



UNIVERSIDAD
MAYOR

para espíritus emprendedores

Facultad de Ciencias

**CONSTRUCCIÓN
CIVIL**

FACULTAD DE ARQUITECTURA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN
ESCUELA DE CONSTRUCCIÓN CIVIL

OFICINA CENTRAL AUTOSUSTENTABLE PARA FAENA MINERA

Proyecto de Título para optar al Título de Constructor Civil

Estudiante:

Eduardo Enrique Tobar Montecinos.

Profesor guía:

Mg. Rodrigo Ternero Saavedra

Diciembre 2018
Santiago, Chile

DEDICATORIA

A mi compañera.

Esta memoria va con especial dedicatoria a Javiera Ignacia Arriagada Mujica, pilar fundamental en mi desarrollo tanto personal como laboral en esta larga y complicada etapa, por el apoyo constante e incondicional que me ha brindado en los momentos más difíciles, cuando aparecieron esas ganas de rendirse, siempre estuvo ahí, dando una palabra de aliento y buscando esa motivación de seguir que a ratos es difícil de encontrar. Gracias por estar siempre ahí, y este es sólo el comienzo.

A mi madre.

Gabriela del Rosario Montecinos Farias, por el apoyo incondicional durante mis cinco años de carrera. Recuerdo cuando en primer año la llamé y le dije que me quería salir de carrera porque no me sentía capaz, a lo que ella respondió, “miremos hacia adelante, que lo de atrás está hecho, vamos con todo el próximo semestre porque esto es lo que amas”. Y aquí estoy, entregando mi memoria de título para finalizar este gran proceso que recuerdo con mucho cariño. Mamá siempre tuviste fe en mí, y me siento orgulloso de nunca haberte decepcionado.

AGRADECIMIENTOS

El presente documento no hubiese sido posible sin la ayuda de personas que aportaron tanto emocional como técnicamente, es por eso que agradezco profundamente:

A mi familia, a todos y cada uno por siempre estar ahí cuando los necesité.

A don Rodrigo Ternero Saavedra, sin su compromiso y constante exigencia nada de esto hubiese sido posible, quiero agradecerle por su profesionalismo y excelente calidad como docente.

A don Gonzalo Olivas Rojas por haber confiado en mis capacidades y brindado su apoyo constantemente en este proceso de memoria de título.

A Karina Hernández San Martín, persona muy importante durante mis cinco años de carrera, por su preocupación y apoyo en momentos difíciles, como siempre se lo dije, mi mamá de la universidad. Siempre la recordaré con mucho cariño.

Finalmente, a mi mejor Amigo, Fernando Andrés Pino Tobar, el cual constantemente insistió que retomara este proceso de memoria, siempre pensando en mi bien y que lograra cumplir lo que siempre quise. Gracias por todas esas charlas motivacionales que en ocasiones son muy necesarias.

GRACIAS A TODOS

RESUMEN

Como todo lo que tiene relación con la construcción, la minería, y más en específico las instalaciones de faena mineras han evolucionado de forma sustancial en las últimas décadas, pasando de ser inmuebles pequeños, incómodos y en ocasiones inseguros a imponentes estructuras que otorgan comodidad y confort al usuario. Contando con tecnología de punta, la cual se traduce en un mejor desempeño del trabajador.

Hoy en día los campamentos mineros no son sólo cómodos y seguros, sino que se adaptan a la perfección a la zona geográfica en la cual se emplazan, esto gracias a la tecnología que día a día va ofreciendo nuevas soluciones a las distintas problemáticas que el terreno presenta. Para esto se debe lograr un equilibrio entre la arquitectura, la eficiencia energética y las condiciones climáticas a las cuales estará expuesta la estructura, donde el principal objetivo es lograr que las condiciones muchas veces inhóspitas del entorno no impidan o imposibiliten las labores diarias en la mina y su vez el trabajador se sienta cómodo en su pasantía.

Debido a estos requerimientos es por lo que han surgido una serie de sistemas constructivos que cumplen a la perfección con las necesidades de cada futuro campamento, y van desde carpas hasta construcciones modulares prefabricadas, donde a partir de éstos se puede construir baños, oficinas, salas de recreo, comedores, todo esto con un alto nivel de calidad. Además de ser cómodos estos están hechos con los materiales óptimos, que mantienen las temperaturas internas de muy buena forma y son capaces de resistir climas muy adversos, sin mencionar que se puede obtener un sin número de dimensiones y formas.

Utilizando sistemas modernos de construcción y arquitectura sustentable, en esta memoria de título se busca crear un módulo tipo, el cual puede ser utilizado como oficina de faena y funcionará con un sistema fotovoltaico mixto, de esta forma se reducirá el consumo energético directo de la red y a su vez reducir costos de producción.

ABSTRACT

Everything that has a relationship with construction, mining and specifically mine sites had evolved rapidly in the last decades. They have evolved from small uncomfortable and sometimes unsafe places to imposing infrastructures which give comfort to the user. They are provided with the highest technology which leads into a better performance of the employee. Nowadays mine sites are just not comfortable and safe but also they adapt perfectly to the geographical conditions where they are located. This improvement is due to the technology which brings new solutions to the different difficulties that the land presents. In order to achieve a balance between architecture,

energy efficiency and climate conditions to which the structure is going to be exposed, where the main goal is to make that the conditions, which most of the times are inhospitable, do not affect the daily routine of the mine and at the same time to make the employee comfortable. Due to these requirements is that a series of constructive systems have appeared. This has adapted perfectly to the needs of every future mine site and it goes from carps to premade modular constructions where we can build bathrooms, offices, recreation rooms and dorms, all of it at the highest quality. Besides being comfortable they are made with the best materials, which can keep the internal temperatures and be able to resist adverse weather conditions, and they can be made in an infinite number of forms and shapes. Using modern systems of building and architecture. During this research we achieve to create a standard module, which can be used as an office and it will work as a mixed photovoltaic system so it will decrease the energy consumption that goes straight to the network and it will reduce production costs.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
RESUMEN.....	iii
ABSTRACT	iv
INDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO 2: CONSTRUCCIÓN MODULAR	1
2.1 Sistemas Constructivos:	1
2.2 Construcción Modular	2
2.3 Evolución de la Construcción Modular	4
2.4 Construcción Modular en Chile.....	13
2.5 Proceso Construcción y Puesta en Obra.....	14
2.6 Construcción con Contenedores Marítimos	17
2.7 Módulos para Minería	20
2.7.1 Sistema RBS	20
2.7.2 Módulo de Metal Galvanizado	21
2.7.3 Módulo Flat Pack.....	22
2.8 Revestimientos	22
2.9 Aislamiento	22
2.9.1 Poliestireno Expandido	23
2.9.2 Poliestireno Extruido	24
2.9.3 Espuma de Poliuretano	25
2.9.4 Lanas	26
2.10 Panel Sandwich	29
2.11 Sistema de Ensamble.....	30
2.11.1 Sistema TwistLock	30
2.12 Fundaciones.....	31
2.13 Ventajas de la Construcción Modular	33

2.14 Posibles Desventajas de la Construcción Modular.....	35
CAPITULO 3: ENERGÍA	36
3.1 Clasificación de la Energía.....	36
3.2 Consumo Energético en Chile.....	38
3.3 Energía Renovable no Convencional (ERNC).....	39
3.4 ¿Por qué las energías renovables tienen un sentido tan importante en la minería chilena?.....	42
3.5 ERNC y Políticas Aplicadas.....	43
3.4.1 Ley N° 20.257.....	43
3.4.2 Ley N° 20.698.....	44
3.6 Ventajas Energías Renovables No Convencionales.....	45
3.7 Aspectos Negativos que se Puede Encontrar al Utilizar ERNC:.....	46
3.8 Energía Solar.....	47
3.9 Conceptos Clave Para Comprender la Energía Solar.....	47
3.9.1 Espectro Electromagnético.....	48
3.9.2 Radiación Global.....	49
3.9.3 Irradiancia Solar.....	51
3.9.4 Irradiación Solar.....	52
3.9.5 Rendimiento Específico.....	53
3.9.6 Carta Solar.....	53
3.9.7 Inclinación y Orientación.....	56
3.9.8 Tecnología Fotovoltaica.....	56
3.9.9 Efecto Fotovoltaico.....	57
CAPITULO 4: PRINCIPIOS ELÉCTRICOS.....	59
4.1 La Electricidad.....	59
4.2 Circuito Eléctrico.....	60
4.2.1 Circuito en Serie.....	61
4.2.2 Circuito Paralelo.....	62
CAPITULO 5: ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	63
5.1 Panel.....	64
5.1.1 Cristalinas.....	66

5.1.2 Ventajas de los Paneles Solares Monocristalinos:	66
5.1.3 Desventajas de los Paneles Monocristalinos:	67
5.1.4 Ventajas de los Paneles Policristalinos.....	68
5.1.5 Inconvenientes de los Paneles Policristalinos.....	68
5.1.6 De Capa Fina	68
5.1.7 Ventajas de los Paneles Fotovoltaicos de Capa Fina:.....	69
5.1.8 Desventajas de los Paneles de Capa Fina:	69
5.2 Regulador de Carga	70
5.3 Batería	71
5.4 Inversor.....	72
5.4.1 Inversores Off Grid	73
5.4.2 Inversores On Grid.....	73
5.5 Conexión a la Red	73
CAPITULO 6: ESTUDIO CASO, OFICINA CENTRAL AUTOSUSTENTABLE PARA FAENA MINERA.....	75
6.1 Objetivo Específico	75
6.2 Objetivos Generales	75
CAPITULO 7: OFICINA CENTRAL AUTOSUSTENTABLE PARA FAENA MINERA.....	76
7.1 Zona a la Cual se Enfoca el Proyecto.....	76
7.2 Presentación de Módulo	76
7.3 EETT	78
7.3.1 Muros	78
7.3.2 Cubierta.....	78
7.3.3 Cielo Falso	79
7.3.4 Piso.....	79
7.3.5 Ventanas.....	79
7.3.6 Puerta.....	79
7.3.7 Fundaciones	80
7.4 Dimensionamiento Instalación Fotovoltaica	81
7.4.1 Disponibilidad de Datos de Radiación.....	81
7.4.2 Energía Estimada a Generar	82

