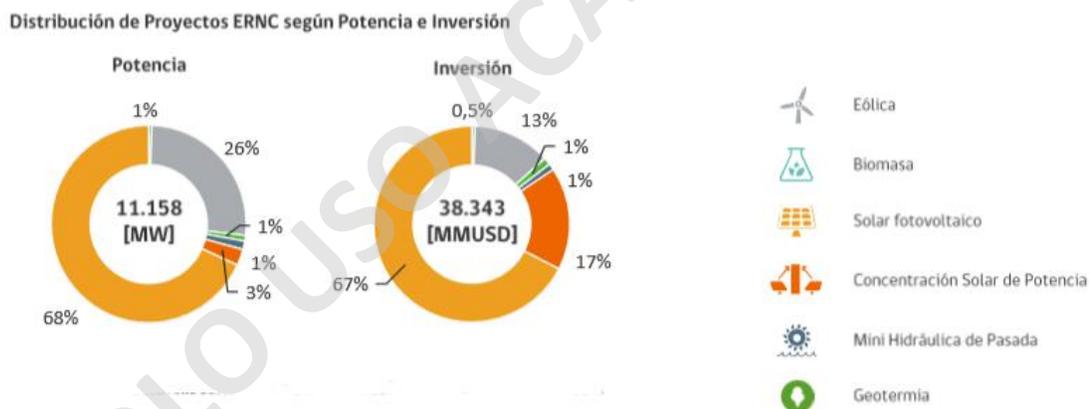


Proyectos a futuro

De acuerdo con lo indicado en el artículo 72-17° de la LGSE, son consideradas instalaciones en construcción aquellas instalaciones de transmisión que hayan solicitado a la comisión su declaración en construcción de acuerdo con lo establecido en el mencionado artículo y que, cumpliendo con las exigencias legales y reglamentarias correspondientes, sean declaradas en construcción mediante su incorporación en la resolución exenta que la comisión dicte para tales efectos.

Teniendo lo anterior en cuenta, a fecha de septiembre del 2018 se registran un total de 134 proyectos de ERNC en etapa de calificación dentro Servicio de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA). De estos, 3 corresponden a biomasa, 22 parques eólicos, 2 de geotérmica, 16 centrales minihidráulicas de pasada, 1 de concentración solar y 90 parque solares fotovoltaicos. En total suman 11158 MW que equivalen a una inversión de US\$38.343 millones. (Energía, 2018)

Gráfico N°11 “Distribución de proyectos ERNC según potencia e inversión”



Fuente: División de desarrollo sustentable del ministerio de energía a partir de datos del SEIA

Como se aprecia anteriormente Chile ha logrado generar 4.3 GW de energía limpia y va por mucho más la cantidad de proyectos que se encuentran dentro del SEIA vislumbra un futuro prometedor en lo que se refiere a ERNC, el siguiente cuadro muestra los proyectos actuales, los futuros y los que se encuentran en evaluación. (Energía, 2018)

Tabla N°5 “Cuadro Resumen de estado de Proyectos de ERNC”

Tecnología	Operación (1) [MW]	En Pruebas [MW]	Construcción [MW]	RCA Aprobada (2) [MW]	En Calificación [MW]
Biomasa (3)	468	3	0	498	59
Eólica	1.305	114	609	9.513	2.939
Geotermia	0	24	0	120	100
Mini Hidro (4)	488	20	46	824	154
Solar - PV	1.991	279	197	16.193	7.607
Solar - CSP	0	0	110	2.348	300
Total	4.252	440	961	29.496	11.159

Fuente: CNE, Ministerio de Energía, Coordinador Nacional de Energía.

Se están estudiando y se encuentra en la etapa de análisis financiero. La construcción de lo que sería hoy por hoy la planta de generación eléctrica solar fotovoltaica más grande Chile con una capacidad de 600 MW y con una tecnología de tracking en un eje, lo que significa que sigue el sol durante el día completo de oriente a poniente maximizando así su producción. El proyecto contempla un tamaño de 1650 hectáreas y estará ubicado en la localidad de Pintados, en la Región de Tarapacá. Además, como complemento se ejecutará el proyecto Cielos de Tarapacá, los cuales representaran el primer sistema a gran escala del mundo que será capaz de producir energía solar las 24 horas del día, 7 días a la semana, lo que se traduce en una competencia directa y sin subsidios con las centrales termoeléctricas.

Paralelamente se está gestionando el proyecto Copiapó Solar que tiene una inversión cercana a los 2 mil millones de dólares y que se hará cargo la firma SolarReserve. Ya ha obtenido la aprobación ambiental y se estima que estará en funcionamiento en el 2019, y entregará a los consumidores del Sistema interconectado Central 260 MW de potencia en carga base confiable, limpia, continua y no intermitente las 24 horas del día. (Reyes, 2015).

Esta tecnología del proyecto está basada en la del exitoso proyecto Crescent Dunes de SolarReserve en los EEUU, cuya construcción ya está completa y que actualmente se encuentra en puesta en marcha. Es así que como parte del proceso de desarrollo de proyectos y obtención de permisos para el proyecto Copiapó Solar, la empresa ha colaborado con partes interesadas y comunidades locales a fin de asegurar que el impacto en el medioambiente sea el mínimo y el respeto a las comunidades locales.

Este proceso incluye una selección cuidadosa de los sitios, sistemas para minimizar el uso del agua, y extensos estudios ambientales antes de comenzar con la construcción.

El proyecto Copiapó Solar fue sometido a una completa evaluación ambiental, bajo el Sistema chileno de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) administrado por el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA), y recibió una Resolución de Calificación Ambiental (RCA), como se denomina el permiso ambiental chileno.

Imagen N°8 “Proyecto Copiapó Solar”



Fuente: <https://applauss.com/copiapo-solar-la-gigantesca-planta-de-energia-solar-que-se-construira-en-el-norte-de-chile/>

Normativa aplicable

Cumplimiento de leyes N° 20.257 y N° 20.698

A partir del 1 de enero de 2010 entraron en vigor las exigencias impuestas por la ley N° 20.257 o ley ERNC. Dicha norma legal además de introducir la definición de energías renovables no convencionales y establecer las tecnologías que son englobadas por esta categoría, define una exigencia respecto de los retiros realizados por empresas de generación para servir sus contratos de suministro, ya sean estos con un cliente libre o con empresas de distribución, teniendo que acreditar un porcentaje o cuota que sigue en crecimiento anual que se presenta en la tabla.

Para cumplir con el requerimiento legal, las empresas podrán respaldar la inyección ERNC a partir de centrales propias bajo esta categoría o las de terceros, teniendo en cuenta que se considerarán solo aquellas que se han interconectado a uno de los sistemas eléctricos mayores con posterioridad al 01 de enero de 2007, o bien, que hayan realizado ampliaciones en la capacidad instalada de la central a partir de la fecha señalada.

Ahora en bien específicamente para lo que se refiere a la energía solar fotovoltaica existen diversas normativas legales que aplican para este tipo de instalaciones, entre las que se encuentran:

Ley 20.571 la cual regula el pago de tarifas eléctricas de las generadoras residenciales, del Ministerio de Energía.

Norma 4/2003 “Electricidad. Instalaciones en baja tensión” de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles.

Norma NCh 2656 Of. 2001 “Dimensionamiento Económico de Conductores Eléctricos”.

D.F.L. N°458 de 1975 “Ley General de Urbanismo y Construcciones” y Decreto N° 47 de 1992 “Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones”, ambos del Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

Capítulo 3. Proceso de Construcción

3.1.1. Sistema Solar Fotovoltaico

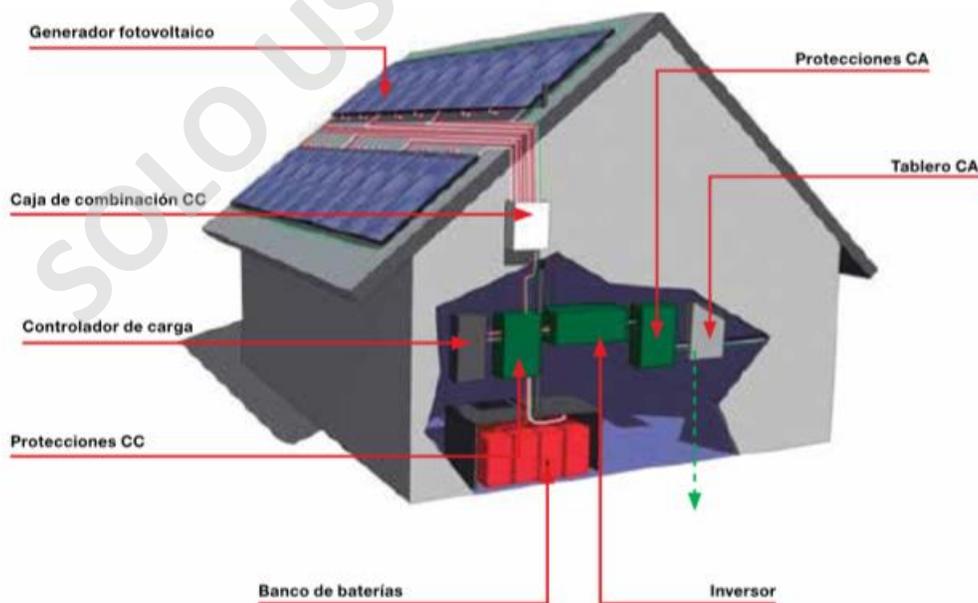
Un sistema solar fotovoltaico como se explicó anteriormente es un sistema que por medio de la captación de energía solar por medio de módulos fotovoltaicos y con ayuda de ciertos componentes transforma la energía solar en energía eléctrica para el consumo diario. Este es un sistema que requiere de varias consideraciones en cuanto a normativas y componentes que debe estar debidamente regulados.

En primer lugar, hay que distinguir que existen 2 tipos principales de tipologías de un sistema solar fotovoltaico. Un sistema autónomo y un sistema conectado a la red, y también existen la combinación de ambos el cual se le llama sistema híbrido.

Sistemas Autónomos (Off-Grid) o aislados: Este tipo de sistemas no están conectados a la red eléctrica convencional. Es un sistema bastante común y tiene usos tanto como en viviendas como productivos y comerciales. Por ejemplo, donde no hay factibilidad de conexión a la red local de energía o donde también hay falta de capacidad económica para abastecer por completo la vivienda. También su uso se ve reflejado para alimentar satélites, señales viales, equipos de telecomunicaciones, sistemas de bombeo de agua.

Este tipo de sistema requiere de un elemento que almacene energía que por lo general es una batería, por lo que este elemento pasa a ser el corazón o la parte vital del sistema, ya que si falla no se podrá almacenar la energía captada. Los componentes de este son un regulador de carga, el generador, el inversor y una batería.

Figura N°8 “Esquema de un Sistema Fotovoltaico Autónomo”



Fuente: Manual Solar Fotovoltaico

Sistemas Conectados a la red (On-Grid)

Este tipo de tipología se diferencia principalmente en que toda la energía producida es inyectada a la red, y se complementa con la energía recibida. Este tipo no contiene elementos de almacenamiento como baterías, ya que la totalidad de la energía que no es consumida se inyecta a la red.

La forma en la que se funciona este sistema es que produce energía durante el día donde existe radiación solar, y durante la noche cuando no es posible producir energía se abastece de la red local de electricidad, este intercambio de energía se mide a través del medidor bidireccional, o 2 medidores unidireccionales, lo cual permite visualizar un balance entre la energía generada y la energía consumida.

Figura N°9 “Esquema de funcionamiento de un sistema solar conectado a la red”



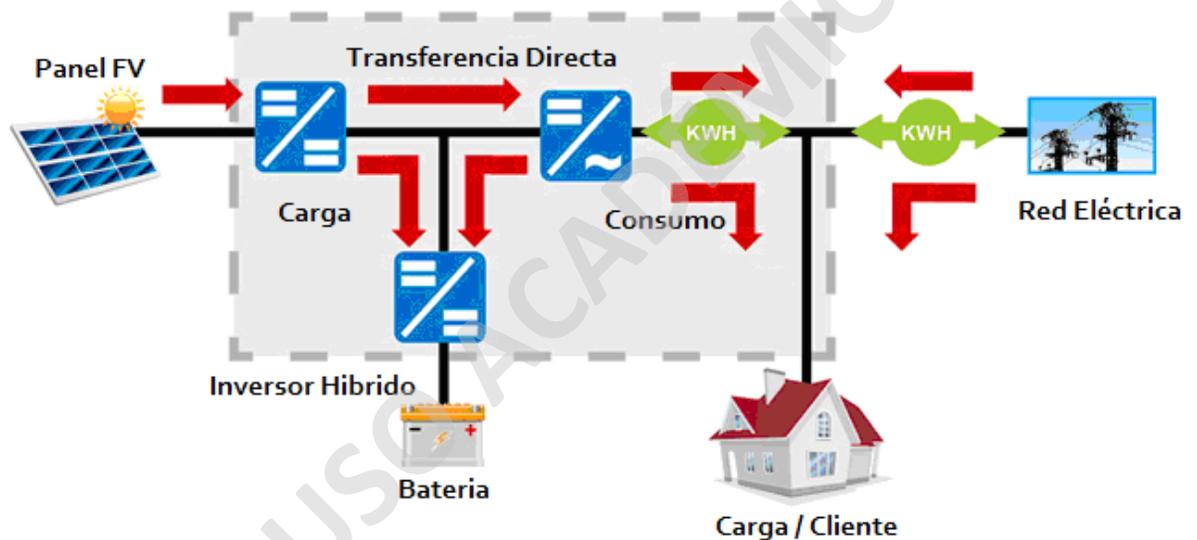
Fuente: Manual Solar Fotovoltaico

Sistemas Híbridos:

Finalmente, esta tipología de sistema utiliza dos o más fuentes de generación eléctrica distinta. Estos tipos se utiliza generalmente un generador Diesel o aerogenerador.