7.4.3 Panel Fotovoltaico	83
7.4.4 Inversor	84
7.4.5 Regulador de Carga	84
7.4.6 Banco de Baterías	85
7.4.7 Equipos de Iluminación	86
7.4.8 Dimensionamiento Conductores DC	86
7.4.9 Dimensionamiento Conductores AC	87
7.4.10 Coordinación y Selectividad de Protecciones.....	88
7.5 Proyecto Como Conjunto Modular	89
CONCLUSIÓN.....	94
BIBLIOGRAFÍA	96

SOLO USO ACADÉMICO

INDICE DE TABLAS

Tabla 7. 1.....82
Tabla 7. 2.....83
Tabla 7. 3.....85

SOLO USO ACADÉMICO

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1 Esquema de construcción modular	3
Figura 2. 2 Armado oficina pre Fabricada	4
Figura 2. 3 Esquema de sistema Maison Dom-ino	5
Figura 2. 4 Afiche publicitario House-on-wheels	5
Figura 2. 5 Fotografía de la Dymaxion House	6
Figura 2. 6 Bosquejo de la Eames House de Ray y Charles Eames.....	8
Figura 2. 7 Fotografía 1948 ensamble de AIROH Houses	8
Figura 2. 8 Fotografía sistema Metropol house de Jean Prouvé	9
Figura 2. 9 Fotografía Sistema Arquitectónico Moshe Safdie	10
Figura 2. 10 Esquema Zip-up House	11
Figura 2. 11 Fotografía Manufactured Home	12
Figura 2. 12 Proyecto de Paul Rudolph, casa modular	13
Figura 2. 13 Diseño de acuerdo a necesidad.	15
Figura 2. 14 Esquema de armado de oficina modular.....	15
Figura 2. 15 Transporte módulos armados.....	16
Figura 2. 16 Transporte módulos desarmados	16
Figura 2. 17 Montaje de Campamento minero	17
Figura 2. 18 Campamento listo para su funcionamiento.....	17
Figura 2. 19 Principales tipos de contenedores	19
Figura 2. 20 Campamento modular RVS	20
Figura 2. 21 Esquema paneles RBS sistema Machi-hembrado.....	21
Figura 2. 22 Proceso de armado de módulo de acero Galvanizado	21
Figura 2. 23 Esquema de instalación modulo Flat Pack	22
Figura 2. 24 Formula transmitancia térmica	23
Figura 2. 25 Esquema resumen transmitancia térmica.....	23
Figura 2. 26 Planchas de Poliestireno Expandido (EPS)	24
Figura 2. 27 Planchas de poliestireno Extruido (XPS)	25
Figura 2. 28 Corte panel sandwich con nucleo de Espuma de Poliuretano.	26
Figura 2. 29 Lanás minerales	27
Figura 2. 30 Aislamiento térmico.....	28
Figura 2. 31 Cuadro resumen de principales materiales utilizados como aislante.....	29
Figura 2. 32 Panel Sandwich.....	30
Figura 2. 33 Esquema TwitsLock	31
Figura 2. 34 Fotografía de sistema twistlock en esquina de contenedor.....	31
Figura 2. 35 Poyos pre fabricados utilizados en modulos en contenedores.....	32
Figura 2. 36 Ventajas de la construcción modular.	34
Figura 2. 37 Ventajas de la construcción modular.....	35

Figura 3. 1 Energía.....	36
Figura 3. 2 Energías Renovables.....	37
Figura 3. 3 Energías no renovables.....	38
Figura 3. 4 Generación eléctrica de Chile y del mundo.....	38
Figura 3. 5 Gráfico de consumo energético por sector en Chile.....	39
Figura 3. 6 Energías renovables no convencionales.....	39
Figura 3. 7 Campo de paneles solares.....	40
Figura 3. 8 Campo de energía solar térmica.....	40
Figura 3. 9 Energía Hidráulica.....	41
Figura 3. 10 Esquema de generación de energía Eólica.....	41
Figura 3. 11 Esquema de generación de la Biomasa.....	42
Figura 3. 12 Esquema energía Geotérmica.....	42
Figura 3. 13 Consumo energético nacional minas de cobre estimación 2015-2026.....	43
Figura 3. 14 Esquema aplicación Ley ERNC 20.257.....	44
Figura 3. 15 Gráfico comparativo exigencias mínimas de ambas Leyes.....	45
Figura 3. 16 Parque fotovoltaico.....	47
Figura 3. 17 Esquema Radiación.....	48
Figura 3. 18 Espectro Radiación Solar según longitud de onda.....	49
Figura 3. 19 Radiación Global.....	50
Figura 3. 20 Radiación solar en Chile.....	50
Figura 3. 21 Tabla con zonas con mayor radiación a nivel mundial.....	51
Figura 3. 22 Gráfico ejemplo de Irradiación solar según horario.....	52
Figura 3. 23 Gráfico demostrativo de Irradiación promedio según mes del año.....	52
Figura 3. 24 Cálculo de rendimiento específico.....	53
Figura 3. 25 Representación de carta solar.....	54
Figura 3. 26 Carta solar estereográfica.....	54
Figura 3. 27 Carta solar cilíndrica.....	55
Figura 3. 28 Inclinación de panel solar.....	56
Figura 3. 29 Efecto fotovoltaico.....	57
Figura 4. 1 Portada de publicación ¿Qué es la energía?.....	59
Figura 4. 2 Voltaje y Amperaje.....	60
Figura 4. 3 Circuito Eléctrico.....	61
Figura 4. 4 Circuito en serie.....	61
Figura 4. 5 Circuito Paralelo.....	62
Figura 5. 1 Componentes de un sistema solar fotovoltaico.....	64
Figura 5. 2 Componentes de un panel solar.....	65
Figura 5. 3 Panel fotovoltaico Monocristalino.....	66

Figura 5. 4 Panel fotovoltaico policristalino	67
Figura 5. 5 Panel fotovoltaico de capa fina.....	69
Figura 5. 6 Cuadro comparativo de los principales tipos de silicio existentes en el mercado.....	70
Figura 5. 7 Reguladores de carga.....	71
Figura 5. 8 Batería Plomo-ácido	72
Figura 5. 9 Inversor fotovoltaico.....	72
Figura 5. 10 Esquema de red de distribución eléctrica	74
Figura 7. 1 Esquema de estructura proyecto de módulo	77
Figura 7. 2 Planimetría proyecto de módulo.....	77
Figura 7. 3 Esquema de componentes cielo falso	79
Figura 7. 4 Escantillón de unidad modular, se detalla estructura y materialidades	80
Figura 7. 5 Gráfico radiación anual Antofagasta	81
Figura 7. 6 Generación mensual energética según cantidad de paneles	82
Figura 7. 7 Esquema de fijación panel solar fotovoltaico.....	84
Figura 7. 8 Canoa LED 20W seleccionada para iluminar cada módulo	86
Figura 7. 9 Tabla 8.7 de la NCH 4/2003	87
Figura 7. 10 Esquema demostrativo de sistema eléctrico fotovoltaico.....	89
Figura 7. 11 Esquema proyecto modular, plano de sombras 08:00 Hrs. Lugar de emplazamiento, ANTOFAGASTA.....	90
Figura 7. 12 Esquema proyecto modular, plano de sombras 12:00 Hrs lugar de emplazamiento, ANTOFAGASTA.....	90
Figura 7. 13 Esquema proyecto modular, plano de sombras 16:00 Hrs, lugar de emplazamiento, ANTOFAGASTA.....	91
Figura 7. 14 Planta Proyecto oficina modular.....	91
Figura 7. 15 Detalle elementos constructivos de proyecto oficina modular	92

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN

Hoy en día la construcción modular es uno de los sistemas más avanzados de construcción industrializada. En la actualidad, este sistema constructivo no sólo representa durabilidad, seguridad y estética, sino también menor coste económico, rapidez en la fabricación y montaje, además de posibles prestaciones energéticas.

El sector minero es uno de los grandes demandantes de energía eléctrica en los últimos años, basta con mencionar que hasta el año 2016 el balance nacional de energía arrojó que el sector minero e industrial consumen el 40% de la energía total consumida al año.

Partiendo de este punto y de la necesidad de reducir este consumo, es que resulta muy interesante la idea de diseñar un sistema modular totalmente transportable con un alto porcentaje de autosustentabilidad energética.

Dentro de este escenario, la construcción industrializada se presenta como una alternativa favorable para los objetivos, toda vez que al realizar gran parte del proceso constructivo en fábrica se optimiza y reduce la utilización de materias primas y energía y al mismo tiempo se genera menor cantidad de residuos no reciclables, y al momento de la puesta en obra, solo se llevan a cabo labores de montaje y ensamblaje, reduciendo la posible contaminación que genera una construcción convencional.

Las ventajas y beneficios de esta solución constructiva y la incorporación de un sistema de transformación de energía renovable superan los estereotipos sobre la construcción industrializada.

Esta memoria de título abordará el tema de la construcción modular desde la perspectiva de un tipo de construcción de cómodo traslado y sostenible a la vez, desde la selección de los materiales y los procesos de industrialización en fábrica, hasta su funcionamiento y uso cotidiano, procurando el consumo mixto de energía.

CAPITULO 2: CONSTRUCCIÓN MODULAR

2.1 Sistemas Constructivos:

- Construcción Tradicional
- Construcción tradicional racionalizada

- Construcción Prefabricada
- Construcción modular

De ésta última tratará esta memoria de título, la construcción modular o coordinación modular de la construcción es un procedimiento de diseño constructivo que busca simplificar y coordinar las dimensiones de los elementos a utilizar en proyectos de construcción. Su principal objetivo es la normalización de las series de dimensiones que deben tener los diferentes elementos constructivos y las construcciones en los que deben ser ensamblados con el fin de facilitar su concepción, fabricación y puesta en obra.

La coordinación dimensional relaciona las medidas de los componentes de la construcción, con los edificios a los que serán incorporados. Además de coordinar las dimensiones por medio del “Módulo” racionaliza y simplifica la fabricación y el montaje.

La medida modular es igual a un múltiplo entero del módulo. Son normas de concepción dimensional, que dan la posibilidad de intercambiar los elementos constructivos, brindando flexibilidad y poniendo el desarrollo de una competencia de plena participación. La racionalización, estandarización o normalización son inconcebibles sin una coordinación dimensional adecuada y sistemática de los elementos constructivos.

2.2 Construcción Modular

Hoy en día la construcción modular se ha transformado en una, por no decir la solución favorita de las compañías mineras. Esto porque a la hora de montar campamentos, oficinas, casinos y otras instalaciones se busca reducir en mayor cantidad posible el tiempo de instalación.

Esta alternativa destaca por la forma en que simplifica las conexiones, ya sea instalaciones eléctricas, sanitarias o de agua potable, también por la forma en que mejoran la aislación y la eficiencia energética, algo que hoy en día se valora mucho si de minería se habla, ya que los campamentos generalmente se encuentran alejados y prácticamente aislados de las grandes urbes, lo que se traduce en una necesidad fundamental el cuidar los recursos.

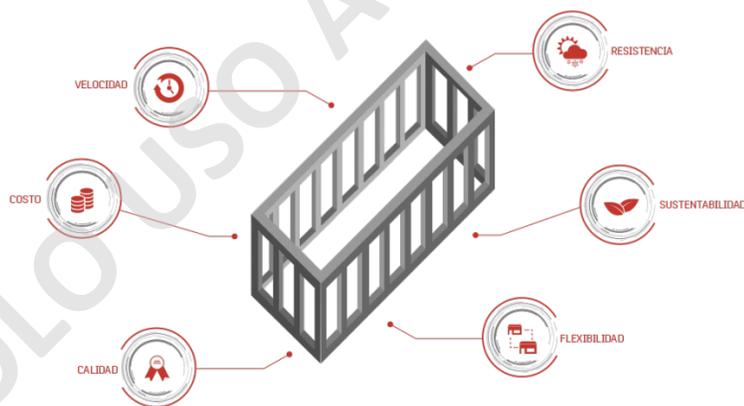
Este sistema constructivo se basa en el uso de unidades prefabricadas con las cuales es posible cimentar estructuras de tamaños definidos por los fabricantes, y que además

pueden ser ampliadas con facilidad, ya que su diseño permite ensamblar o encajar nuevos módulos a módulos ya instalados de forma sencilla.

Por ende, construcción modular o industrializada sería toda forma constructiva en donde la mayoría de los elementos o componentes de la estructura son fabricados antes de su puesta obra y fuera de esta, bajo condiciones de planta estrictamente controladas, utilizando los mismos materiales y diseñados bajo los mismos estándares de una construcción convencional. De esta forma el acto de construir se transforma en una suerte de ensamblado y acabado de las terminaciones. En algunos casos instalaciones eléctricas y/o sanitarias.

Estructuralmente, es generalmente más resistente que una construcción tradicional, esto ya que cada módulo funciona de forma independiente del otro a la hora de soportar cargas, además, necesariamente deben poseer un alto nivel de resistencia por la necesidad de transporte de éstos y las labores de grúa a la hora de ser instalados.

Figura 2. 1 Esquema de construcción modular



Fuente: www.tecnofast.cl

Muchas veces este sistema de construcción se asocia con una única modulación. Una construcción pre fabricada puede incluir elementos de la más variada materialidad y dimensiones. Sin embargo, la búsqueda por la eficiencia, rapidez y economía ha llevado a utilizar elementos y dimensiones repetitivas, con el fin de reducir pérdidas o despuntes. Esto lo convierte una construcción totalmente coordinada dimensionalmente y al concepto módulo.

Figura 2. 2 Armado oficina pre Fabricada



Fuente: www.eadic.com

2.3 Evolución de la Construcción Modular

Charles Édouard Jeanneret- Gris, o popularmente conocido como Le Corbusier, fue uno de los arquitectos que más ruido produjo en relación al diseño arquitectónico industrializado y a su vez uno de los más influyentes del siglo XX. Su diseño y concepto de vivienda fue muy criticada por su definición influenciada por los automóviles y los aviones, dos de sus pasiones, y que sus diseños los consideraba muy prácticos y funcionales.

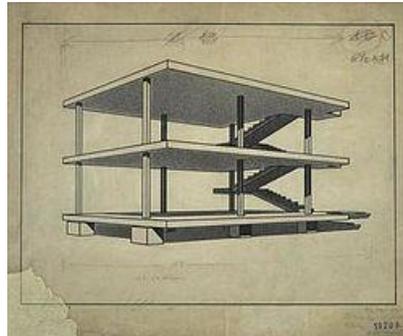
En 1914 patentó un sistema fundamentado en cinco puntos:

1. Estructura sobre “pilotis”
2. Planta abierta
3. Fachada libre
4. Ventana longitudinal
5. Terraza jardín.

Sus proyectos consisten principalmente en un entramado estructural de pilares y losas, el cual denominó Dom-ino. Basándose en este diseño Le Corbusier realizó un sinnumero de proyectos de viviendas industrializadas, llegando a proponer un sistema estructural denominado Brevet 2.26 x 2.26 propuesto para Roq et Rob en Cap Martin, que se quedó en proyecto pero que fue la base para la ejecución de otros proyectos con un sistema estructural compuesto por una parrilla de perfiles delgados metálicos, resultado del cual se construyó en 1932 el Pabellón Suizo en la Ciudad Universitaria de París.

En 1923, hace referencia a la producción de casas de madera industrializadas en uno de sus libros, “Vers une architecture”, específicamente en el capítulo “Casas en serie”.

Figura 2. 3 Esquema de sistema Maison Dom-ino



Fuente: www.tecnne.com

Posteriormente, en Estados Unidos, hacia los años 1930 se comienza a desarrollar dos nuevos modelos de vivienda: las General Houses y las Motohome, las cuales tenían características muy similares entre ellas y en las que se aplica los últimos avances de la industria de construcción de paneles portantes, que en un comienzo fueron de acero con un núcleo de aislamiento térmico. Lo lamentable, es que este tipo de vivienda requería de personal especializado para su montaje.

Entre 1930 y 1940 aparece el primer ejemplo de vivienda modular tridimensional transportable o removible, las House on wheels, las cuales poco a poco se fueron convirtiendo en viviendas definitivas gracias al surgimiento de nuevos parques destinados a caravanas, en las que podían instalarse de forma permanente.

Figura 2. 4 Afiche publicitario House-on-wheels



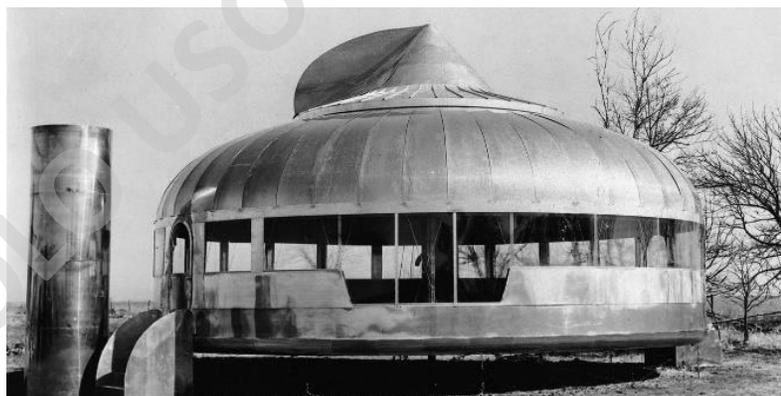
Fuente: Pinterest

Continuando con la línea de tiempo de la evolución histórica que ha tenido la vivienda industrializada, es imposible no detenerse y mencionar a Richard Buckminster Fuller, el cual planteó un sistema ligero de elementos estructurales los cuales estaban sometidos a compresión, atados con cuerdas que trabajaban a tracción, del mismo modo que funciona un puente colgante, bautizado en el año 1930 como Dymaxion House, el cual fue rediseñado en 1945 y renombrado como Wichita House, del que solo se construyeron dos modelos.

El logro de Buckminster fue representar la industrialización como un nuevo sistema para abordar las deficiencias encontradas en las técnicas constructivas de aquellos años. Su diseño venía marcado por un principio natural de convección, en la que el aire circulaba a través de cámaras ubicadas en el piso, el cual se reconducía por el resto del inmueble ventilándolo.

En general, todos sus edificios fueron pensados en el aprovechamiento de los recursos naturales, reduciendo la cantidad de materiales y a su vez obviamente los costos, lo que lo convierte en uno de los pioneros de lo que hoy se conoce como construcción sostenible.

Figura 2. 5 Fotografía de la Dymaxion House



Fuente: <https://www.inverse.com/article/13715-forget-geodesic-domes-buckminster-fuller-s-dymaxion-house-was-his-masterpiece>

Walter Gropius, fundador y director de la escuela Bauhaus también hizo su aporte a la producción industrial de viviendas. En un concurso realizado en Stuttgart, donde participaron los mejores arquitectos de la época, el alemán propuso una vivienda totalmente modular, la cual estaba construida con una estructura ligera de metal revestida con paneles de fábrica.

Sin lugar a duda, su contribución más importante al movimiento de la vivienda prefabricada fueron las denominadas Packaged houses en 1942, diseñadas junto al arquitecto alemán Konrad Wachsmann, las cuales fueron basadas en ensambles de paneles de madera, los que unían mediante pletinas metálicas, en L, T y X.

Lamentablemente no se produjo más de 200 casas de este tipo, debido a que su costo era muy elevado ya que no tomaron en cuenta las dimensiones estándares con los que se trabajaba en la industria estadounidense para esa época.

Además, su principal error fue entender la vivienda como un producto, dejando de lado lo que hoy se busca en la construcción modular ligado a factores externos, como son la comercialización, la legislación, el transporte y la resistencia al terreno.

En 1945 aparecen las Case Study Houses, gracias a la iniciativa de una revista que realizaba concursos para realizar diseños de casas modernas utilizando materiales industrializados.

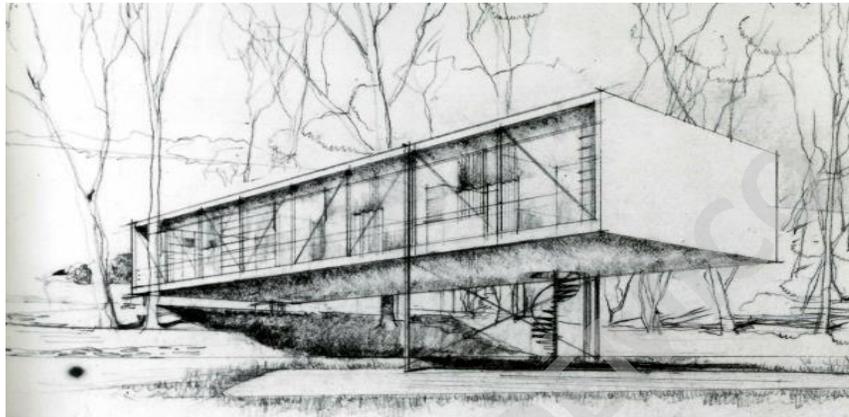
Fueron presentados aproximadamente 30 proyectos, entre los que destacó la diseñada por Ray y Charles Eames, para su uso personal, proyecto denominado Eames House, pero también conocida como Case Study House number 8, la cual tenía como objetivo ser comercializada mediante la publicación en catálogos relacionados, pero esto nunca se concretó. La particularidad de dicho proyecto fue que se utilizó pilares y vigas metálicas aligeradas, con cubierta de chapa de acero plegada, sin revestimiento, todo visto, similar a una nave industrial, totalmente al contrario de su interior, el cual estaba completamente adornado y decorado con objetos que la pareja traía de sus viajes.