Los sistemas híbridos fotovoltaicos presentan la ventaja de que no se necesita sobredimensionar de gran manera el generador solar para los periodos de baja irradiación. Esto supone un ahorro de gastos considerable. El sistema se usa prioritariamente la energía que se genera por los módulos. Al combinarlo con una segunda fuente de energía se obtiene un suministro de energía constante disponible las 24 horas del día durante los 365 días del año.

Figura N°10 “Esquema de funcionamiento de una tipología híbrida”



Fuente: <http://www.energiasinteligentes.com/noticias/9/sistemas-hibridos-principio-de-funcionamiento-y-preguntas-frecuentes>

Componentes de un sistema Solar Fotovoltaico.

Un sistema solar fotovoltaico funciona con diversos componentes para su normal funcionamiento, a continuación, se detallan cada uno de ellos, su función y características principales.

Además, en Chile existen ciertas exigencias que se deben cumplir en cualquier tipo de instalación del tipo sistema solar fotovoltaico instauradas por el Minvu a continuación se detallan.

Sistema solar fotovoltaico debe contener

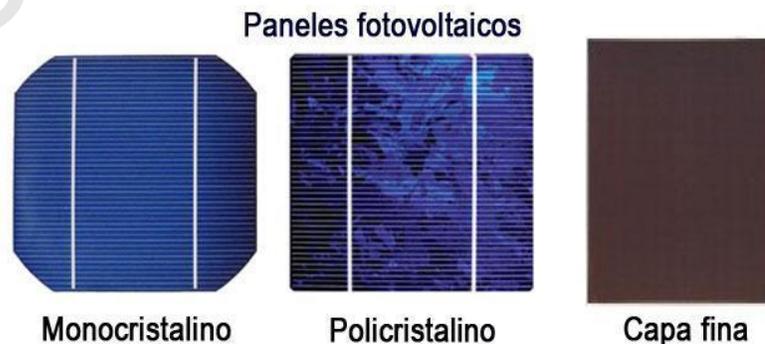
- *Un sistema de captación desde 750Wp: constituido por módulos fotovoltaicos, los que podrán ser del tipo mono cristalino o policristalino.*
- *Un sistema de transformación: constituido por uno o más micro inversores o inversores.*
- *Una estructura de soporte de aluminio anodizado.*
- *Una estructura auxiliar solo cuando sea necesario.*
- *Cables y canalizaciones.*
- *Tableros eléctricos y circuitos.*
- *Medidor bidireccional.*
- *Sistema de puesta a tierra en caso de que no exista*
- *Contador de energía generada (opcional).* (Minvu, 2018)

Celdas Fotovoltaicas

Los sistemas fotovoltaicos se caracterizan por utilizar celdas fotovoltaicas las cuales captan la radiación solar y la transforman en energía eléctrica, estas son semiconductores y existen varios tipos, pero el material más común para su fabricación es el silicio. (Sun Fields, s.f.)

Con este material se procede a la fabricación de las celdas las cuales pueden ser de 3 tipos

Figura N°11: Tipos de Celdas Fotovoltaicas



Fuente: Manual Solar Fotovoltaico

Monocristalinas:

En este tipo de celdas sus átomos se unen unilateralmente, se utiliza solo un cristal para su fabricación por lo que genera que sean más puras. Estas se pueden identificar visualmente ya que presentan un color más bien oscuro, un azul casi negro.

Se fabrican con bloques de silicio o ingots, que son de forma cilíndrica. Para optimizar el rendimiento y reducir los costes de cada celda solar monocristalina, se recortan los cuatro lados de los bloques cilíndricos para hacer láminas de silicio, y que les da esa apariencia característica.

Por otro lado, es posible decir que este tipo de celdas son más eficientes, lo que genera también una reducción del espacio a utilizar, ya que se requieren menos celdas para generar la misma cantidad de electricidad. También presentan precios más elevados.

Una de las formas más sencillas para saber si tenemos delante un panel solar monocristalino o policristalino, es que en el policristalino las celdas son perfectamente rectangulares y no tienen esquinas redondeadas.

Entre las ventajas se puede decir que

- Los paneles solares monocristalinos tienen las mayores tasas de eficiencia puesto que se fabrican con silicio de alta pureza. La eficiencia en estos paneles está por encima del 15% y en algunos modelos supera incluso el 21%.
- La vida útil de los paneles monocristalinos es más larga. De hecho, muchos fabricantes ofrecen garantías de hasta 25 años.
- Suelen funcionar mejor que paneles policristalinos de similares características en condiciones de poca luz.
- Aunque el rendimiento en todos los paneles se reduce con temperaturas altas, esto ocurre en menor medida en los policristalinos que en los monocristalinos.
- Mejor integración en casas y edificios: También existen modelos llamados “Mono Black”, que vienen a ser un tipo de panel solar monocristalino estándar pero con el marco y fondo negros. Esto es un elemento a tener en cuenta para temas de integración en edificios, casas, etc. donde se quiere dar prioridad a la estética para que el sistema fotovoltaico no tenga un impacto negativo a nivel visual.

Policristalinas:

En cambio, estas presentan diferencias en cómo se unen sus átomos ya que se dividen en regiones y estas formadas por diferentes cristales de silicio. Entre sus principales características se puede decir.

- El proceso de fabricación de los paneles fotovoltaicos policristalinos es más simple, lo que redundará en menor precio. Se pierde mucho menos silicio en el proceso que en el monocristalino.
- Los paneles policristalinos suelen tener menor resistencia al calor que los monocristalinos. Esto significa que en altas temperaturas un panel policristalino funcionará peor que un monocristalino. El calor además puede afectar a su vida útil, acortándola.
- La eficiencia de un panel policristalino se sitúa típicamente entre el 13-16%, debido a que no tienen un silicio tan puro como los monocristalinos.
- Mayor necesidad de espacio. Se necesita cubrir una superficie mayor con paneles policristalinos que con monocristalino

Amorfas:

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%. Debido a que tienen un gran potencial para uso doméstico, son cada vez más demandados. Entre sus principales Características se puede destacar

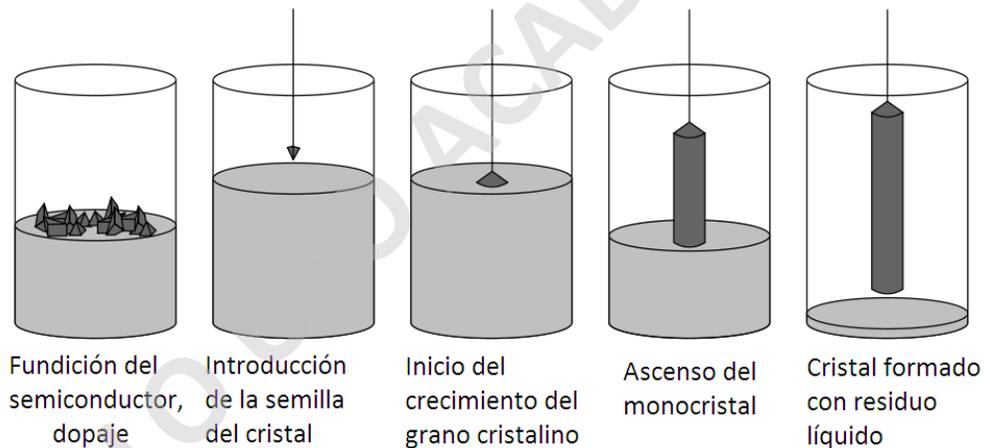
- Se pueden fabricar de forma muy sencilla y en grandes remesas. Esto hace que sean más baratos que los paneles cristalinos
- Tienen una apariencia muy homogénea
- Pueden ser flexibles, lo que permite que se adapten a múltiples superficies.
- El rendimiento no se ve afectado tanto por las sombras y altas temperaturas.
- Son una gran alternativa cuando el espacio no es problema. Aunque son muy baratos, por su menor eficiencia requieren mucho espacio. Un panel monocristalino puede producir cuatro veces más electricidad que uno de capa fina por cada metro cuadrado utilizado.

- Al necesitar más paneles, también hay que invertir más en estructura metálica, cableado, etc.
- Los paneles de capa fina tienden a degradarse más rápido que los paneles monocristalinos y policristalinos, por ello los fabricantes también ofrecen menor garantía

3.1.3.1. Proceso de fabricación de las Celdas fotovoltaicas

Para la fabricación de las celdas monocristalinas se utiliza el denominado método Czochralski, este método consiste en la formación de un cristal en forma de varilla de material muy puro, por contacto con un baño de mezcla fundida en un crisol de platino, iridio, cerámica o grafito. La "varilla", cuyo extremo, en el que se coloca una semilla de cristalización, se encuentra en contacto con el baño, se hace girar y ascender lentamente, produciéndose un monocristal en forma de barra y quedando las impurezas en el baño. Se utiliza una atmósfera oxidante. (Aberasturi, 2005)

Figura N°12: Proceso de Czochralski



Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Proceso_Czochralski

Los primeros paneles solares policristalinos de silicio aparecieron en el mercado en 1981. A diferencia de los paneles monocristalinos, en su fabricación no se emplea el método Czochralski. El silicio en bruto se funde y se vierte en un molde cuadrado. A continuación, se enfría y se corta en láminas perfectamente cuadradas.

Módulos Fotovoltaicos

En términos básicos un módulo fotovoltaico o también conocido como panel, es una disposición de celdas fotovoltaicas en paralelo o en serie, las cuales se encuentran aisladas del exterior y permiten el paso de la luz.

Los Módulos Fotovoltaicos en Chile deben cumplir con ciertas características para su funcionamiento acorde a la normativa.

- *Todos los módulos fotovoltaicos deben ser nuevos del mismo tipo y modelo. Se podrán utilizar aquellos de tipo mono cristalino o policristalino. En el caso de ser necesaria una reposición de uno o más módulos FV, por causas de falla o funcionamiento, estos podrán ser de modelos, tipos o incluso tecnologías diferentes, siempre y cuando se garantice la compatibilidad entre ellos y cumplan técnicamente las especificaciones de funcionamiento del inversor. Siendo el caso ideal, módulos idénticos.*
- *Para el caso de micro inversores, se pueden utilizar módulos de distintos modelos y orientaciones (punto 8.6 del RGR N° 02/2017)*
- *Los módulos deberán estar autorizados por la SEC, para ser utilizado en instalaciones de generación eléctrica residencial que se conecten a las redes de distribución eléctrica, conforme a lo establecido en el reglamento de la Ley 20.571.*
- *Los módulos fotovoltaicos deben totalizar una potencia peak mínima de 750 [Wp], con tolerancia positiva, en condiciones de prueba estándar (STC).*
- *Presentar documento de garantía de potencia de salida, al año 25 después de la puesta en operación, igual o superior al 80% de la potencia máxima del módulo.*
- *Disponer de conectores ensamblados en fábrica, compatibles con la entrada CC del micro inversor*
- *Presentar documento de Garantía de fabricación de al menos 10 años.*
- *Para proyectos que se emplacen en las zonas norte litoral (NL), central litoral (CL) y sur litoral (SL) (según NCh 1079, Of. 2008), los módulos fotovoltaicos deberán tener la certificación IEC 61701 “Salt mist corrosion testing of photovoltaic (PV) modules, de resistencia del módulo FV al ambiente salino.*
- *Certificado de reciclaje, en el cual se indica que es miembro de la asociación, para el modelo de módulo fotovoltaico que se está utilizando. (Minvu, 2018)*

Generador Fotovoltaico

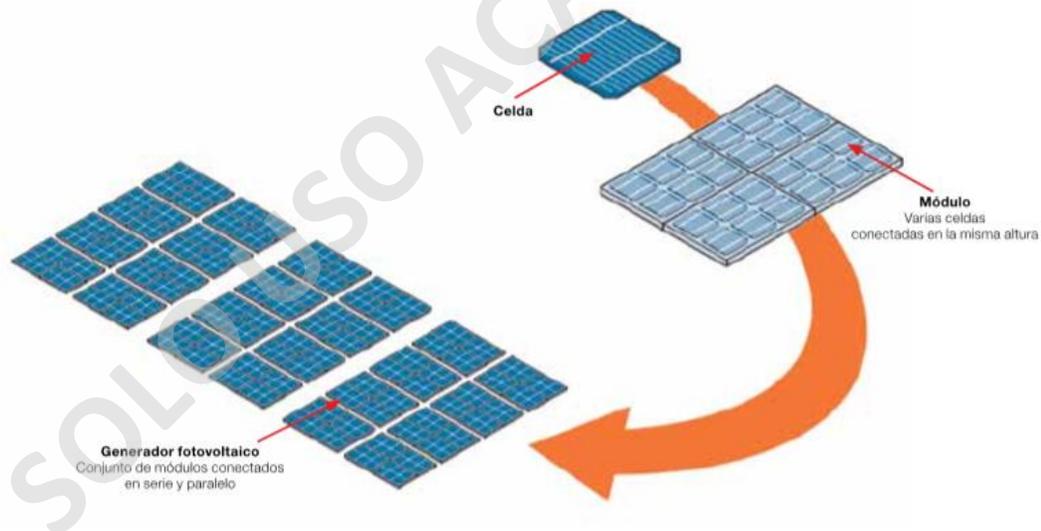
El generador se conforma por módulos que se encuentran conectados en serio y/o en paralelo, el cual cumple la misma función y tiene las mismas características que las celdas. La gracia es que es escalable lo que implica que se pueden quitar o agregar módulos de manera sencilla para aumentar o disminuir la energía generada.

Con esto es posible tener generadores pequeños para por ejemplo uso domiciliario, o generadores de grandes superficies los que se pueden encontrar por ejemplo en parques solares.