Posteriormente Craig Elwood presenta el diseño de otra Case Study House, denominada por el entorno como Case Study House number 18, pero por su creador como Fields House. La particularidad de este diseño de vivienda prefabricada fue que estructura era tubular ligera, utilizando para cerrarla paneles prefabricados, los que podían ser opacos o transparentes y una cubierta plana metálica.

Al utilizar paneles con distintos acabados otorgaba la cualidad de poder dotar el inmueble de privacidad y otra de carácter más público, abriendo vanos hacia el entorno logrando maravillosas vistas según el dueño lo estimara.

Craig, proyectó un módulo el que utilizaba pocas piezas, reduciéndose a tubos de sección cuadrada de 2" x 2", paneles prefabricados y perfiles angulares los cuales fijan cada uno de los paneles a la estructura, por lo que su diseño y utilización de los materiales puede considerarse racional, estableciéndolo como uno de los pioneros en la arquitectura modular sostenible.

Figura 2. 6 Bosquejo de la Eames House de Ray y Charles Eames



Fuente: Katarimag.com

En el año 1947 comienzan a circular las AIROH Houses, viviendas que apuntaban a una innovadora utilización de las materias primas: paneles de estructura de perfiles extruidos y cerramientos de aluminio rellenos de hormigón celular revestidos interiormente de yeso, estructura y cubierta también de aluminio, manteniendo la forma tradicional de construir únicamente en el forjado, realizado en su totalidad en madera. Cada vivienda estaba formada por cuatro módulos distintos, los cuales sólo tardaban 12 minutos en ser ensambladas.

Figura 2. 7 Fotografía 1948 ensamble de AIROH Houses



Fuente: prefabricate.blogspot.com

Jean Prouvé, ingeniero metalúrgico, a pesar de ser un total desconocedor de la arquitectura fue un destacado de la época, esto gracias a que contaba con su propio taller. Haciendo uso de éste, en 1949 el Ministerio de Reconstrucción Francés le encargó catorce viviendas prefabricadas en Meisons Meudon, ciudad ubicada cerca de París.

El diseño consistió en un entramado metálico, puerta central y cerramiento utilizando paneles sándwich de madera o metálico, sistema conocido como Metropol, todo apoyado sobre muros de mampostería. De esta forma comenzaron a circular las primeras casas prefabricadas, ya que algunas llegaban a los terrenos completamente terminados, listos para ser habitadas.

Prouvé disfrutaba realizar experimentos, justamente un mal resultado en uno de éstos lo hizo perder su fábrica, lo que finalmente lo llevó a la ruina.

En sus últimos años de vida, ya para el año 1954 y en un intento por crear basándose en el reciclaje, diseñó y construyó su casa, la cual nombró Nancy. En la cual reutilizó restos y partes de su antigua fábrica, demostrando que los elementos industrializados pueden ser intercambiables, de esta forma dejando en claro que sus ideas de prefabricación cumplían perfectamente con lo que había postulado.

Figura 2. 8 Fotografía sistema Metropol house de Jean Prouvé



Fuente: patrickseguin.com/en/designers/architect-jean-prouve

En 1955, comienzan a fabricarse las primeras Mobile House, que consistían en una vivienda modular transportable. Estas viviendas surgen en respuesta a las restricciones implantadas por el gobierno de EEUU en la época sobre las House on Whels, ya que éstas estaban construidas sobre ruedas.

Las mobile House eran transportadas al igual que la mayoría de las casas prefabricadas de la actualidad, en camiones, y para ser instaladas de forma definitiva se izaban mediante grúa, similar al trabajo que se realiza al mover container maritimos, ya que éstas poseían una estructura mucho más robusta que las House on Wheels.

En 1967, en busca de una nueva área residencial, se realiza un concurso en Canadá, específicamente en Montreal, resultando ganador justamente un proyecto de construcción industrializada, cuyo material primario fue el hormigón prefabricado, se denominó Moshe Safdie en honor a su creador. El diseño se fundamenta en un complejo entramado irregular, sobre el que reposan módulos de vivienda de 5.3 x 3.0 x 11.5 m. La obra está compuesta por 354 módulos, los que se unen entre sí para sostener el edificio.

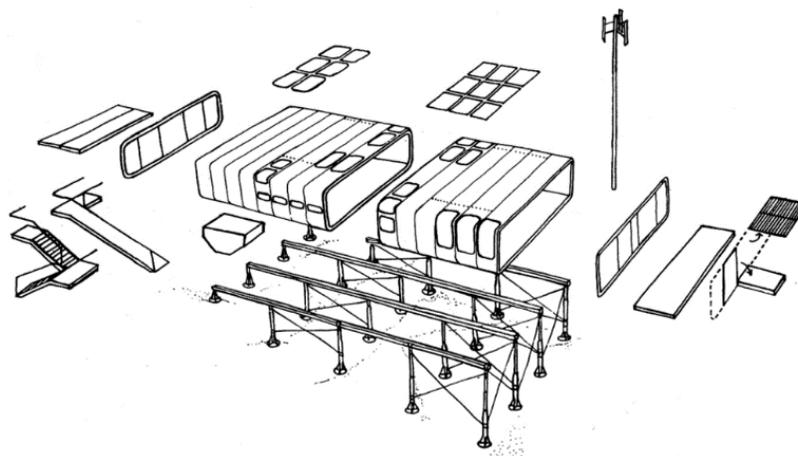
Figura 2. 9 Fotografía Sistema Arquitectónico Moshe Safdie



Fuente: www.arquired.com.mx

Como se ha hablado anteriormente y si se pone atención, existe un común denominador entre la mayoría de los proyectos antes mencionados, esto es que casi todos salieron a la luz por concursos realizados en su país, lo cual también ocurre con Richard Roger, un arquitecto el cual se hizo merecedor del primer lugar en un concurso de vivienda en 1968, donde planteó una vivienda industrializada, llamada Zip up House, la cual hacía trabajar en conjunto las innovaciones técnicas y el interés ambiental de la época, utilizando sistemas y materiales que se adaptaran a su principal objetivo, la eficiencia energética y la utilización de energías renovables no convencionales.

Figura 2. 10 Esquema Zip-up House



Fuente: [.pinterest.cl/pin/511580838902167417/](https://pinterest.cl/pin/511580838902167417/)

En 1969, la empresa alemana OKAI pone en marcha un nuevo sistema constructivo denominado Metastadt. Este sistema venía siendo desarrollado desde 1965 por Richard Dietrich, y consistía en módulos prefabricados ligeros conformados por perfiles de acero, los cuales se atornillaban formando la estructura principal. Sus dimensiones fueron 4.2 x 4.2 x 3.6 m. Más que un sistema de construcción industrializado o prefabricado estos módulos se veían más bien como un nuevo sistema de configuración urbanística.

Paralelamente al proyecto antes mencionado en Canadá, en el mismo año obtiene el primer lugar la Stelco House, desarrollada por Barton Myers Associates. Este sistema estaba basado en un módulo cúbico de 3.6 x 3.6 x 3.6 m y cuya principal característica era que incluía un catálogo detallando el producto más una guía de montaje, lo que hacía más sencilla su instalación, ya que no se necesitaba personal especializado. Lamentablemente nunca se llegó a comercializar.

Partiendo de una premisa que hoy en día es muy importante, de hecho, uno de los principales puntos de esta memoria de título, el coste del transporte, en el año 1970 comienzan a construir las Manufactured Home, casas completamente ensambladas en fábrica, de dimensiones 2.44 x 12 m. y cuya principal cualidad fue que podían ser reubicadas sin mayor problema o más aún se podía reciclar sus materiales en casi un 100%.

Figura 2. 11 Fotografía Manufactured Home



Fuente: biggerpockets.com/renewsblog

En 1971, en Finlandia, Kristian Gullichsen y Juhani Pallasmaa desarrollan el sistema Moduli 225, de dimensiones 2.25 x 2.25 2.25m. Consiste en un sistema industrializado, el cual utiliza la madera como elemento primario y cuya innovación fue la pieza de unión especial donde confluyen seis piezas, hecho en acero.

Más tarde en 1972 el reconocido arquitecto japonés Kisho Kurokawa diseñó el Nakagin Capsule Tower, un edificio de pequeños módulos de hormigón prefabricado que contaba con 140 pequeños departamentos, los cuales llegaban a la puesta en obra completamente terminados y listos para su ensamble al fuse central, realizado en hormigón in situ mediante cuatro anclajes metálicos.

Antes de finalizar este breve recorrido por la historia de la arquitectura prefabricada o industrializada, no se puede dejar pasar por alto las viviendas más similares al concepto de construcción industrializada tridimensional de hoy en día, las Modular House, casas prefabricadas diseñadas por el arquitecto estadounidense Paul Rudolph y basada en los principios de los contenedores marítimos. Las que son un claro ejemplo de construcción modular transportable, la cual se emplaza a obra con un nivel de terminación de casi total, exceptuando la cimentación, conexiones eléctricas y uniones entre los módulos.

Consistían en módulos de entre 2.50-3.50 metros de ancho y de 6. a 12 metros de longitud, con un peso de aproximadamente 200 Kg/m² y construidas a partir de 1975, que permitía la superposición de unidades en altura.

Como se ha podido comprobar en este breve resumen sobre la historia de la arquitectura industrializada, comenzando con la construcción íntegra en madera, pasando por la

realización de módulos prefabricados de hormigón armado hasta la ejecución de estructuras de acero pre fabricadas, revestidas de diversos materiales, adaptándose a las diferentes necesidades; abriendo o cerrando huecos, cegando con paños transparentes, traslúcidos u opacos y, lo más importante, consiguiendo una serie de objetivos en relación a la reutilización de materiales, sostenibilidad, eficiencia energética y utilización de energías renovables que hace que sea para nosotros la construcción insignia de la arquitectura industrializada.