Los generadores reciben corriente continua esto implica que no se pueden apagar, o desconectar ya que se produce solo con recibir radiación solar. Gracias a esto existe una variación de la tensión y potencia entregada ya que dependen del sol, lo que se traduce obviamente en que no se produzca energía durante la noche.

Como un generador es un conjunto de módulos estos deben cumplir con las mismas exigencias nombradas anteriormente para módulos solares.

Figura N°13: Esquema de Módulo y Generador Fotovoltaico



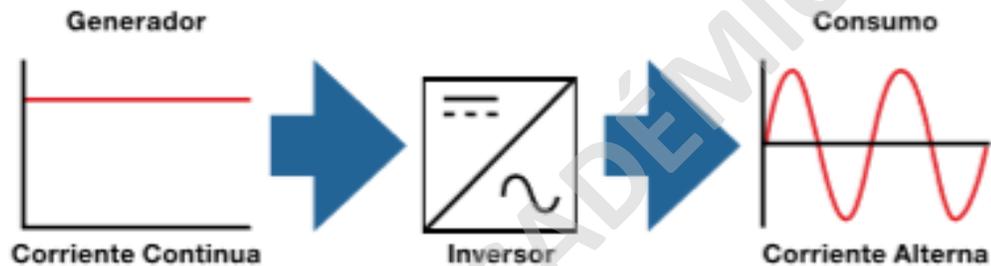
Fuente: Manual Solar Fotovoltaico

Estas instalaciones tienen 2 potencias, la potencia pico que es la potencia del generador y la potencia nominal, que es la potencia de salida del inversor. Por lo general esta última es menor ya que es inevitable que se produzcan pérdidas y nunca se está durante todo el día con la potencia pico.

Inversor

Las células fotovoltaicas y por ende el generador producen corriente continua como se mencionaba anteriormente, dado que la mayoría de los electrodomésticos usan corriente alterna y también el sistema de red utilizado en Chile este artefacto transforma la corriente continua en corriente alterna, además de adecuar la frecuencia y la tensión a la red local. Además de los nombrados anteriormente (frecuencia y tensión.) los principales parámetros de un inversor son la potencia nominal, la corriente de operación y la eficiencia.

Figura N°14: Esquema Funcionamiento de un Inversor



Fuente: Manual Solar Fotovoltaico

Como se explica anteriormente este inversor entrega una potencia nominal la cual es menor a la potencia pico del generador. Esta potencia nominal determinará el tamaño del inversor a utilizar.

Como cualquier otro componente de un sistema solar fotovoltaico también debe adherirse a la norma local, en este caso la norma Chile estipula las siguientes exigencias

Inversor o micro inversor

- *“Como equipo electrónico necesario para inyectar la energía generada por la instalación fotovoltaica a la red, se debe utilizar un inversor o micro inversor monofásico, los cuales deben ser nuevos y estar autorizados por la SEC para tales efectos.*
- *El inversor o micro inversor a utilizar debe tener declarada su configuración con el perfil de protecciones de red chileno, ajustado de acuerdo a lo exigido en la normativa vigente, y que éste haya sido verificado por la SEC.*
- *Rendimiento máximo, según su ficha técnica, mayor o igual a 95%.*
- *El micro inversor debe poseer un grado IP de 65 o superior.*

- *El inversor debe poseer un grado IP de 54 o superior, o estar protegido para condiciones que requieran un grado de IP más exigente.*
- *Garantía de fabricación de al menos 5 años.*
- *La conexión del inversor o micro inversor a la instalación eléctrica de la vivienda será del tipo ON GRID, con canalización y conductores que resistan las condiciones ambientales según sus condiciones de uso.*
- *El recorrido del conductor de CA de salida del micro inversor debe seguir las especificaciones del fabricante.*
- *Cada micro inversor se conectará en paralelo en su salida de CA con su conector de fábrica formando un solo circuito de corriente alterna. La cantidad máxima de micro inversores a conectarse entre sí estará especificada por el fabricante.*
- *La instalación del micro inversor o inversor se deberá realizar según las especificaciones del fabricante, considerando la ventilación, anclaje, orientación, el fácil mantenimiento y el grado IP entre otros aspectos.*
- *La tensión y frecuencia de salida alterna será la establecida en el Título 4-4 Artículo 4-8 Tabla 2 de la norma técnica de conexión y operación de equipamiento de generación en baja tensión.*
- *El inversor o micro inversor debe tener servicio técnico en Chile o presentación de una declaración jurada donde se manifieste que hay un Representante de la marca en Chile y que éste tiene capacidad de servicio técnico en el País.*
- *Los inversores o micro inversores deben contar con una interfaz gráfica que permita su correcta configuración e inspección de los parámetros configurados. Dicha interfaz no debe quedar necesariamente instalada en la vivienda, pero debe estar disponible para las inspecciones técnicas, fiscalizaciones de la SEC y procedimiento de conexión. Estos parámetros sólo pueden ser manipulados por un instalador autorizado, por lo que es necesaria la existencia de una protección por contraseña, que asegure la exclusiva manipulación del mismo”. (Minvu, 2018)*

Medidor Bidireccional

Este tiene la función de medir el intercambio de energía en sistemas fotovoltaicos conectados a la red, lo cual permite visualizar un balance entre la energía generada y la energía consumida. Como todo componente de un sistema fotovoltaico está sujeto al cumplimiento de la norma chilena la cuál en este caso dice

- *“Equipo necesario para la medición bidireccional de energía, el medidor debe estar autorizado por SEC y ser validado por la compañía eléctrica distribuidora, para ser utilizado en instalaciones fotovoltaicas que se*

conecten a las redes de distribución eléctrica, conforme a lo establecido en la Ley 20.571". (Minvu, 2018)

Baterías:

Como se mencionó anteriormente en el caso de ser un sistema OFF-GRID se requerirá de este componente, debido a que la radiación solar es un recurso variable, en parte previsible (ciclo día-noche), y en parte imprevisible (nubes, tormentas). Se necesitan equipos adecuados para almacenar la energía eléctrica cuando no existe radiación y ocuparla cuando esta se necesita.

Las baterías fotovoltaicas son un componente muy importante de todo el sistema pues realizan tres funciones esenciales para el buen funcionamiento de la instalación: almacenan energía eléctrica en periodos de abundante radiación solar y/o bajo consumo de energía eléctrica; proveen la energía eléctrica en periodos de baja o nula radiación solar y; otorgan un suministro de energía eléctrica estable y adecuado para la utilización de artefactos eléctricos.

Regulador de Carga:

Este dispositivo también forma parte de los componentes necesarios en un sistema fotovoltaico off-grid, controla el flujo de la corriente de carga proveniente de los módulos hacia la batería, como el flujo de la corriente de descarga que va desde la batería hacia las lámparas y demás aparatos que utilizan electricidad.

Si la batería ya está cargada, el regulador interrumpe el paso de corriente de los módulos hacia esta y si ella ha alcanzado su nivel máximo de descarga, el regulador interrumpe el paso de corriente desde la batería hacia las lámparas y demás cargas.

Proceso de instalación

En primer lugar, para la instalación de este sistema es necesario determinar la posición del ángulo de inclinación, que es de vital importancia para que el sistema funcione de la manera más eficientemente posible y que reciba la mayor irradiación viable. El mejor escenario, es que se encuentren de manera perpendicular al sol, y que esta condición permanezca durante el día, existen sistemas de rastreo en el cual los módulos siguen la trayectoria de sol, obviamente este tipo de estructuras son más caras y no siempre son viables en proyectos, por lo que si permanecerán estáticos hay que posicionarlos de tal manera que aprovechen al máximo la irradiación solar durante el día.

Figura N°15 “inclinación óptima para instalación de un módulo fotovoltaico”



Fuente: Manual solar Fotovoltaico

Todos los módulos que estén en una misma cadena o generador deben tener el mismo ángulo de inclinación, ya que si presentan uno diferente tendrán distintas irradiaciones, lo que se traducirá en corrientes dispares que finalmente disminuirá la eficiencia del sistema.

En la siguiente tabla se muestran los ángulos de inclinación recomendados según la latitud en la que se instalará el sistema.

Tabla N°6 “Latitudes y longitudes óptimas para la instalación de paneles solares”

Local Latitude	Module installation angle
0°~ 15°	15°
15°~ 25°	Latitude
25°~ 30°	Latitude+5°
30°~ 35°	Latitude+10°
35°~ 40°	Latitude+15°
>40°	Latitude+20°

Fuente: Manual Solar Fotovoltaico GCL

En el caso particular de Chile se utilizan 3 criterios de instalación que buscan maximizar la energía de irradiación que será recibida por los módulos.

El primer criterio utiliza el mes con menor irradiación recibida durante el año el cuál en Chile corresponde al mes de junio en invierno. El segundo Criterio se focaliza en el mes con mayor radiación solar el cual trasciende durante diciembre en verano. Finalmente, el tercer criterio utiliza un promedio de radiación total anual máximo recibido durante el año.

Recomendaciones generales para la instalación de un sistema solar fotovoltaico

Además, elegir un lugar idóneo para el proyecto, es decir que se debe buscar un lugar, que tengan luz solar suficiente, y que no haya sombra que impida el paso de la luz, esto incluye sombras actuales y futuras, por lo que es importante hacer un estudio de lo que se proyectará a futuro en el lugar elegido. Si algún módulo tiene el paso de luz obstaculizado por árboles o edificaciones o incluso si está parcialmente tapado, el aprovechamiento de energía se verá reducido y no se ocupará el potencial máximo del panel. Así mismo si el módulo presenta constantemente problemas de sombras, generará daños permanentes en el sistema. La disposición de los módulos también debe ser estudiada ya que es posible que se produzcan sombra entre ellos por ende la disposición de los paneles debe ser de tan forma que esto no se produzca, teniendo en cuenta la sombra que se genera durante todo el año, por lo que se considera la elevación solar mínima que ocurre en el invierno.

En instalaciones domiciliarias los paneles pueden ir instalados en la techumbre, por lo mismo también hay aspectos necesarios a considerar. La reglamentación chilena en cuanto a la techumbre estipula lo siguiente

- *“En proyectos de viviendas nuevas, la techumbre en su totalidad o la parte de la techumbre que soporte los módulos fotovoltaicos deberá estar orientada al norte, con una tolerancia de 45° al Este o al Oeste, para privilegiar la integración arquitectónica. La orientación sur queda descartada.*
- *En caso de viviendas existentes, la techumbre en su totalidad o la parte que soporte los módulos fotovoltaicos deberá tener una orientación que privilegie la integración arquitectónica de los módulos fotovoltaicos. La orientación Sur queda descartada.*
- *Los elementos ubicados en la techumbre, como ductos de ventilación, equipamientos u otros elementos de la techumbre y los elementos externos a la techumbre o vivienda, como vegetación u otras construcciones, no deben generar sombras sobre el sistema fotovoltaico. Se debe tener en consideración que el sombreado de una parte pequeña de un módulo fotovoltaico reduce de manera importante su generación, razón por la que sombras parciales sobre los módulos deben evitarse.*
- *la inclinación de la techumbre de la vivienda será igual a la latitud geográfica de la localización, admitiendo desviaciones de hasta +/- 10°”. (Minvu, 2018)*

Además, no se deben instalar o usar módulos en lugares donde se extrae o se procesa gas combustible. Hay que tener en cuenta que es importante evitar el tránsito de animales y de personas por lo que es necesario la implementación de señalética adecuada y que obviamente no provoque sombras sobre los módulos.

Por otro lado, hay aspectos logísticos a tener en cuenta como lo son el acceso al lugar de instalación, como se anclarán los módulos, y el transporte de estos dentro del lugar. La distancia en línea recta que existe entre el lugar de instalación y la “línea de llegada” no debe ser menor a un kilómetro a no sé qué sea aprobada por escrito por la GCLSI o una cláusula específica en el contrato.

Los módulos que se encuentren en una misma línea o eje deben estar en un mismo ángulo para recibir la irradiación del sol ya que si no lo están producirían corrientes diferentes lo cual a su vez afecta la eficiencia del sistema de producción de energía de manera negativa.

La estructura de montaje debe cumplir en Chile con estas características

- *“Las estructuras utilizadas para soportar los módulos fotovoltaicos deberán cumplir con la normativa estructural nacional aplicable y vigente.*
- *El diseño de la estructura se realizará para la localización, altura, orientación y ángulo de inclinación especificado en cada proyecto.*
- *En caso de no cumplir la techumbre con los requerimientos de inclinación y orientación, se podrá utilizar estructura de soporte de aluminio anodizado con inclinación o estructura auxiliar para fijación a la estructura de soporte.*
- *Para la sujeción de los módulos a la estructura de soporte, se deberá emplear pernería de acero inoxidable A2 DIN/ISO en aplicaciones comunes y A4 DIN/ISO en las zonas norte litoral (NL), central litoral (CL) y sur litoral (SL), según NCh 1079, Of. 2008.*
- *La estructura de soporte deberá ser fija, es decir, no debe contar con un sistema de seguimiento del sol.*
- *Las estructuras deberán contar con un sistema que dificulte el desmonte de módulos, inversores o micro inversores. No se permiten montaje del tipo sobre puesto o por gravedad.*
- *Garantía de fabricación mínima de 5 años. Esta garantía debe ser proporcionada por el oferente al momento de ingreso de proyecto a Serviu y debe ser válida para la localización concreta de la instalación fotovoltaica y el sistema de anclaje adecuado a las características constructivas del techo a intervenir.*
- *Para la instalación se deben seguir en todo momento las instrucciones del fabricante.*
- *Se deberá tener en cuenta la dilatación de los componentes, procurando que la dilatación del conjunto no provoque esfuerzos sobre la estructura, módulos fotovoltaicos o los elementos de unión entre la estructura de montaje y la estructura del techo a intervenir.*
- *La posición de los módulos en relación a la inclinación será en horizontal.”*
(Minvu, 2018)
-

Por lo mismo en recomendaciones generales se debe asegurar que los materiales sean certificados que aseguren su durabilidad, resistente a la corrosión y los rayos UV. También la estructura deberá ajustarse a la superficie donde será instalada ya sea inclinada o completamente horizontal, teniendo en cuenta que ya se hizo el estudio de la inclinación y ángulo idóneo para su instalación. Es muy importante saber cómo será el anclaje de esta estructura ya que tiene que soportar esfuerzos como tracción, la acción del viento, incluso nieve dependiendo del clima del sector. El anclaje será un punto clave para evitar el volcamiento de los módulos.

Otro punto a tener en cuenta es fijar una altura adecuada la cual no sea tan baja para impedir que se junten basuras debajo de los paneles y por si existe vegetación que no crezca y sombree los módulos o que existan fuertes vientos con arenas que dañen el

sistema. Si este se encuentra a nivel de piso la recomendación de distancia mínima que el GCLSI recomienda entre el piso y los módulos es de 60cm (24”)

Volviendo al caso de módulos instalados en techumbres, el área de estos no debe sobrepasar el área de la techumbre, así mismo la estructura debe ser capaz de soportar el peso de estos y también no deben existir infiltraciones en el tejado que puedan ser producidas por la instalación de la estructura de soporte. Finalmente, toda la estructura debe estar conectada a tierra.

Si se instala un sistema en un poste o similar este debe ser capaz de resistir la carga del viento y de la estructura.

Se debe mantener la parte posterior de los módulos ventiladas de tal manera que estos puedan enfriarse. Además, la distancia entre módulos no debería ser inferior a 2 cm. Para evitar la dilatación térmica excesiva de los paneles.

No está permitido solapar los módulos, hacer agujeros en los paneles, y se deben seguir las instrucciones de instalación del fabricante.

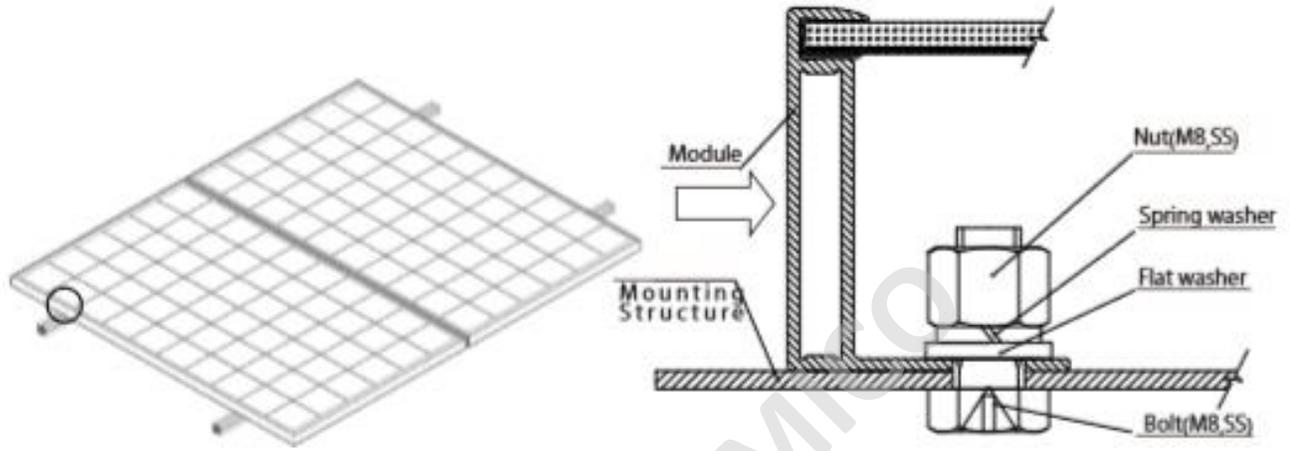
Método de instalación.

Una vez instalada la estructura que soportará el sistema solar fotovoltaico, se procede a la instalación de los módulos, hay que tener cuidado con la materialidad de los marcos de los módulos y de la estructura soportante ya que si los metales son distintos pueden producir una corrosión galvánica, por lo que se debe evitar el contacto directo entre estos.

Los módulos se pueden instalar en la estructura de 3 métodos distintos.

Sistema de orificios: En el que se hacen orificios en la estructura de montaje y los módulos deben anclarse con pernos anticorrosivos M8. Así como se representa en la figura.

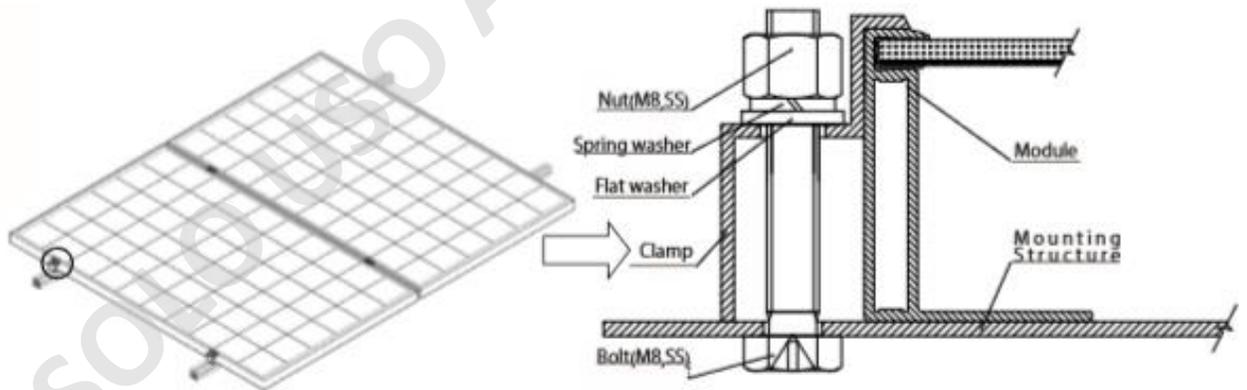
Figura N°16 “Esquema de Método de anclaje por sistema de orificios”



Fuente: Manual Solar Fotovoltaico GSL

Sistema de Sujeción: En él se utilizan abrazaderas para fijar el módulo a la estructura de soporte tal como se muestra en la figura “”

Figura N°17 “Esquema de sistema de sujeción”



Fuente: Manual Solar Fotovoltaico GSL

Sistema de Inserción: Se debe insertar todo el módulo en el riel como se representa en la figura “”.

Figura N°18 “Esquema de Sistema por inserción”



Fuente: Manual Solar Fotovoltaico GSL

Aparte de estos 3 métodos recomendados es posible anclarlo de diversas formas las cuales pueden ser especificadas por el fabricante de los paneles. Como consejo es recomendable cubrir los paneles al momento del montaje para evitar que estos produzcan electricidad cuando se estén instalando.

SOLO USO ACADÉMICO

Instalación Eléctrica

La energía generada por los paneles fotovoltaicos se puede convertir en corriente alterna y ser integrada a la red eléctrica. Las políticas de conexión del sistema de energía renovable a la red varían de una a otra región. Hay que consultar al diseñador local de sistemas antes de diseñar cualquier sistema. En general la instalación del sistema debe ser aprobada por el sector público local, en el caso de Chile cualquier sistema fotovoltaico debe ser aprobado por el SEC y tiene que cumplir con todas las exigencias citadas a continuación.

“Todos los componentes necesarios para la instalación y conexión del sistema fotovoltaico deben cumplir a cabalidad con lo establecido en la Ley 20.571 y con toda la normativa eléctrica vigente aplicable, principalmente la que regula aspectos tales como: configuración de módulos y conexión eléctrica, dimensionamiento de circuitos, conductores y canalizaciones, protecciones, puesta a tierra, interfaz con red, medidor, parámetros eléctricos y pruebas e inspección.

- *Decreto 71, del 4 de junio de 2014, del Ministerio de Energía: Reglamento de la Ley N°20.571, que Regula el Pago de las Tarifas Eléctricas de las Generadoras Residenciales.*
- *Resolución Exenta N°513, del 20 de octubre de 2014, de la Comisión Nacional de Energía: Norma Técnica de Conexión y Operación de Equipamiento de Generación en Baja Tensión.*
- *Instrucción Técnica RGR N°01/2017, de La Superintendencia de Electricidad y Combustibles: Procedimiento de Comunicación de Puesta en Servicio de Generadoras Residenciales.*
- *Instrucción Técnica RGR N°02/2017, de La Superintendencia de Electricidad y Combustibles: Diseño y Ejecución de las Instalaciones Fotovoltaicas Conectadas a Red.*
- *NCh Elec. 4/2003: Instalaciones de Consumo en Baja Tensión.*
- *El punto de conexión del sistema fotovoltaico será el tablero de distribución general de la vivienda nueva.*
- *En viviendas existentes que cuenten con TE-1, pero no con el suficiente espacio para incorporar las protecciones del sistema fotovoltaico, se podrá conectar mediante un tablero adicional situado en el exterior o interior de la vivienda.*
- *Los alimentadores o conductores del lado de CA de la unidad de generación deberán tener una sección no inferior a 2,5mm² y adecuada para evitar las caídas de tensión y calentamientos, para cualquier condición de trabajo. Los conductores de tierra tendrán una sección mínima de 4 mm².*
- *Tanto canalizaciones como cajas de conexiones deberán ser completamente estancas y con grado de protección IP 65 o superior.*

- *El tablero general de distribución de la vivienda nueva debe tener espacio suficiente para albergar tanto las protecciones de los circuitos de consumo como las del circuito del sistema fotovoltaico (espacio en barras de distribución de fase, neutro y tierra, además de espacio para disyuntor bipolar y diferencial tipo A). Para vivienda existente con TE-1 el circuito del sistema fotovoltaico podrá conectarse mediante un tablero adicional en el caso de que el tablero general de la vivienda existente no sea suficiente.*
- *La instalación eléctrica deberá incorporar en la tapa del tablero y de manera visible, la siguiente información mínima: placa con nombre del tablero, Nombre de la empresa que instaló el sistema, datos de contacto, procedimiento de desconexión de emergencia del sistema fotovoltaico además de una placa con la siguiente información: a. Potencia máxima (CA) b. Corriente de operación (CA) c. Voltaje de operación (CA) d. N° de micro-inversores (Sólo para cuando hay micro inversores) D.9.13. La puesta a tierra del sistema deberá ejecutarse de acuerdo al capítulo 10 de la NCh. Elec.4/2003. D.9.14. En caso de utilizarse un tablero adicional para conectar el sistema FV, éste deberá cumplir con el capítulo 6 de la NCh. Elec. 4/2003.” (Minvu, 2018)*

Instalación General

La estructura de instalación debe ser compatible con el marco de aluminio del módulo, para evitar la corrosión galvánica.

Se recomienda la puesta a tierra negativa durante la instalación de los módulos para prevenir el efecto PID.

La parte positiva y negativa del módulo debe utilizar el mismo tipo de conector para la conexión eléctrica.

Está prohibido que cualquier persona no profesional abran o manipulen las tuercas de seguridad del conector.

Hay que asegurarse de que todos los conectores están limpios y seco y totalmente conectados (se debe escuchar u sonido de un clic cuando está bien conectado). De lo contrario puede causar chispas de arco eléctrico lo que pueden causar daños al conector o incluso un incendio.

Todos los componentes eléctricos deben tener calificaciones iguales o mayores a la clasificación del sistema. No se debe exceder el máximo voltaje del sistema marcado en la etiqueta del módulo.

Bajo condiciones normales 1 modulo puede producir más voltaje y/o corriente del que está indicado en las condiciones de prueba, en consecuencia, los valores de ISC y VOC

marcados en el módulo deben multiplicarse por un factor de 1,25 a determinar las calificaciones de voltaje del componente, las clasificaciones de corriente, los tamaños de los fusibles y el tamaño de los controles conectados a la salida PV.

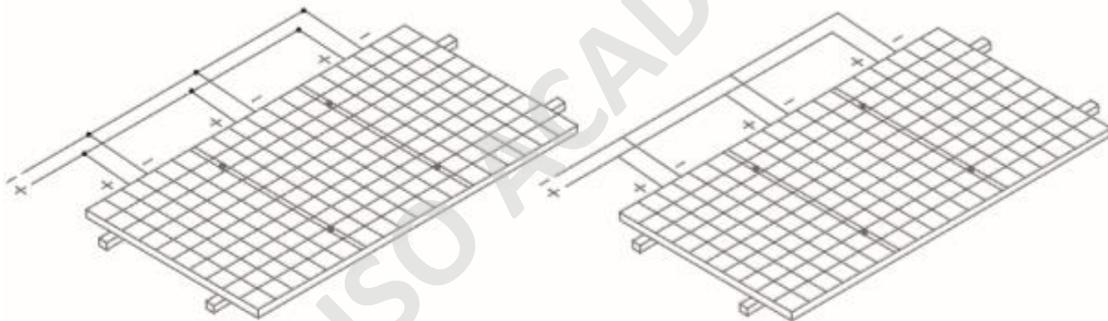
Como se había recomendado anteriormente los módulos deben estar cubiertos con algún material opaco de manera de evitar que se produzca electricidad.

Cuando los módulos son conectados en serie, el número máximo de estos es determinado por el diseño del sistema, por el tipo de inversor y por el medio ambiente en el que se va a desenvolver el sistema. (como se muestra en la figura 19)

Si los módulos se encuentran conectados en paralelo, la salida actual será igual a la suma de la corriente de cada cadena. Será necesario un fusible para cada cadena del módulo

Finalmente, no está demás decir que siempre hay que acogerse a las normas y leyes existentes en cada medio local para cualquier tipo de instalación eléctrica.