Figura 2. 12 Proyecto de Paul Rudolph, casa modular



Fuente: curbed.com/2014/12/11/10012478/paul-rudolph

2.4 Construcción Modular en Chile

La industria de la construcción modular comienza a mediados de los 80's y en forma industrial y masiva aproximadamente desde 1995. Con los años debido a la demanda fue aumentando la cantidad de empresas ligadas al rubro y la producción creció exponencialmente desde ese momento, hasta la actualidad. El auge se dio por las necesidades del mercado, las cuales apuntan directamente a la facilidad de armado y traslado de cada módulo componente de la estructura.

A partir del mundialmente conocido terremoto del 27F en 2010, este proceso constructivo comenzó a masificarse en el país como la mejor opción para levantarse de la catástrofe, lo que se replicó en otros países como Japón al sufrir un acontecimiento similar, al ser una solución constructiva muy rápida y reducida en costos en relación al resto de sistemas constructivos. Esto significó la aparición de diversas empresas que se especializan en la

construcción modular principalmente para minería, hospitales, colegios, oficinas de faena, entre otros.

Como es sabido, el sector de la construcción se encuentra entre una de las principales actividades ligadas al desarrollo económico y social de Chile, donde la combinación de materiales y producción de éstos cambia constantemente, lo que obliga a las empresas de rubro de la modulación industrializada a ir a la vanguardia con los temas de innovación. En este contexto, en Chile cada vez se aplica de mejor forma el concepto de construcción modular, a tal punto que hasta el año 2017 se vendieron más de US \$100 millones.

Para instalar un campamento modular sólo es necesario que el terreno se encuentre perfectamente compactado y nivelado, una vez hecho esto el terreno se encuentra en condiciones para situar los diferentes módulos.

2.5 Proceso Construcción y Puesta en Obra.

Para explicar de forma clara los principales procesos por los que debe pasar un proyecto modular antes de estar lista para ser habitada, se divide en cinco partidas o fases principales, la cuales son:

- a) **La idea:** Todo proyecto, independiente el rubro comienza con una idea. En construcción se debe tener muy claro las necesidades existentes y las dificultades a superar. Es necesario elaborar previamente un listado de requerimientos, tanto estéticos como técnicos mínimos. En base a lo anterior se determinará materialidad y el siguiente punto que es el diseño.
- b) **Diseño:** Una vez claro lo que se busca y los requerimientos para esto, el siguiente paso es el diseño, aquí Arquitectos e Ingenieros buscan ofrecer una estructura eficiente y de bajo costo, acorde a los estándares ambientales y de resistencia exigidos, y su vez cumpla con los requerimientos de la empresa o persona natural la cual está solicitando el producto.

Figura 2. 13 Diseño de acuerdo a necesidad.



Fuente: Pinterest.com

- c) **Fabricación:** Una vez finalizado el proyecto de diseño y aprobado por el cliente, se da marcha al proceso de fabricación del o los módulos que compondrán la edificación completa. En fábrica se corta y se preparan los elementos que luego serán ensamblados in situ.

Figura 2. 14 Esquema de armado de oficina modular



Fuente: <http://www.multicontainer.cl/#>

- d) **Transporte:** Una vez listas las piezas de cada módulo serán cargadas para su traslado al lugar donde serán instalados. Los módulos pueden ser transportados armados o en caso de ser un modelo como los Flat Pack estos pueden ser trasladados totalmente desarmados.

Figura 2. 15 Transporte módulos armados



Fuente: http://img.emol.com/2010/10/01/File_2010101221530.jpg

Figura 2. 16 Transporte módulos desarmados



Fuente: https://www.youtube.com/watch?v=XdyoaG_caJo

- e) **Montaje:** Una vez en el terreno donde se ubicará el que en este caso será un campamento, se produce el montaje de la estructura. El ensamblado y composición del futuro campamento.

Figura 2. 17 Montaje de Campamento minero



Fuente: <http://www.promet.cl/sitio3/wp-content/uploads/2013/08/03-Foto-Montaje.jpg>

Figura 2. 18 Campamento listo para su funcionamiento.



Fuente: https://tecnofast.cl/wp-content/uploads/2015/11/tecnofast_campamentos_dona_ines_02-cropped-1024x718.jpg

2.6 Construcción con Contenedores Marítimos

Los contenedores marinos se han convertido en uno de los más utilizados y los que mejor ejemplifican la construcción prefabricada modular. Se les puede encontrar en un sinnúmero de proyectos en la actualidad, desde simples oficinas, hasta gigantes hospitales, todo esto gracias a su versatilidad y rapidez de construcción. Los containers fueron introducidos al mercado pensando simplemente en agilizar y estandarizar el transporte vía mar y tierra, lo que era impensable, es que se les otorgaría una variada gama de usos como elementos modulares como los que se detalla a continuación:

- ✓ **Módulos Temporales:** El uso de contenedores marítimos utilizados para estructuras que estarán emplazadas en el lugar sólo por un determinado tiempo, entre los más comunes podemos encontrar oficinas de faena, locales comerciales, dormitorios, baños y zonas de recreo en campamentos. Al ser módulos prefabricados permite que puedan ser removidos una vez terminado su tiempo de funcionamiento dejando prácticamente nada de residuos.
- ✓ **Viviendas Temporales Post-Catástrofes:** Como se mencionó anteriormente, el auge en Chile se produjo justamente post catástrofe, ya que lo primordial es ofrecer un techo a personas que perdieron todo, es por esto por lo que se necesita solucionar el problema de la forma más rápida y mejor posible. Por ende, la construcción modular prefabricada es la mejor opción para este tipo de situaciones.
- ✓ **Unifamiliares Aislados:** No es muy popular, ya que este sistema es más comúnmente utilizado por empresas para albergar grupos de personas, pero de igual forma existen propietarios que han encontrado en la modulación la solución al diseño de sus viviendas. Aprovechando la virtud de los container marítimos de poder ubicarlos verticalmente, logrando llamativos y modernos diseños estructurales, terrazas y balcones.
- ✓ **Edificios de Altura:** Este sistema de elementos estructurales permiten apilar contenedores de tal manera de formar una unidad, la cual sea habitable; en este grupo se puede encontrar campamentos mineros o edificios de pernoctación, en los cuales no se necesita dormitorios de grandes dimensiones.
- ✓ **Módulos Fábricas:** Se utilizan este tipo de estructuras modulares para implementar áreas industriales, las cuales ponen a disposición todo tipo de elementos, tales como: campamentos, parqueaderos, cafeterías, zonas de trabajo y oficinas.

2.6.1 Tipos de Contenedores

- ✓ **Dry Van:** Contenedor estándar, se encuentran cerrados herméticamente, pero no cuentan con refrigeración o ventilación.
- ✓ **Reefer:** contenedores refrigerados con las mismas medidas que el anteriormente mencionado, con un sistema de conservación de frío o calor y termostato. Deben

ir conectados en el buque y en la terminal, incluso en el camión si fuese posible o en un generador externo.

- ✓ **Open Top:** de las mismas medidas que los anteriores, pero abiertos por la parte de arriba. Puede sobresalir la mercancía, pero, en tal caso, se pagan suplementos en función de cuánta carga haya dejado de cargarse por este exceso.
- ✓ **Flat Rack:** también son faltos de paredes laterales e incluso, dependiendo del caso, de paredes delanteras y posteriores. Son utilizados para cargas atípicas y pagan excedentes de la misma manera que los open top.
- ✓ **Open Side:** su principal característica es que es abierto en uno de sus lados, sus medidas son de 20'' o 40''. Es empleado para cargas de mayores dimensiones en longitud que no se pueden cargar por la puerta del contenedor.
- ✓ **Tank:** Para transportes de líquidos a granel. Por sus características, solamente se construyen en un tamaño: 20 pies (6 metros) de largo, y 8 pies (2,4 metros) de ancho.

Figura 2. 19 Principales tipos de contenedores

<p>20' Dry Freight Container</p> <p>Payload: 38,600 lbs. 17,508 kgs. Cubic Capacity: 1,164 cu. ft. 32.96 cbm.</p> <p>Interior Specifications Length: 19' 5" Width: 7' 8 3/8" Height: 7' 9 5/8"</p> 	<p>40' High Cube Container</p> <p>Payload: 45,200 lbs. 20,502 kgs. Cubic Capacity: 2,700 cu. ft. 76.46 cbm.</p> <p>Interior Specifications Length: 39' 3/8" Width: 7' 8 3/8" Height: 8' 8"</p> 
<p>20' Open Top Container</p> <p>Payload: 38,100 lbs. 17,282 kgs. Cubic Capacity: 1,126 cu. ft. 31.88 cbm.</p> <p>Interior Specifications Length: 19' 5" Width: 7' 8 1/8" Height: 7' 9 5/8"</p> 	<p>40' Open Top Container</p> <p>Payload: 45,250 lbs. 20,525 kgs. Cubic Capacity: 2,295 cu. ft. 64.99 cbm.</p> <p>Interior Specifications Length: 39' 6 1/8" Width: 7' 8 3/4" Height: 7' 5 7/16"</p> 
<p>20' Collapsible Flat Rack</p> <p>Payload: 39,160 lbs. 17,762 kgs.</p> <p>Interior Specifications Length: 19' 6" Width: 7' 5" Height: 6' 9 3/4"</p> 	<p>40' Collapsible Flat Rack</p> <p>Payload: 55,600 lbs. 25,219 kgs.</p> <p>Interior Specifications Length: 39' 7" Width: 8' 0" Height: 6' 9 3/4"</p> 
<p>20' Reefer Container</p> <p>Payload: 38,118 lbs. 17,290 kgs. Cubic Capacity: 950 cu. ft. 26.90 cbm.</p> <p>Interior Specifications Length: 17' 10" Width: 7' 4 1/16" Height: 7' 3 1/2"</p> 	<p>40' High Cube Reefer Container</p> <p>Payload: 57,120 lbs. 25,909 kgs. Cubic Capacity: 1,942 cu. ft. 54.99 cbm.</p> <p>Interior Specifications Length: 38' 0" Width: 7' 6" Height: 8' 4"</p> 

Fuente: maitsa.com/transitario/que-es-un-container-contenedor-tipos-caracteristicas

2.7 Módulos para Minería

En Chile se puede encontrar diferentes tipologías de construcción modular, las cuales satisfacen de diferentes modos los requerimientos de cada empresa según el lugar en el que se emplazan, a continuación, se mencionará los principales tipos de modulación utilizadas en minería en la actualidad:

2.7.1 Sistema RBS

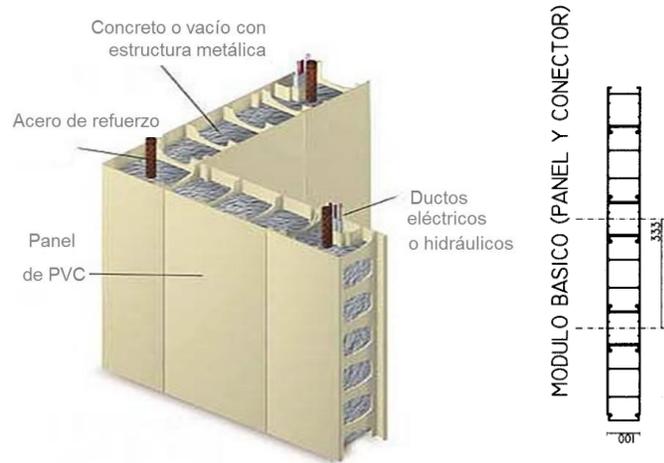
El Royal Building System es un sistema construido a base de paneles de PVC con interior de hormigón, los cuales en conjunto funcionan como un excelente elemento estructural. Los paneles van unidos mediante ensamble machi-hembrado, es decir, cada panel o paño posee por un lado un rebaje y por el otro una incisión, para luego de unir varias piezas entre si obtener una superficie lisa y uniforme. Para lograr este principio se da un tipo de perfilado para cada costado del elemento, macho en forma de pestaña y hembra en forma de canal. De acuerdo a las características del terreno, por lo general se construye un radier de hormigón, que por medio de anclajes quedará vinculado a la construcción.

Figura 2. 20 Campamento modular RVS



Fuente: <http://www.commosa.com.mx/es/proyectosanterior>

Figura 2. 21 Esquema paneles RBS sistema Machi-hembrado



Fuente: www.grupomacia.com.ar/sistemas/

2.7.2 Módulo de Metal Galvanizado

Con estructura de acero Galvanizado, consta de tres elementos, bastidor de tierra, bastidor de techo y pilares, los cuales van unidos mediante fijaciones apernadas, lo que garantiza un muy buen comportamiento antisísmico.

Techos y paredes están conformadas por dos láminas de acero, generalmente con interior de espuma de poliuretano inyectado de alta densidad, la cual funciona como un excelente aislante termoacústico.

Figura 2. 22 Proceso de armado de módulo de acero Galvanizado



Fuente: www.estructurasmoroni.cl

2.7.3 Módulo Flat Pack

Los módulos Flat Pack o módulo habitacional prefabricado plegable, son estructuras similares a los contenedores de acero galvanizado, con la diferencia que éstos como su nombre lo indica son desmontables. Se trasladan por paños separados, y una vez en el lugar donde serán establecidos son ensamblados. Su principal uso en el país actualmente son escuelas modulares, campamento minero y viviendas de emergencia. Se pueden montar en cualquier terreno sin preparación previa

Figura 2. 23 Esquema de instalación modulo Flat Pack



/ Fuente: www.karmod.com

2.8 Revestimientos

Uno de los elementos más importantes además de la estructura son los revestimientos, ya que estos serán los encargados de brindar el confort y comodidad al usuario del inmueble, es muy importante tener claro esta partida ya que una mala elección puede ser fatal a la hora de la puesta en obra. Antes de comenzar a describir los principales tipos de revestimiento existentes en el mercado, es fundamental introducirse en el término aislamiento;

2.9 Aislamiento

Para comprender de forma óptima el termino aislamiento es fundamental manejar el concepto Transmitancia Térmica, o conocida en construcción como Valor-U, es la medida de calor que fluye por unidad de tiempo y área, transferido mediante un sistema constructivo de caras plano paralelas, al existir un gradiente térmico de temperatura de 1° C (1K) entre ambos ambientes que éste divide. En el sistema internacional se mide en unidades W/m²°C o en W/m²K. Su valor incluye la resistencia térmica de ambas caras del sistema constructivo. Cuanto menor sea el valor U, menos será el traspaso de energía de un lado a otro del elemento, por lo tanto mejor será su capacidad aislante.

Su expresión matemática es:

Figura 2. 24 Formula transmitancia térmica

$$U = \frac{W}{S \cdot K}$$

Fuente: <http://www.arquitecturayenergia.cl/home>

- U: Transmitancia en vatios por m² y Kelvin
- W: Potencia en vatios
- S: Superficie en m²
- K: Diferencia de temperaturas en Kelvin

Figura 2. 25 Esquema resumen transmitancia térmica.



Fuente: <http://www.arquitecturayenergia.cl/home>

Una vez claro el concepto de transmitancia termica, se detallará los materiales más utilizados en la construcción por su bajo valor de U.

2.9.1 Poliestireno Expandido

Es un material sintético, muy conocido por su versatilidad y comodidad para ser manipulado sin necesidad de medidas de protección, el comúnmente llamado plumavit es uno de los principales elementos utilizados como aislación en la construcción hoy en día.

En construcción se utiliza como material para aligerar y como aislamiento térmico. Se encuentra con muchos espesores y densidades que van desde 10 hasta 25 Kg/m³, con una conductividad térmica de entre 0,029 y 0,053 W/(mK).

El poliestireno expandido posee características similares al poliestireno extruido, su composición es aproximadamente un 95% poliestireno y un 5% gas. Sin embargo, su principal diferencia es su proceso de producción: el extruido tiene estructura cerrada, por lo que es un aislamiento térmico que puede someterse al agua resistiendo sin alterar sus propiedades.

Entre las principales diferencias entre el poliestireno expandido y el extruido se puede encontrar:

- El poliestireno expandido es menos denso.
- El expandido al tener estructura abierta absorbe la humedad, a diferencia del extruido el cual resiste perfectamente.
- El poliestireno expandido posee una resistencia mecánica menor al P.Extruido.

Figura 2. 26 Planchas de Poliestireno Expandido (EPS)



Fuente: articulo.mercadolibre.com.ar

2.9.2 Poliestireno Extruido

El poliestireno extruido (XPS) es un material muy similar visualmente al EPS pero con propiedades distintas. Una de las diferencias más importante es que puede someterse al agua, por lo que es una solución ideal para cubiertas expuestas a lluvias prolongadas o a humedad constante. Normalmente en el mercado se encuentra como un sistema machihembrado, en planchas y con espesores típicos de 40;50;60;80 mm.

Su conductividad térmica se encuentra entre 0,025 y 0,040 W/(mK).

Al poseer una baja absorción de agua y una buena resistencia a los ciclos de hielo – deshielo lo convierte en un elemento ideal para cubiertas en donde el aislante se encuentra justo debajo del elemento que se encuentra en contacto con el exterior, ya sea teja, zinc, acero, entre otros.

Otra excelente cualidad que posee es su resistencia mecánica, lo que permite que las cargas de cubierta puedan ser apoyadas directamente sobre éste.

Sus principales usos son como aislamiento en paneles sándwich, los que pueden ser utilizados en muros y techumbre.

Figura 2. 27 Planchas de poliestireno Extruido (XPS)



Fuente:<http://www.danosa.fr/danosa>

2.9.3 Espuma de Poliuretano

La PUR o espuma de poliuretano es un material cuya composición primaria es azúcar y petróleo, los que al unirse forman una espuma rígida ligera que posee más del 90% de sus celdas cerradas. Posee un buen coeficiente de conductividad térmica, el cual comprende entre 0.019 y 0.040 W/(Mk) es decir, es un muy buen aislante.

Entre sus principales características, se puede mencionar su óptima rigidez estructural, muy buena adherencia al someterse a distintas superficies, baja o nula absorción de humedad y excelente relación aislamiento/precio. Además de lo anterior posee una ventaja sobre los dos antes mencionados, puede ser aplicado con pistola en forma de espuma, lo que hace que pueda llegar a orificios que con los antes mencionados sería imposible.

Otro uso típico es en paneles sandwich, los que están compuestos por dos capas metálicas y un núcleo aislante entre ellas.

Figura 2. 28 Corte panel sandwich con nucleo de Espuma de Poliuretano.



Fuente: <http://www.clubunimaq.com.pe/la-espuma-de-poliuretano-como-aislante/>

2.9.4 Lanas

Si de aislamiento térmico y acústico se habla, dos elementos de primer nivel son la lana de roca y la fibra de vidrio, o también llamada lana de vidrio. Dentro de sus principales características en común se encuentra:

- Ahorro de energía: Mediante aislamiento térmico, gracias al aire inmóvil en su interior, que dificulta el flujo de calor a través del material.
- Proporciona confort: La estructura multidireccional facilita la transformación de energía acústica en otro tipo de energía. Esta elasticidad hace de las lanas minerales productos idóneos para conseguir los niveles de confort requeridos en cada aplicación.
- Seguros: Por su carácter inorgánico, no arden, ni producen humos, manteniendo su capacidad de aislamiento térmico incluso a altas temperaturas.

A grandes rasgos ambos materiales ofrecen resultados óptimos, pero es necesario tener clara su diferencia, que por muy mínima que sea, puede ser determinante a la hora de usar uno de los dos materiales.

La principal diferencia que se encuentra entre la lana de roca y la fibra de vidrio es básicamente su creación, materiales empleados para ésta y qué se puede lograr con cada una.

La lana de roca es el resultado de rocas volcánicas que luego de someterlas a 1600° C se obtiene fibras de lana de gran resistencia. Por otra parte, la fibra de vidrio se obtiene de hilos de vidrio, los que son fundidos a altas temperaturas para formar una malla de miles de hilos finos, los que en su conjunto otorgan gran resistencia y aislamiento.