Figura N°19 “Esquema de instalación de módulos en Serie (izquierda) y en paralelo (derecha)



Fuente: Manual Solar Fotovoltaico GSL

La sección transversal de los cables y la capacidad de los conectores deben seleccionarse para adaptarse a la corriente de cortocircuito máxima del sistema (el área de sección recomendada para una sola pieza de módulo es de 4 mm², y la corriente nominal recomendada para el conector es mayor que 10A), de lo contrario los cables y conectores se sobrecalentarían por la gran cantidad de corriente.

La temperatura máxima del cable es de 85°C mientras que la temperatura límite superior del conector es de 105°C. hay que asegurarse que los componentes eléctricos como los conectores y los inversores estén apagados durante la instalación. Como se mencionó anteriormente es recomendable la utilización de fusibles para cada conexión en cadena. ((EREN), 2004)

Mantenición.

Normalmente los paneles no necesitan reparación, seguir las instrucciones de mantención específicas asegurará que los módulos trabajen de la mejor forma posible.

- En condiciones climáticas normales el agua proveniente de la lluvia puede mantener limpios los vidrios de los paneles.
- Para limpiar los vidrios de forma manual, se pueden ocupar esponjas húmedas suaves o algún paño si es necesario. Se puede ocupar algún agente no abrasivo suave para remover la suciedad que aún permanece.
- No trate de limpiar un panel si este presenta un vidrio roto o si tiene alguna perforación, ya que causaría una descarga eléctrica grave.
- Se deben realizar inspecciones regulares de la toma a tierra mecánica y las conexiones eléctricas cada 6 meses. Hay que asegurarse de que todos los conectores de los paneles se encuentren conectados, limpios y sin ningún daño o corrosión.
- Al momento de desmontar los conectores, hay que asegurarse de que todos los componentes estén funcionando bien. Si esto no sucede los conectores deben ser reemplazados. Si existen daños en los conectores pueden producir fugas de agua. El par de apriete de la tuerca debe ser entre 1,5 N*m y 3 N*m
- Utilice material opaco para cubrir completamente los paneles durante las reparaciones para evitar cualquier tipo de descarga eléctrica. La exposición a la luz solar provoca que los módulos generen alto voltaje. Cada uno de los trabajos y reparaciones debe ser realizado con cuidado y por profesionales. (GCL, 2016)

Finalmente es necesario apagar todos los sistemas antes de realizar cualquier tipo de reparación ya que un mantenimiento incorrecto podría ocasionar daños eléctricos graves e incluso incendios.

Además de las recomendaciones de mantención de los productores se debe seguir las recomendaciones del Minvu en el caso particular de Chile, estas son las siguientes

- *“Los tableros eléctricos e inversores no deben quedar expuestos a la radiación directa*
- *Los cables solares deben quedar ordenados, y protegidos de la radiación directa bajo el módulo fotovoltaico, no deben tocar la superficie posterior del módulo ni tampoco la cubierta de techumbre.*
- *El micro inversor debe estar protegido de la radiación directa, así como sus conectores y partes, quedando instalado bajo el módulo fotovoltaico.*
- *Todas las canalizaciones y conductores expuestos a la radiación solar deben ser aptas para esta condición”* (Minvu, 2018).

Capítulo 4: Proceso Constructivo de un parque solar Fotovoltaico

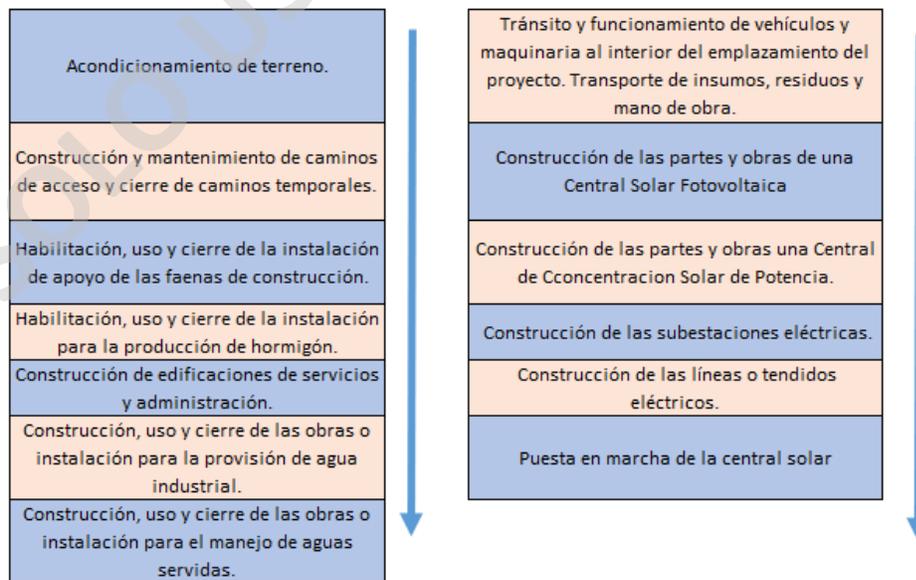
Un proyecto nace de una idea, esta hay que estudiarla, en primer lugar, realizar un estudio de mercado para así ver si efectivamente el producto que voy a vender ese lo que la gente necesita en el lugar, toda necesidad hace la oportunidad. Posterior a esto se realiza un estudio de factibilidad, ver todas las normas vigentes, encontrar cada uno de los puntos en los cuales el proyecto pudiese estar en riesgo, ya sea porque el lugar no tiene las condiciones óptimas para su desarrollo o porque la normativa no permite ese tipo de proyectos en la zona. Finalmente, un análisis económico para ver la rentabilidad del proyecto, Tener en cuenta el VAN y la TIR son indicadores indispensables para cualquier análisis económico.

Todo lo anterior se refiere a lo que requiere comúnmente cualquier proyecto de ingeniera, hablando en términos básicos, ya que obviamente las cosas son un poco más complejas, ya que cada una de estas etapas se subdividen y son mucho más amplias.

Los Parque solares no son ajenos a estas etapas, las localizaciones no son elegidas al azar, las dimensiones tampoco, cada una de las etapas que rige un proyecto de envergadura como un parque solar son estudiadas y proyectadas de tal manera que genere beneficios tanto como para el país como para a empresa y los inversionistas.

En este capítulo se abordarán las partidas más relevantes en la construcción de un parque solar, cual su relevancia y como están constituidas. Las partidas más relevantes de cualquier planta solar son las siguientes

Figura N°30 Partidas tipo de un Parque Solar



Fuente: Guía para la descripción de proyectos de centrales solares de generación de energía eléctrica en el SEIA

Partidas relevantes

En primer lugar, lo que se requiere para llevar a cabo las obras civiles es realizar un estudio de mecánica de suelos, para poder saber que se puede y que no se puede hacer en ese terreno donde se emplazará la planta solar.

El estudio de mecánica de suelo debe contemplar los siguientes ítems

- Geología de la zona de estudio
- Caracterización del subsuelo

Una vez realizados todos los estudios se puede dar inicio a las etapas constructivas las cuales serán detalladas brevemente a continuación.

Acondicionamiento del terreno:

En esta etapa se pueden o no realizar las diversas actividades que se comentan a continuación dependiendo de si el terreno o no lo amerita.

- Escarpe o extracción de la capa vegetal del terreno
- Corte de Flora y Vegetación
- Movimientos de Tierra
- Tronaduras
- Otras acciones de acondicionamiento del terreno

En la siguiente imagen se muestra maquinarias típicas que se usan para el movimiento de tierra u otras especialidades.

Imagen N°9 “Maquinarias utilizadas para movimientos de tierra y

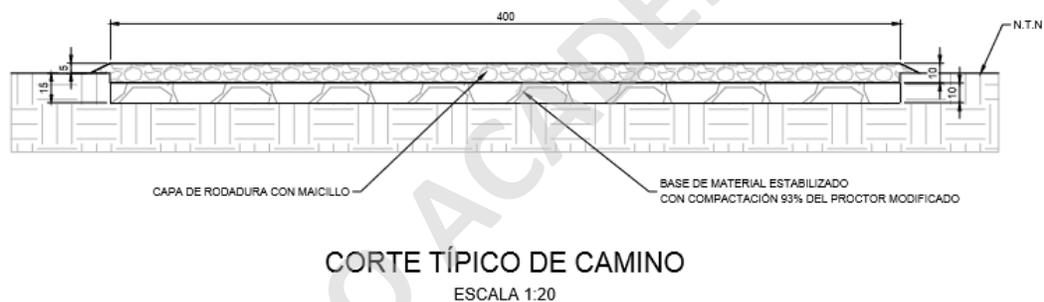


Fuente: Proyecto Parque Santuario Solar (IEnergia, 2018)

Construcción y mantenimiento de caminos de accesos y cierre de caminos temporales:

Dependiendo nuevamente de cuál sea el proyecto (de gran envergadura, o más bien pequeños). Se puede requerir realizar caminos internos los cuales deben ser confeccionados según las especificaciones técnicas requeridas. Por lo general no requerirán más allá de lo que se necesita para materializar un camino normal. Este se apoya en una base de material estabilizado compactado y luego en la parte superior una capa de rodadura con maicillo. De la mano con la construcción de un camino puede que sea necesario proyectar una evacuación de aguas lluvias, para controlar posibles inundaciones en sectores con climas más templados.

Figura N°19 “Corte Típico de un camino



Fuente: Planos Proyecto de un Parque Solar

Además de la construcción de nuevos caminos es necesario tener en cuenta que se debe hacer un mantenimiento de los caminos existentes ya que se verán afectados por el tránsito constante de camiones, como así también plantearse el cierre temporal de algún camino que vea afectada la seguridad del entorno.

Habilitación, uso y cierre de la instalación de apoyo a las faenas de construcción

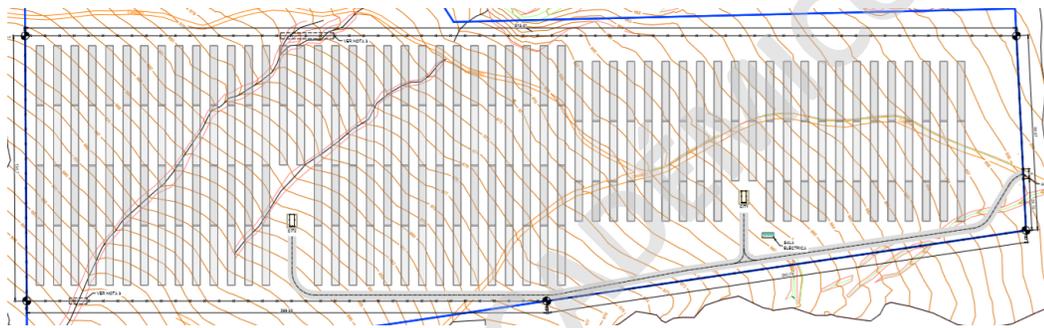
Es necesario tener en cuenta la habilitación de instalaciones como la construcción del piso o radier de hormigón, edificaciones, desagües para el control de la escorrentía superficial, canaletas para la contención y control de derrames, entre otros.

Asimismo, es necesario identificar y describir todas las acciones que se realizan en esta instalación y que generan emisiones líquidas, por ejemplo, la mantención y el lavado de equipos y maquinarias. Al respecto, se deben describir las acciones de control y manejo de estas emisiones tales como el control de derrames, el lavado de piezas engrasadas en un estanque acondicionado y el sistema de tratamiento de estas emisiones líquidas.

Además, es necesario identificar y describir las acciones que generan residuos, por ejemplo, la preparación de alimentación y uso del casino de los trabajadores que generan residuos no peligrosos y peligrosos, según corresponda

Para cualquier planta solar, como es un complejo privado por general y que produce altas tenciones es necesario el resguardo de las instalaciones por lo que hay que construir un cierre perimetral que impida el paso de gente ajena a las instalaciones. éste por seguridad por lo general es un cerco eléctrico. A continuación, se muestra un ejemplo de cómo este debe abarcar la totalidad de las instalaciones para la seguridad y normal funcionamiento del parque solar.