Figura 2. 29 Lanasy minerales



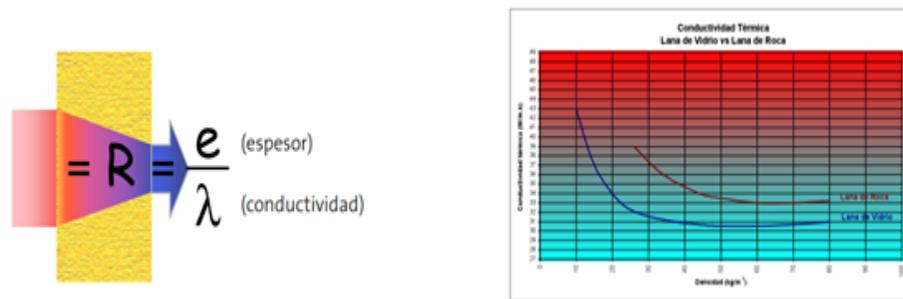
Fuente: <https://proyectos.habitissimo.es/proyecto/>

2.9.4.1 Aislante Térmico

Si se ve desde un punto de aislamiento, ambos materiales poseen propiedades similares. Tanto la Lana de roca, como la fibra de vidrio consiguen un aislamiento térmico y acústico satisfactorio si se someten pruebas similares. Es por esto por lo que ambos elementos se pueden instalar indistintamente como aislamiento en paneles para fachadas o paredes, afectando favorablemente el consumo energético correspondiente a calefacción o aire acondicionado.

- Mejor aislamiento cuanto mayor es la resistencia.
- Al comparar ambos elementos en igualdad de espesor un producto de lana de vidrio de 17 kg/m³ aísla más que un producto de lana de roca de 30 kg/m³.
- La ligereza de la lana de vidrio aporta soluciones más sostenibles para cumplir las exigencias del CTE. Lo que nos permitirá ahorrar energía, tanto en el proceso de fabricación como durante la vida del edificio.

Figura 2. 30 Aislamiento térmico



Fuente: Guía sobre materiales aislantes y eficiencia energética, Madrid, 2012

2.9.4.2 Aislamiento Acústico

Las lanas minerales son el único material aislante que además de poseer alto grado de aislante térmico otorga una ganancia de aislamiento acústico a la estructura o elemento al cual se le incorpora, permitiendo una reducción de nivel sonoro de hasta 70 decibeles, todo esto gracias a su naturaleza elástica, la cual disipa la energía de las ondas sonoras que penetran en ellas. De esta forma las lanas minerales impiden la transmisión de ruidos aéreos y de impacto, aportando un auténtico confort acústico, especial para ambientes que soliciten poco ruido.

2.9.4.3 Protección Contra Fuego

Las lanas minerales por su naturaleza son materiales totalmente incombustibles y poseen un alto índice de resistencia al paso del calor, incluso al ser sometidas a altas temperaturas, lo que las convierte en un excelente aislante que disminuye riesgos de posibles incendios y otorgando un mayor grado de seguridad al ocupando del recinto.

El señalar que son incombustibles quiere decir que en el momento de entrar en contacto con el fuego no generan gases, tampoco humos asfixiantes o tóxicos, que en caso de una emergencia funciona como punto a favor para realizar una oportuna evacuación de los ocupantes del inmueble. Además, gracias a su poder aislante, forman una barrera que protege los elementos constructivos, aumentando también su resistencia contra el fuego y contribuyendo a la seguridad pasiva del lugar.

La velocidad de propagación del fuego depende netamente de la cantidad de material inflamable presente en el lugar, es por esto que es imprescindible contar con óptimos materiales aislantes para aumentar la seguridad del lugar.

Para resumir este capítulo, las lanas minerales sin revestimiento son:

- No combustibles.
- No emiten humos. (S1)
- No desprenden gotas incandescentes. (d0)

Figura 2. 31 Cuadro resumen de principales materiales utilizados como aislante.

Denominación		Origen	Conductividad (λ) W/(m.K)	Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua (μ)	Inflamable ¹	Precio aproximado €/m ²	Formato	Medidas de protección en su instalación	Coste energético de producción MWh/kg ²	Contenido de producto reciclado (0-3) ³	Biodegradable ⁴	
	Lanas minerales (MW)	Lana de roca (SW)	Mineral	0,03 - 0,05	1	NO	Δ	Panel, rollo y a granel	Ojos, sistema respiratorio y piel	15 - 25	1	No
		Lana de vidrio (GW)	Mineral	0,03 - 0,05	1 - 1,3	NO	Δ	Panel, rollo y a granel	Ojos, sistema respiratorio y piel	15 - 50	2	No
	Poliestireno expandido (EPS)	Sintético	0,029 - 0,053	20 - 40	SI	Δ	Panel y a granel	No	75 - 125	1	No	
	Poliestireno extruido (XPS)	Sintético	0,025 - 0,04	100 - 220	SI	<15	Panel	Guantes	75 - 125	1	No	
	Poliuretano o Polisocianurato (PUR)	Sintético	0,019 - 0,040	60 - 150	SI	<10	Panel y espuma	Ojos, sistema respiratorio y piel	70 - 125	1	No	

Fuente: <https://ovacn.com/materiales-aislantes/>

Una vez teniendo claro el concepto aislamiento, a continuación, se describirá los principales materiales que pueden ser utilizados como cubierta y fachada. Al tratarse de construcción modular, la principal cualidad que se busca es la ligereza y cómoda manipulación.

2.10 Panel Sandwich

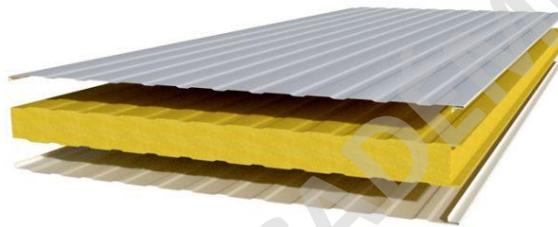
Estando compuestos por una cara de acero grecada en el exterior, un núcleo aislante de espuma rígida de poliuretano o poli-isocianurato y una cara grecada en el interior con posibilidad de diferentes acabados en función de la necesidad de cada proyecto. El interior aislante de estos paneles otorga un óptimo aislamiento térmico, ligereza, facilidad de manipulación e instalación, estabilidad y buen comportamiento al fuego.

Cada panel se fija a la estructura mediante tornillos, los cuales quedan ocultos tras el tapajuntas, el que también funciona como barrera impidiendo la entrada de agua.

Panel tipo sándwich tradicional, el cual se diferencia cada tipo según su diseño.

Según su función y ubicación los paneles presentan variedad de acabados, los cuales van desde paneles estándar con recubrimientos de pintura poliéster, hasta acabados con recubrimientos altamente resistentes a la corrosión como el plastisol.

Figura 2. 32 Panel Sandwich



Fuente:

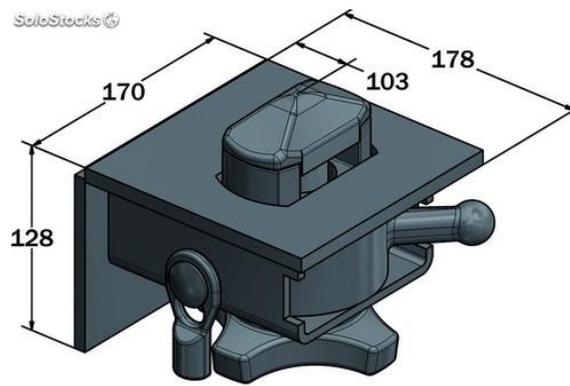
https://www.google.cl/search?q=panel+sandwich&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj dscChi9feAhXFkZAKHV18CFEQ_AUIDigB&biw=1366&bih=608#imgrc=BwZ9Z6yuorZ1eM:

2.11 Sistema de Ensamble

2.11.1 Sistema TwistLock

Como lo dice su traducción al español, el sistema cierre de giro. Este se ubica en las esquinas del contenedor, conformando un dispositivo giratorio estándar, cuya principal función es asegurar los contenedores al transportarlos, de esta forma se facilita su manejo a la hora de trasladarlo con una grúa o puente grúa.

Figura 2. 33 Esquema TwitsLock



Fuente: /www.solostocks.com/venta-productos

Figura 2. 34 Fotografía de sistema twistlock en esquina de contenedor



Fuente: www. pinterest.com

2.12 Fundaciones

Uno de los aspectos que llaman la atención al observar los containers en obra es la solución de las fundaciones. Para suplir las variables y diferencias de niveles de piso sobre las que simplemente se asientan los edificios se recurre a una solución mixta: por una parte, un dado de fundación de hormigón armado prefabricado de dimensiones estándar que se apoya sobre un dado con mayor superficie hecho en obra que va modificando la altura para ajustarse a los desniveles de terreno y conservar intacta la interconexión con los edificios existentes.

Para viviendas de 1 nivel en Chile, se puede considerar una fundación aislada de dimensión mínima 40x40x80 cms, para otros usos y niveles la configuración de la fundación puede variar a un sistema de fundación continuo.

Se considera fundación aislada o dado de fundación, el que deberá estar conformado por Hormigón Armado de calidad estructural. Armaduras de refuerzo estriado, del tipo A63-42H de diámetro 8,10 y 12 mm.

Opcionalmente en el comercio hoy en día ofrecen una variada gama de pollos pre fabricados, los cuales pueden ser ubicados justo antes de posar el contenedor.

El diseño estructural del contenedor marítimo permite utilizar un sistema de fundaciones solo en sus 4 vértices, debido a que estos están contruidos para transportar carga en movimiento en barcos, camiones y grúas, por lo cual están provistos de una estructura de piso que soporta 21 Toneladas y Columnas en cada esquina que en total soportan 192 Toneladas, para ejemplificar, serían 8 unidades de container, uno sobre otro.

Se debe considerar que el contenedor debe estar fijado estructuralmente a la fundación, respecto al centro de esta, mediante placas de acero, las cuales permitan soldar o fijar con pernos la estructura.

Armaduras de refuerzo estriado, del tipo A63-42H de diámetro 8,10 y 12 mm.

Figura 2. 35 Poyos pre fabricados utilizados en modulos en contenedores.



Fuente: preguntas.habitissimo.cl/pregunta/datos-de-las-fundaciones-del-container

2.13 Ventajas de la Construcción Modular

La ventaja más destacada es la rapidez de su instalación, lo que permite reducir el uso de mano de obra especializada para construir gran número de metros, lo que se traduce en una reducción considerable en los costos finales de cada proyecto.