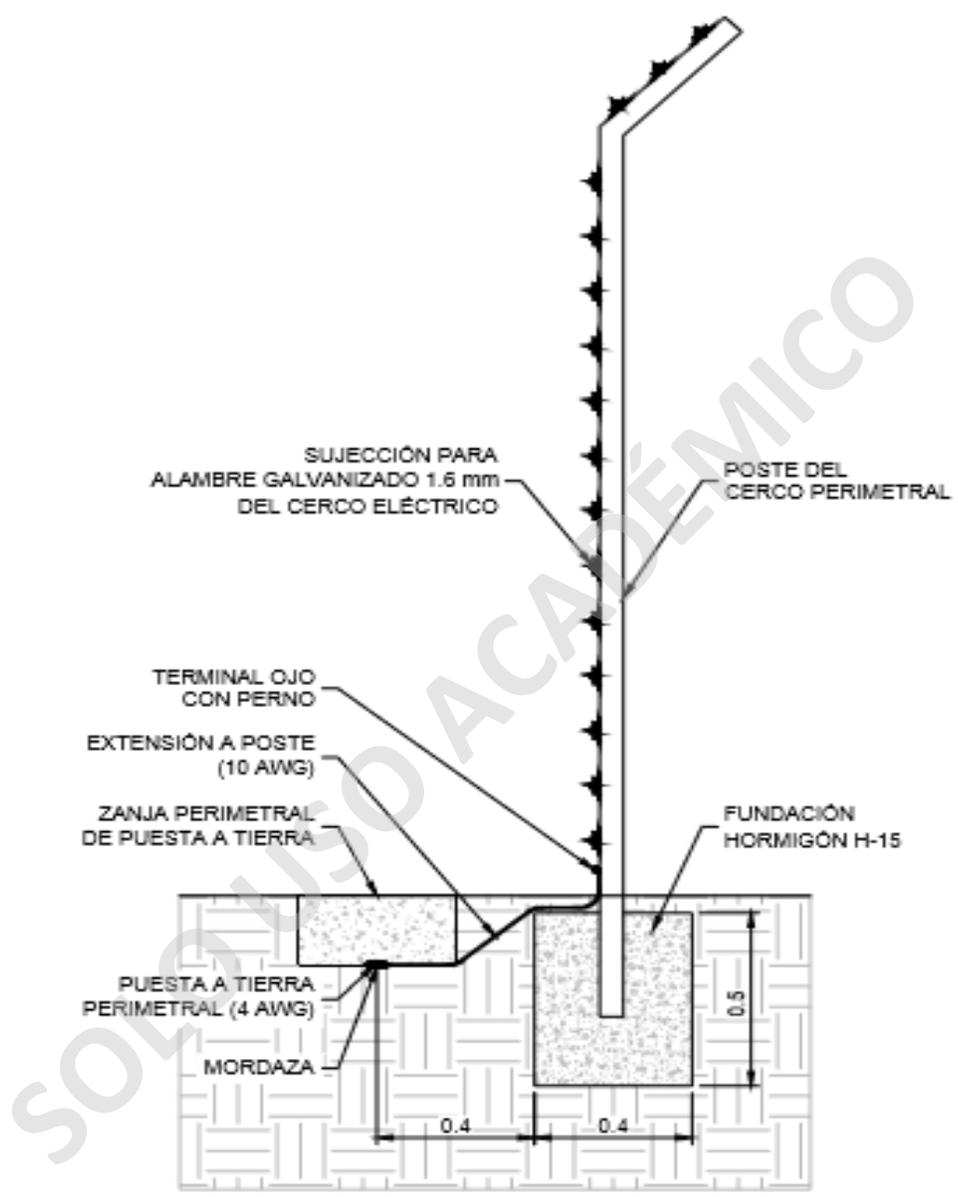
Figura N°20 “Layout de Cerco Eléctrico en planta Fotovoltaica”



Fuente: Planos de Proyecto de un Parque Solar

El primer es realizar las excavaciones y movimientos de tierra necesarios que permitan la instalación correcta y a nivel de los pilares. Estos van a anclados a una fundación la cuál dependiendo del caso puede ser corrida o por pilotes, esto dependerá del diseño de del cerco. Además de la fundación el cerco lleva una puesta a tierra debido a que este está electrificado. A continuación, se muestra un ejemplo de la fundación y como este debe ir además de una elevación a modo de ejemplo del cerco eléctrico.

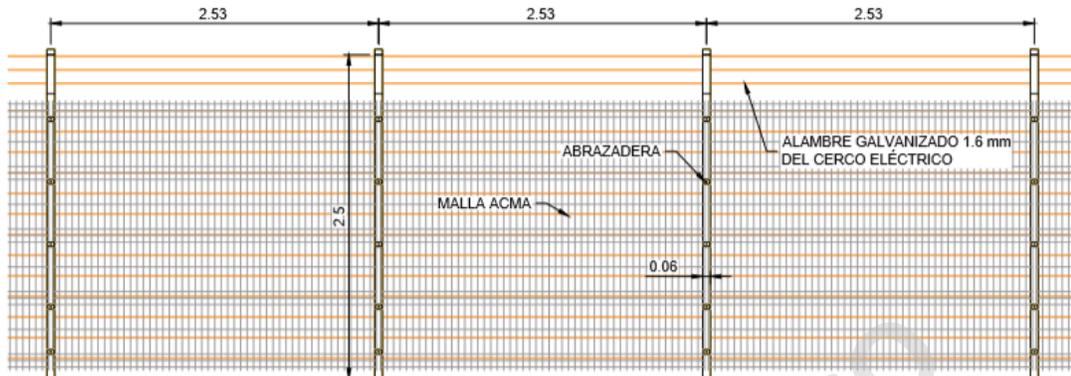
Figura N°21 “Corte de demostrativo de un pilar apoyado en una fundación”



FUNDACIÓN Y PUESTA A TIERRA DEL CERCO
ESCALA 1:20

Fuente: Planos de Proyecto de un Parque Solar

Figura N°22 “Elevación de un cierre perimetral eléctrico”



ELEVACIÓN TÍPICA DEL CERCO

ESCALA 1:40

Fuente: Planos Proyecto de un Parque Solar

Habilitación, uso y cierre de la instalación para la producción de hormigón

Es necesario describir las principales acciones asociadas a la instalación para la producción de hormigón, según lo siguiente:

- “Habilitación de la instalación.
- Producción de hormigón.
- Cierre de la instalación.
- Obras de impermeabilización del terreno, si corresponde”. (SEA, 2017)

Construcción, uso y cierre de la obra o instalaciones para la provisión y almacenamiento de agua industrial

Se deben describir las principales acciones asociadas a la construcción o habilitación, uso y cierre de esta instalación. Las cuales dependerán de la factibilidad y de donde se emplazará el proyecto.

Construcción, uso y cierre de la obra o instalación para el manejo de aguas servidas

Es necesario describir las principales acciones asociadas a la instalación, según lo que se señala a continuación:

- Habilitación o construcción de la instalación.
- Manejo de las aguas servidas y/o sistemas de tratamientos, según corresponda.
- Cierre de la instalación.

Tránsito y funcionamiento de vehículos y maquinarias al interior del emplazamiento del proyecto.

El tránsito y funcionamiento de vehículos y maquinarias al interior del emplazamiento del proyecto es un tema que no puede dejar de lado. Las actividades de la fase de construcción incluyen el tránsito y funcionamiento de vehículos y maquinarias al interior del lugar de emplazamiento del proyecto y en las áreas donde se realizan las faenas, por ejemplo, por el funcionamiento de máquinas excavadoras para el movimiento de tierra, tránsito de camiones con áridos, hormigón y otros insumos (SEA, 2017). Es necesario describir esta actividad de acuerdo con lo siguiente:

- Lista de actividades como transferencia de material (tierra, áridos y residuos de la construcción), carguío y volteo de camiones (t/ mes); vehículos y maquinarias asociadas.
- Distancia recorrida, considerando el total de vehículos y maquinarias (km/mes).
- Tiempo de operación, considerando el total de vehículos o maquinarias (hr/mes).

Transporte de insumos, residuos y mano de obra

Es necesario describir la actividad de transporte de insumos, residuos y mano de obra fuera del área de emplazamiento del proyecto, de acuerdo con lo siguiente:

- Región (es) y comuna(s) por las que se realizará el transporte.
- Rutas de transporte y su carpeta de rodado.
- Identificación de la instalación de origen o lugar de carga y de destino o descarga.
- Tipo de vehículos de transporte como camión, tren o su combinación, otro.
- Tipo de carga a transportar (residuos peligrosos y no peligrosos, otro), cantidad (ton/día) y tipo de embalaje.
- Frecuencia de viajes de ida y regreso (número de viajes promedio por unidad de tiempo y número máximo de viajes).
- Distancia recorrida (km/mes). (SEA, 2017)

Construcción de las partes y obras de una Central Solar Fotovoltaica

Se deben describir las principales acciones de construcción y habilitación de partes y obras o correspondientes métodos de construcción, instalación o montaje, según se presenta a continuación:

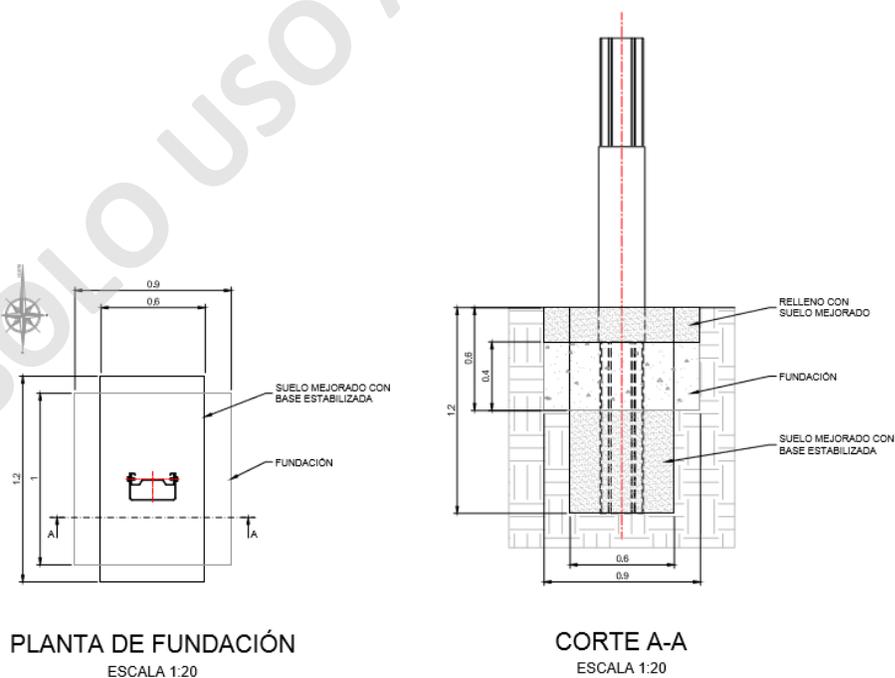
- Instalaciones para el almacenamiento de agua de proceso y limpieza.
- Subestaciones eléctricas.
- Líneas o tendidos eléctricos.

- Edificios o salas de operación y control.
- Método de construcción de las fundaciones del campo solar.
- Método de instalación o montaje de las estructuras de soporte de los paneles fotovoltaicos.
- Método de construcción e instalación de los inversores eléctricos.
- Método de construcción e instalación de los conductores de energía eléctrica.
- Instalaciones para el manejo de aguas servidas.
- Edificaciones de servicio y administración.
- Instalaciones para la provisión y almacenamiento de agua industrial.
- Otras partes y obras, según corresponda (SEA, 2017)

Dentro de todas estas partidas en particular nos centraremos en la explicación de lo que se refiere a las fundaciones. Estas serán requeridas como se observó anteriormente para el cerco perimetral, pero también tienen un rol muy importante ya que serán el soporte para la estructura que alojará a los módulos fotovoltaicos por lo que tienen una labor primordial para evitar el volcamiento y velar por el buen funcionamiento de estos.

Estas deberán seguir las especificaciones técnicas según el proyecto lo requiera, a modo de ejemplo se muestra a continuación una fundación que alojará una estructura para un panel solar.

Figura N°18 “Fundación para soporte de estructura”



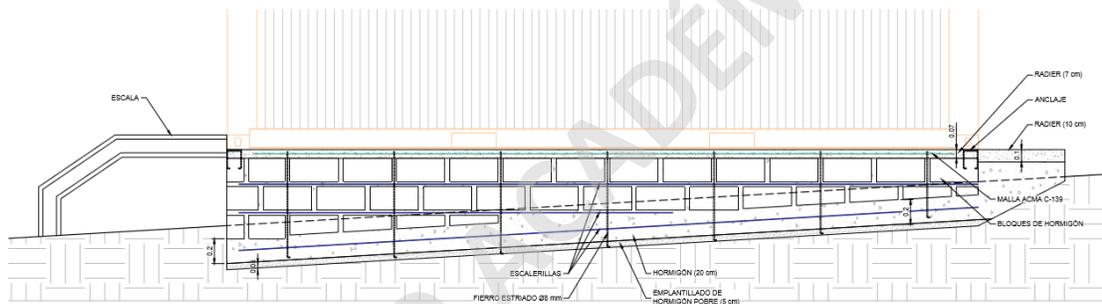
Fuente: Planos Proyecto de un Parque Solar

En todo parque solar tiene que haber infraestructura necesaria para recibir y gestionar toda la energía que captan los paneles en forma de radiación y inyectarla al sistema de redes de transmisión local.

Este proceso se puede efectuar en un container o cabina compacta, donde la salida del inversor se produce en baja tensión para después conectarse a un transformador, que reconecta con los containers de inversores repartidos en la planta solar, que están dispersas de acuerdo con los grupos de paneles, los cuales convergen en un punto de conexión con la subestación eléctrica para evacuar la energía a la red.

El container debe estar anclado al piso por medio de un radier el cual permite que este no sufra ningún movimiento o desplazamientos por fuerzas externas, como por ejemplo terremotos.

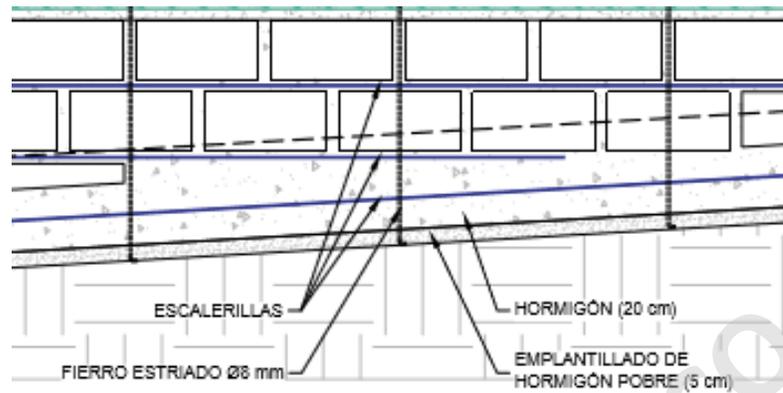
Figura N°26 “Radier tipo de container”



Fuente: Planos de un Proyecto de un Parque Solar

Si se efectúa un zoom se aprecia en que la figura existe un radier que lleva un emplantillado de hormigón pobre, Hormigón normal, Fierro estriado de fi de 8 mm y unas escalerillas.

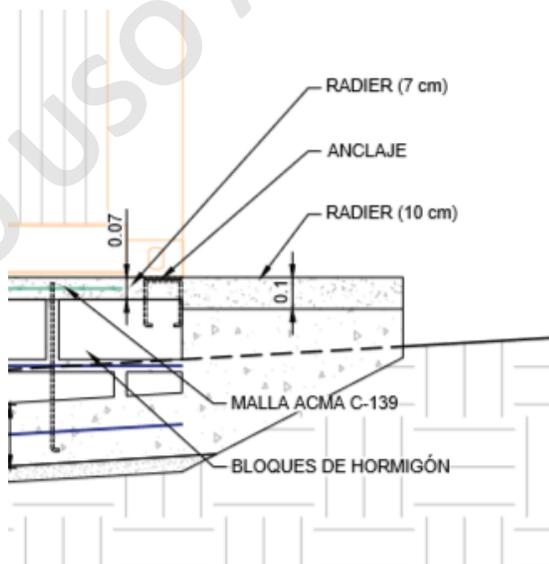
Figura N°27: Detalle de componentes de un radier tipo



Fuente: Planos de un Parque Solar

Por otro lado, de tiene un acercamiento del anclaje en el cual se tiene una malla acma, el boque de hormigón que funciona como fundación, y el anclaje respectivo para el container.

Figura N°28 Detalle de anclaje tipo de sala eléctrica



Fuente: Planos de un Parque Solar

Este es un modelo tipo de container utilizado para instalaciones eléctricas en un parque solar.

Figura N°29 Modelo tipo de consteneirs utilizados como infraestructura de monitoreo de un parque Solar



Fuente: Planos de un Parque Solar Tipo

Construcción de las partes y obras de una CCSP Se deben describir las principales acciones de construcción y habilitación de partes y obras o correspondientes métodos de construcción, instalación o montaje, según se presenta a continuación:

- Instalaciones para el almacenamiento de agua de proceso y limpieza.
- Subestaciones eléctricas.
- Líneas o tendidos eléctricos.
- Edificios o salas de operación y control.
- Método de construcción de las fundaciones del campo solar.
- Método de instalación o montaje de las estructuras de soporte de los componentes según espejo a utilizar.
- Método de instalación o montaje del receptor solar.
- Instalaciones para el manejo de aguas servidas.
- Edificaciones de servicio y administración.
- Instalaciones para la provisión y almacenamiento de agua industrial.
- Instalaciones con los equipos de puesta en marcha.
- Nave de montaje.
- Instalaciones para el almacenamiento térmico.
- Instalaciones para el manejo y tratamiento de aguas de proceso.
- Instalaciones para la disposición de aguas residuales en balsas de evaporación.
- Otras partes y obras, según corresponda.

- Cableado General

El cableado es una parte fundamental del sistema constructivo de un parque solar, por lo que se deben seguir varias recomendaciones

Todos los marcos de los módulos y las estructuras de montaje deben ir a tierra y tienen que cumplir con las regulaciones regionales y nacionales de electricidad. En el caso de Chile la normativa que rige esto es la norma eléctrica NCh. 4/2003 para instalaciones de baja tensión.

Es importante que la aislación de los cables sea apta para instalaciones a la intemperie o que no queden expuestos a la radiación en forma directa. Además, las líneas se deben tender de forma ordenada, para permitir que circulen fácilmente al momento de realizar las mantenciones.

Para realizar las conexiones, hay que utilizar los terminales adecuados para cada equipo, lo que permitirá que circulen fácilmente al realizar mantenciones.

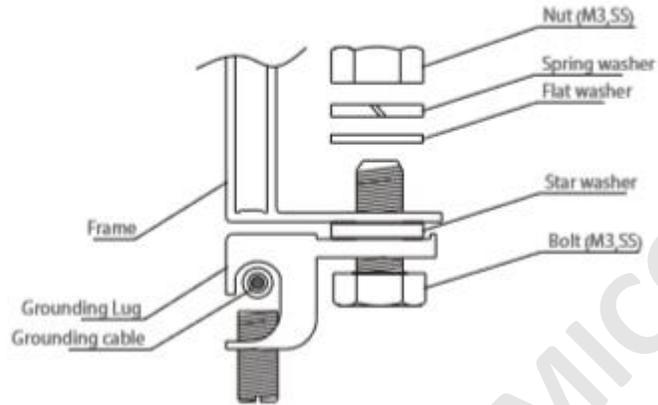
La puesta a tierra pasa a ser una parte fundamental del sistema de instalación de un panel solar fotovoltaico. Esta tiene 2 funciones primordiales, en primer lugar, la protección de los mismos usuarios del sistema, ya que previene las descargas atmosféricas o de cortocircuitos y además deriva las corrientes generadas a tierra evitando que se generen tensiones peligrosas. El segundo objetivo es proteger los propios equipos, ya que como deriva estas tensiones, evita que los paneles se sobrecarguen.

La puesta a tierra debe conectarse a través de un conductor en este caso un electrodo de puesta a tierra, el cual puede estar empotrado en tierra u hormigón dependiendo del caso. Se recomienda utilizar zapatas para conectar los cables de puesta a tierra. Pero si solo se conecta mecánicamente a un módulo con conexión a tierra sin pernos y tuercas, el sistema de montaje también tiene que conectarse a tierra.

Conexión a tierra por medio zapatas.

Primero, se debe pelar el cable de puesta a tierra a una longitud apropiada sin dañar el núcleo metálico. A continuación, se inserta en este cable en la zapata y se aprieta con un tornillo. Se conecta la zapata al bastidor de aluminio con pernos de acero inoxidable y componentes de conexión. El par de apriete recomendado para pernos M3 es de 2,3 N*m. (GCL, 2016)

Figura N°20 Conexión a tierra por medio de zapatas

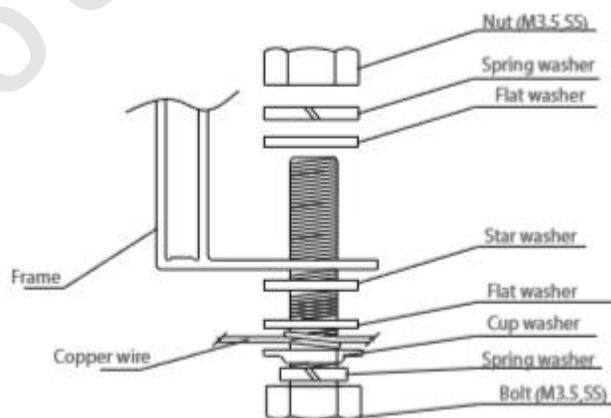


Fuente: Manual Solar Fotovoltaico GSL

Puesta a tierra por cable

Los pernos de puesta a tierra deben ser de acero inoxidable y utilizarse en los orificios de puesta a tierra especificados. Primero, haga pasar el perno de acero inoxidable M3.5 a través de la golilla elástica, golilla plana, la golilla de la taza (conductor de cobre con un diámetro de 2,1mm) y la golilla estelar, y luego insertarlo a través del orificio que va a la puesta a tierra, la golilla plana y la elástica en el marco. Para finalizar se aprieta la tuerca M 3.5. (GCL, 2016)

Figura N°25 “Puesta a tierra por cable”



Fuente: Manual Solar Fotovoltaico GSL

Construcción de las subestaciones eléctricas

Se deben describir las acciones como construcción y habilitación en caso de conectarse a una subestación eléctrica existente, entre otras. (SEA, 2017)

Construcción de las líneas o tendidos eléctricos

Se debe describir el método de instalación o construcción de las LTE, distinguiendo según se trate de una LTE aérea o subterránea. Dado lo anterior, describir lo siguiente:

- Construcción y habilitación de las LTE.
- En caso de LTE subterráneas:
- Construcción de las canalizaciones.
- Descripción de los materiales para la aislación y protección eléctrica. (SEA, 2017).

Puesta en marcha de la central solar

Durante la fase de construcción y previo a la operación de la central se requiere la realización de ciertas actividades para verificar el óptimo funcionamiento de equipos y adecuación de instalaciones. En este contexto, informar lo siguiente:

- Actividades que compondrán la puesta en marcha.
- Tiempo de la puesta en marcha (días, meses). (SEA, 2017)

Para finalizar se realiza un caso estudio sobre un proyecto solar en viviendas, estudiando los tiempos de cada partida para y realizar un análisis PERT el cual entregará cual es la ruta crítica para seguir en un proyecto de energía solar fotovoltaica en viviendas y por consecuente, donde hay que tener más cuidado.

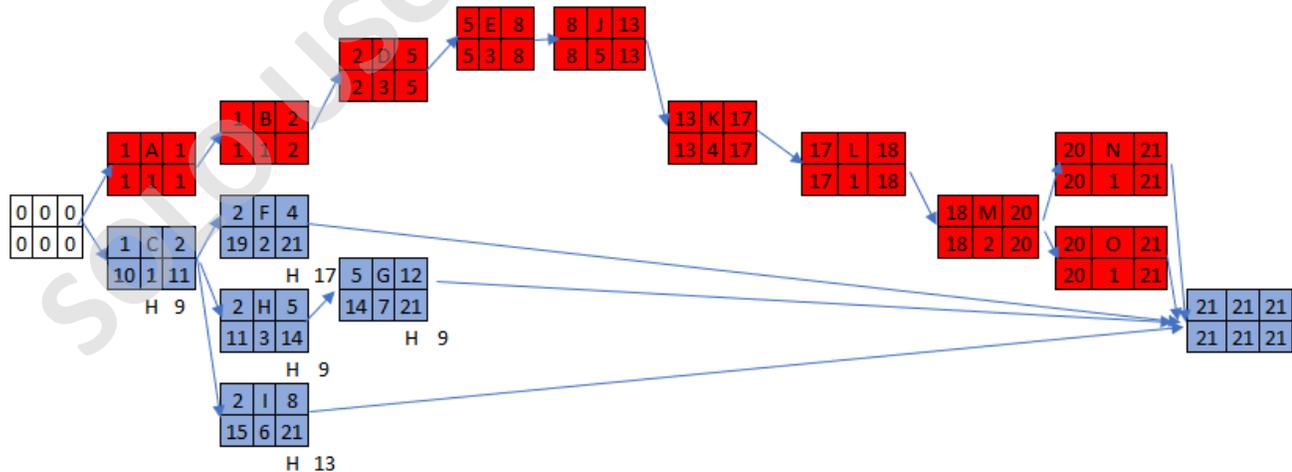
Analizando la ruta crítica de la figura que se ve a continuación es posible notar que las partidas más complicadas, parte por la entrega de terreno, siguiendo por la partida de movilización, RRHH, Materiales y Maquinaria, para después continuar por el ítem de suministro y acopio de insumos en la obra. Seguido de esto la partida critica es la de preparación de obra y limpieza luego la instalación de corrientes continuas y corriente alterna para seguir con el corte de luz para conectar con el panel fotovoltaico, después viene la marcha en instalación en paralelo con la recepción fotovoltaica, hasta que finaliza el proyecto.

Tabla N°7 Implementación de una Planta Solar Fotovoltaica

Implementación Planta Solar Fotovoltaica			
0	Actividades		
A	Entrega de Terreno	1	-
B	Movilizaion, RRHH, Materiales y Maquinaria	1	A
C	Instalación de lina de vida provisoria	1	-
D	Suministro y acopio de insumos en obra	3	B
E	Preparación de Obra Limpieza	3	D
F	Replanteo de sistema de montaje	2	C
G	Implementación de Sistema de Montaje	7	H
H	Instalación Piso Técnico del Proyecto	3	C
I	Instalación de Paneles he inversores	6	C
J	Instalación de Partidas Eléctricas CC	5	E
K	Instalación de Partidas Eléctricas CA	4	J
L	Corte para Conectar planta FV	1	K
M	Puesta en Marcha Instalción	2	L
N	Chequeo Instalación	1	M
O	Recepción Fotovoltaica	1	M
P	Fin del Proyecto	1	F-I-G-N-O

Fuente: Proyecto de Instalación de Paneles Solares en Viviendas

Figura N°30 Análisis Pert



Fuente: Elaboración Propia

Capítulo 5: Conclusiones

Después de analizar, estudiar y comprender que existe un problema grave hoy en día en el mundo, el calentamiento global es un hecho, y el que no quiera reconocerlo tiene problemas. La crisis medioambiental que existe a nivel mundial es innegable, y como se vio en este documento estamos agotando el recurso natural mucho más rápido de lo que lo renovamos. Pensando en las futuras generaciones la sostenibilidad es un concepto clave, hay que educar, hay que actuar y no solo ser espectadores del mundo que nos rodea. Si, existe hoy en día más conciencia a nivel mundial, pero no es suficiente hay que dar más, hay que ser parte activa del cambio, partiendo por la casa, reciclando, tratando de utilizar más la bicicleta o transporte público, generando conciencia con los demás.

Cada aporte y grano de arena suma, en el rubro de la construcción hay varias cosas que se pueden hacer para contribuir con el medio ambiente, es un hecho que esta industria genera mucha contaminación, sí es inevitable pero aun así se pueden disminuir, por ejemplo, reciclando el material, bajando el nivel de escombros que se producen en la construcción.

Como proyectistas se puede contribuir por ejemplo haciendo edificios con sistemas de recuperación de aguas grises, o poner paneles solares para la generación de energía.

Siguiendo con el rubro de la construcción, es posible dedicarse a la construcción de plantas de ERNC, todo este tipo de infraestructura necesita profesionales competentes para la materialización de estos proyectos. Chile tiene un potencial increíble para la producción de energía solar y no es ningún secreto que existen múltiples proyectos de este tipo de energía pensados a futuro.

Ahora bien, siempre saliéndose un poco del tema ambiental Chile podría llegar a ser exportador de energía solar, existen ciertas brechas y puntos que tocar que si solucionan o se esclarecen sería bastante viable, por ejemplo, se requiere abrir las fronteras y las puertas con Bolivia y Perú es clave estar conectados con los países vecinos para que ocurra este intercambio económico. La factibilidad está ahí, solo se requieren hacer las políticas suficientes para que esto suceda, además, hay que ver si las materias primas requeridas para la construcción de parques solares se seguirán importando del extranjero, principalmente desde China (las más económicas.) O si se invertirá en tecnología para producir paneles solares propios en el país.

Por lo tanto, el constructor civil no es ajeno a lo que ERNC se refiere. Tiene un papel importante y así también muestra una contribución a la descontaminación del medioambiente, pensando económicamente Chile es un país a tener en cuenta en lo que es la inversión y lo que la tasa de retorno se refiere.

En esta universidad sí se toma conciencia, el perfil del constructor civil tiene como uno de sus objetivos formar profesionales que tengan ética y profesionalismo, la malla cuenta con ramos como Diseño Bioclimático y Construcción Autosustentable o Responsabilidad Social Empresarial, así como también ramos electivos como Sustentabilidad y Medioambiente. Esto demuestra que sí existe la idea de generar conciencia en los estudiantes, y esto se puede plasmar después en los aspectos laborales.

SOLO USO ACADÉMICO

Bibliografía

- (EREN), E. R. (2004). *Manual de Energía Solar Fotovoltaica*. España.
- Aberasturi, A. M. (19 de Octubre de 2005). *Fabricación de módulos Soleras Fotovoltaicos*. Sabadell, España.
- Agenda Pais. (20 de Septiembre de 2017). *El Mostrador*. Obtenido de <https://www.elmostrador.cl/agenda-pais/2017/09/20/6-pasos-para-instalar-paneles-solares-y-cuales-son-sus-beneficios/>
- Aguado, C. (18 de Julio de 2017). *OKdiario*. Recuperado el 15 de Julio de 2018, de <https://okdiario.com/curiosidades/2017/07/18/accidente-nuclear-chernobyl-1119171>
- Aller, M. G. (06 de Febrero de 2017). *El independiente*. Recuperado el 10 de Mayo de 2018, de <https://www.elindependiente.com/economia/2017/02/04/el-mundo-sin-petroleo-se-acerca-y-no-sera-el-apocalipsis/>
- Alvarez, R. (02 de Abril de 2018). *xataka*. Recuperado el 07 de Septiembre de 2018, de <https://www.xataka.com/energia/200gw-de-capacidad-la-planta-solar-mas-grande-del-mundo-le-costara-200-000-millones-de-dolares-a-arabia-saudita-y-softbank>
- Andrea. (11 de Marzo de 2011). *Blogspot*. Obtenido de <http://energiasolarandrea.blogspot.com/2011/03/la-energia-solar.html>
- Araya, Á. (03 de Abril de 2018). *Biwil*. Recuperado el Octubre de 2018, de <https://biwil.com/destacados/alemania-solo-usara-energias-renovables/>
- Arias, I. G. (s.f.). *Mercados ERNC en Chile*. Recuperado el 18 de Julio de 2018, de http://hrudnick.sitios.ing.uc.cl/alumno14/mercados/lectura/ERNC_Chile
- barrero, A. (2009). *Energía Geotérmica y del Mar*. En Barrero, *Energía Geotérmica y del Mar*.
- Biomass. (2002). *Manuales Sobre Energías Renovables*. San José, Costa Rica.
- Bley, A. S. (2001). *Planificación y Control de Proyectos*. Santiago: Editorial UC.
- Chilena, Minería. (11 de Julio de 2016). *Minería Chilena*. Recuperado el 23 de Abril de 2018, de <http://www.mch.cl/reportajes/la-ecuacion-de-las-ernc/>
- Clima, A. (27 de Marzo de 2017). *Akra Clima*. Obtenido de <http://www.akraclima.com/2018/04/03/ahorrar-con-estufas-calderas-biomasa/esquema-biomasa/>
- Construcción, C. d.-C. (2013). *Diseño y Dimensionamiento de Sistemas Solares Fotovoltaicos conectados a la red*. Santiago: Edición periodística.
- Council, W. E. (2016). *World Energy Resources 2016*. Recuperado el Octubre de 2018

- Council, W. E. (2017). *World Energy Council*. Recuperado el Junio, Septiembre, Octubre de 2018, de <https://www.worldenergy.org/data/resources/>
- El Mostrador. (17 de Enero de 2018). *El mostrador*. Recuperado el 12 de Octubre de 2018, de <https://www.elmostrador.cl/mercados/2018/01/17/inversion-en-energias-limpias-en-chile-entra-en-la-lista-de-los-top-10-y-china-vuelve-a-liderar-el-ranking-global/>
- Electrica, D. d. (06 de Mayo de 2016). *Ecodie*. Recuperado el 22 de Octubre de 2018, de <https://www.ecodie.cl/en-chile-2-de-las-plantas-de-energia-solar-mas-grandes-del-mundo/>
- Electricidad. (21 de Noviembre de 2017). *Electricidad la revista energetica de Chile*. Recuperado el 02 de Noviembre de 2018, de <http://www.revistaei.cl/2017/11/21/interconexion-sic-sing-partio-sus-operaciones-dando-vida-al-sistema-electrico-nacional/>
- Energia Abierta*. (s.f.). Recuperado el 12 de Septiembre de 2018, de <http://datos.energiaabierta.cl/dataviews/236039/ultimos-proyectos-de-generacion-electrica-en-etapa-de-construccion/>
- Energía, C. N. (2017). *Anuario Estadístico de Energía*. Santiago.
- Energía, C. N. (2018). *Reporte mensual ERNC CNE Volumen Número 25 Septiembre*. Santiago .
- Espinoza, C. (09 de Agosto de 2017). *La tercera*. Recuperado el 14 de Abril de 2018, de <https://www.latercera.com/noticia/energia-solar-chile/>
- GCL. (2016). *Global Installation Manual for GCL System Integration Technology Photovoltaic Module*. Jiangsu, China.
- Geofísica, D. d. (2014). *Energía Mareomotriz*. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias y Matemáticas. Santiago: Ministerio de Energía. Recuperado el 17 de Julio de 2018
- Henze, V. (16 de Enero de 2018). *Bloomberg New Energy Finance*. Recuperado el 08 de Septiembre de 2018, de <https://about.bnef.com/blog/runaway-53gw-solar-boom-in-china-pushed-global-clean-energy-investment-ahead-in-2017/>
- Herrera, M. (23 de Enero de 2018). *CodexVerde*. Recuperado el 25 de Mayo de 2018, de <http://codexverde.cl/sistema-net-billing-nuevo-panorama-chile/>
- hidroyesen*. (2014). Obtenido de <https://www.hidroaysen.cl/>
- IEnergia*. (07 de Agosto de 2018). Obtenido de <http://www.ienergia.cl/producto/santuario-351-mwp>
- Intergovernmental Panel Climate Change. (s.f.). *IPCC*. Obtenido de http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/syr/en/annexessglossary-e-i.html
- ISO 14644, P. 2. (s.f.). *Wikipedia*. Recuperado el Junio de 2018, de https://es.wikipedia.org/wiki/Huella_de_carbono

- Jofra, M. P. (2008). *Energías Renovables Para Todos: Solar Termica*. Valladolid, España: Haya Comunicacion.
- Ley General de Urbanismo y Construcciones. (18 de Diciembre de 1975). Santiago, Chile.
- Life, Worl Wild. (31 de Julio de 2018). *Worl Wild Life*. Recuperado el 12 de Septiembre de 2018, de <https://www.worldwildlife.org/blogs/descubre-wwf/posts/dia-del-sobregiro-de-la-tierra>
- Marcelo Alonso, E. J. (2000). *Física*. (H. F. Samaniego, Trad.) Naucalpan de Juárez, México, Argentina, Brasil, Colombia, Costa Rica, Chile, España, Guatemala, Perú, Puerto Rico, Venezuela: Pearson Educación. Recuperado el 2018
- Marta García, D. P. (04 de Febrero de 2017). *El independiente*. Obtenido de <https://www.elindependiente.com/economia/2017/02/04/el-mundo-sin-petroleo-se-acerca-y-no-sera-el-apocalipsis/>
- Mendez, M. A. (13 de Febrero de 2014). *Gizmodo*. Recuperado el 23 de Septiembre de 2018, de <https://es.gizmodo.com/la-planta-solar-mas-grande-del-mundo-entra-hoy-en-pleno-1522101020>
- Minero, R. (17 de Enero de 2017). *Reporte Minero*. Recuperado el 02 de Octubre de 2018, de <https://www.reporteminero.cl/noticia/noticias/2018/01/chile-se-situa-entre-los-10-paises-que-mas-aumentaron-su-inversion-en-ernc-durante-2017>
- Minvu. (2018). *Itemizado Técnico Para Proyectos de Sistemas Solares Fotovoltaicos*.
- Oceano, B. t. (11 de Mayo de 2016). *Blog Tecno Oceano*. Recuperado el Agosto de 2018, de <https://blog.tecnoceano.com/energia-mareomotriz/>
- Onu. (s.f.). Recuperado el 05 de Mayo de 2018, de <http://www.onu.cl/es/sample-page/odm-en-chile/>
- Ortega, M. (1988). *Lecciones de Física*.
- Palma, D. R. (s.f.). ¿ Podrá Chile convertirse en exportador mundial de energía solar? (Nicolás, Entrevistador)
- RAE. (2014). *Diccionario de la Lengua Española*. Recuperado el Junio de 2018
- redacción Internet, C. -S. (09 de Octubre de 2018). *Canal 1*. Recuperado el 27 de Octubre de 2018, de <https://canal1.com.co/noticias/12-anos-tiene-la-humanidad-para-tomar-acciones-y-evitar-drastico-cambio-climatico/>
- Reiboras, M. D. (2006). *Química La Ciencia Básica*. Paraninfo. Recuperado el Junio de 2018
- Revista de Energia. (10 de Agosto de 2012). *Revista de Energia*. Recuperado el 14 de Mayo de 2018, de <https://www.revistaenergia.com/?p=1135>

- Reyes, J. N. (14 de Octubre de 2015). *Applaus*. Recuperado el 19 de Octubre de 2018, de <https://applaus.com/copiapo-solar-la-gigantesca-planta-de-energia-solar-que-se-construira-en-el-norte-de-chile/>
- Salvi, G. (s.f.). *La Combustión, Teoría y Aplicaciones*. Dossat S.A.
- SEA. (2017). *Guía para la Descripción de proyectos de centrales solares de generación de energía eléctrica en el SEIA*. (S. d. Ambiental, Ed.)
- Sun Fields. (s.f.). *SunFields*. Recuperado el 13 de Octubre de 2018, de <https://www.sfe-solar.com/paneles-solares/efecto-degradacion-pid/>
- Tapson, F. (2004). *A Dictionary of Units*.
- Tercera, L. (01 de Octubre de 2012). *Electricidad, la revista energética de Chile*. Recuperado el 05 de Junio de 2018, de <http://www.revistaei.cl/2012/10/01/chile-posee-la-mayor-radiacion-solar-del-planeta/#>
- Varios. (s.f.). *Wikipedia*. Recuperado el 04 de Junio de 2018, de https://es.wikipedia.org/wiki/Cambio_clim%C3%A1tico
- Varios. (s.f.). *Wikipedia*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Efecto_invernadero#cite_note-ipcc-AR4WG1-2
- Wikipedia*. (s.f.). Recuperado el 14 de 06 de 2018, de [https://en.wikipedia.org/wiki/Nominal_power_\(photovoltaic\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Nominal_power_(photovoltaic))
- Wikipedia*. (2011). Recuperado el 28 de Octubre de 2018, de <https://es.wikipedia.org/wiki/Vatio#Megavatio>
- Willige, A. (s.f.). *World Economic Forum*. Recuperado el 04 de Julio de 2018, de <https://es.weforum.org/agenda/2017/04/que-paises-estan-logrando-los-objetivos-de-desarrollo-sostenible-de-la-onu-con-mas-rapidez/>
- Zandvliet, H. (Enero de 2011). El pico del petróleo y el destino de la humanidad: No existen soluciones técnicas rápidas y las consecuencias pueden ser graves. New York, Estados Unidos.

ANEXO

Glosario de términos

\$	Pesos Chilenos
ATD	Área típica de distribución
bbl	Barril
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
Btu	British thermal Unit
CDAT	Costo de distribución de Alta Tensión
CDBT	Costo de distribución de Baja Tensión
CEC	Cooperativa Eléctrica Curicó
CEO	Chief Executive Officer
CGED	Compañía Eléctrica de Generación por Distribución.
CNE	Comisión Nacional de Energía
cUSD	Centavos de Dólar
EEC	Empresas Eléctricas de Chile
EEPA	Empresa Eléctrica de Puente Alto
ERNC	Energía Renovable No Convencional
GNL	Gas Natural licuado
GWh	Giga Watt hora
hm ³	Hectómetros Cúbicos
IPAI	Índice de precio de Aluminio
IPC	Índice de Precios al Consumidor
IPCu	Índice de Precio del Cobre
IPP	Índice de Precios al Productor de Industrias
kg	kilogramo
kV	kilo-volt
kW	kilowatt-hora
kWh	kilowatt-hora
LGSE	Ley General de Servicios Eléctricos
M	Miles
m.s.n.m.	Metros Sobre el Nivel del Mar
MM	Millones
mm	milímetros
MVA	Mega Volt Ampere
MW	Mega Watt
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
Pe	Precio Equivalente Energía
PMM	Precio Medio de Mercado
PMON	Precio Monómico
PNE	Precio Nudo de Energía
PNP	Precio Nudo de Potencia

Pp Precio Equivalente Potencia
PPI Producer Price Index
RCA Resolución de Calificación Ambiental
S/E Subestación
SIC Sistema Interconectado Central
SING Sistema Interconectado Norte Grande
SSMM Sistemas Medianos
TCAC Tasa de Crecimiento Anual Compuesto
Ton Toneladas
USD Dólar Observado
VAD Valor Agregado de Distribución
PID Degradación por potencial inducido
Mtoe

SOLO USO ACADÉMICO