A continuación, se mencionan las principales ventajas competitivas en relación a una construcción tradicional:

- Rapidez, al ser módulos unidos por ensamble el trabajo en obra se reduce casi un 80%, a su vez disminuyendo posibilidad de errores y situaciones de riesgo para los trabajadores.
 - ✓ Reducción de tiempo de construcción: Gracias a la modulación los proyectos pueden ser completados entre un 30% a 50% antes que una construcción tradicional de similares características.
 - ✓ Eliminación de retrasos por inclemencias del tiempo: En un 60% a 90% de la construcción se termina en la planta, cosa que mitiga el riesgo de retrasos por inclemencias de tiempo.
- Otra ventaja clave que posee es el costo, la construcción modular es considerablemente más rentable que una construcción tradicional. Las fábricas aprovechan y sacan provecho mediante la construcción de múltiples piezas similares a la vez.
- Si se habla de impacto en el entorno, este sistema claramente produce un bajo impacto, ya que al ser pre fabricado los ruidos por construcción y las emisiones de polvo en comparación a los demás sistemas constructivos son extremadamente inferiores.
 - ✓ Menos disturbios a pie de obra: El tráfico a pie de obra por personal, equipo y materiales es considerablemente inferior en relación a una construcción tradicional.
 - ✓ Mayor flexibilidad y reutilización: Al ser desmontables pueden ser recolocados o renovados para nuevo uso, reduciendo la demanda de

materia prima y a su vez minimizando la cantidad de energía empleada para construir un edificio.

- ✓ Menos pérdida de material: Las piezas salen listas de fábrica, los restos generalmente son reciclados para ser reutilizados.
 - ✓ Calidad de aire mejorado: Al ser una estructura modular parcialmente terminada en fábrica no es necesaria tanta humedad. Se trabaja con materiales secos.
-
- No requiere permiso de edificación, ya que éstos son considerados como viviendas provisionales o de construcción ligera.
 - Muy adaptables a necesidades futuras, ya que se puede agregar o quitar módulos para modificar la construcción, evitando demoliciones y todo lo que conlleva la remodelación de un inmueble de obra gruesa o construida en madera.

Figura 2. 36 Ventajas de la construcción modular.



Fuente: Pinterest.com

Figura 2. 37 Ventajas de la construcción modular.



Fuente: Pinterest.com

2.14 Posibles Desventajas de la Construcción Modular

Así como ventajas en este sistema obviamente presenta desventajas en comparación a otros tipos de construcción, de las cuales se procederá a hablar en el siguiente punto.

- Una de las principales desventajas encontradas en este sistema constructivo es que se tiende a tildar como un tipo de construcción provisorio o temporal, algo que no resulta ajeno en esta memoria de título ya que, si se enfoca a la minería, se necesita construcciones que sean capaces de soportar su desmontaje, traslado y nuevamente puesta en obra. esto porque el tiempo de uso en determinada obra dependerá netamente del stock de mineral que allí exista.
- Hoy en día en nuestro país no contamos con profesionales especializados en estándares internacionales y las opciones innovadoras relacionadas a la materialidad son limitadas.
- El tamaño de las habitaciones o módulos suele ser limitado a diferencia de una construcción tradicional, en la que se puede obtener mayores dimensiones al no necesitar la cualidad de ser transportable.

CAPITULO 3: ENERGÍA

Según la real academia española, energía se define como “*Capacidad para realizar un trabajo*”. Dicho de otra manera, para hacer cualquier cosa que implique un cambio, un movimiento, una variación de temperatura, una transmisión de ondas, etc... Es necesaria la intervención de la energía.

En el planeta, casi toda la energía que utiliza el hombre tiene su origen en el Sol. La gran cantidad de energía que éste produce llega al globo terráqueo en forma de radiación electromagnética, la cual otorga luz y calor, y de esta manera hace posible la vida.

La acción directa de los rayos del Sol sobre la atmósfera crea diferencias de temperaturas que originan los vientos, las olas y la lluvia. Todas éstas son fuentes de energía directa del Sol, y se denominan: Eólica, hidráulica, solar térmica (cuando se aprovecha el calor de los rayos que provienen del Sol), y solar fotovoltaica (cuando se transforma la luz solar en electricidad).

Figura 3. 1 Energía



Fuente: <https://erenovable.com/energia/>

3.1 Clasificación de la Energía

¿Cómo se clasifican las fuentes de energía?

La energía primaria es la que se obtiene directamente del entorno, la cual corresponde a un tipo de energía almacenada que se puede presentar en distintos estados y se encuentra

disponible para el ser humano, ejemplos de esto pueden ser el petróleo, el carbón, el gas natural y las energías renovables.

Estas fuentes de energía primaria, según su disponibilidad en la tierra pueden ser clasificadas en dos grandes grupos, energías renovables y no renovables.

- ✓ **Las energías renovables:** Son aquellas llamadas comúnmente inagotables, estas provienen de la energía que llega al planeta de forma continua, como consecuencia de la radiación solar directa e indirecta o de la atracción gravitatoria de la Luna. Entre las principales se puede mencionar:

- Energía Hidráulica
- Energía Solar
- Energía Eólica
- La Biomasa
- La Energía Geotérmica
- Energía Marina

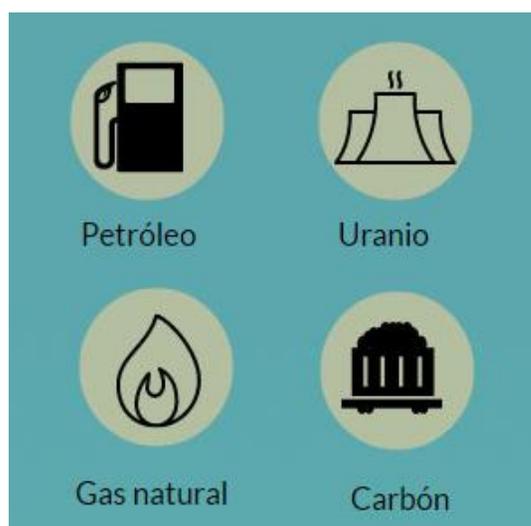
Figura 3. 2 Energías Renovables



Fuente: <https://energiasolarhoy.com>

- ✓ **Las energías no renovables:** Son aquellas que al contrario de las renovables se encuentran en la naturaleza, pero en cantidad limitada. No se renuevan y por ende en algún momento se agotan al ser utilizadas. Hoy en día la demanda mundial de energía se cumple fundamentalmente con este tipo de fuentes energéticas, entre las que a modo de ejemplo se puede mencionar el carbón, el petróleo, el gas natural y el uranio.

Figura 3. 3 Energías no renovables

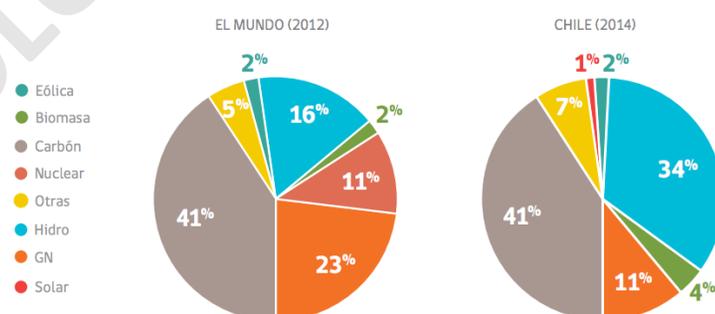


Fuente: <https://energiasolarhoy.com>

3.2 Consumo Energético en Chile

Hasta el año 2014, una de las principales fuentes de energía eléctrica en Chile fue la térmica, de la cual un 41% fue en base a carbón y un 11% a gas, lo que significa que más de un 50% de la producción energética total corresponde a energías no renovables, consumiendo grandes cantidades de recursos y dejando una huella de carbono considerable.

Figura 3. 4 Generación eléctrica de Chile y del mundo



Fuente: Energía 2050, Ministerio de Energía.

Si de consumo energético se habla, está claro que cada generación que ha pasado por la Tierra desde el siglo XVI ha generado y consumido más energía que su predecesora. En Chile, si bien el crecimiento de la población no ha sido explosivo, la demanda de energía sí ha estado creciendo a medida que el país se acerca al desarrollo.

Chile, hoy en día lidera si de consumo de energía en Latinoamérica se habla, y, en el caso de la electricidad, según datos de Cepal, si en 1970 el consumo per cápita era 660 kWh, en 2014 llegaba a 3.793 kWh. Mientras, el promedio regional era cercano a la mitad. Comparado con los países desarrollados, no obstante, aún el país se encuentra entre un tercio y un quinto más bajo que un habitante de esos países.

Figura 3. 5 Gráfico de consumo energético por sector en Chile



Fuente: Ministerio de energía en base al balance nacional de energía 2011

3.3 Energía Renovable no Convencional (ERNC)

Figura 3. 6 Energías renovables no convencionales



Fuente: Pinterest.com

Para comprender mejor el tema principal, es necesario manejar los siguientes conceptos:

- ✓ **Energía solar:** Con la radiación solar se puede producir electricidad y/o calor. Esto consiste en que la energía solar fotovoltaica logre una transformación directa de la energía solar a energía eléctrica por medio de lo que se llama "efecto fotovoltaico". La transformación se logra por medio de las células solares que

están fabricadas con materiales semiconductores, un ejemplo es el silicio, uno de los materiales más usados ya que crea electricidad cuando incurre sobre él la radiación solar.

Figura 3. 7 Campo de paneles solares



Fuente:Ecodie.cl

Se puede hablar de Energía solar térmica cuando se usa la radiación solar directa consolidada para el calentamiento de un fluido, este trabaja en función a la temperatura, ya que se emplea para la producción de agua caliente y/o también vapor.

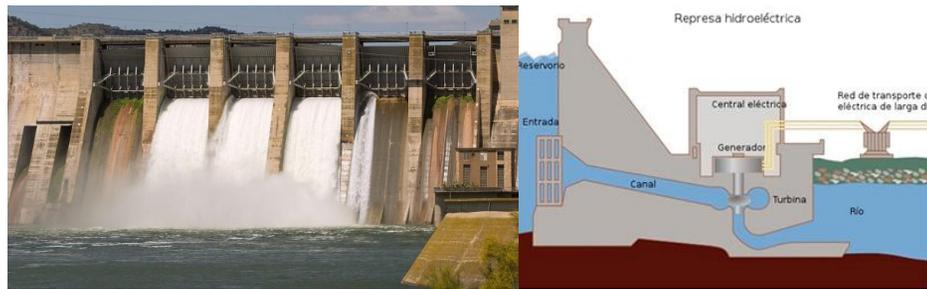
Figura 3. 8 Campo de energía solar térmica



Fuente:www.unsam.edu.ar/tss/ventajas-de-la-energia-solar-termica/

- ✓ **Energía hidráulica:** Para este caso el agua es estancada en embalses, también puede ser retenida en embalses de una gran altura, para luego dejarla caer hasta un nivel inferior, la que con la fuerza de caída logra mover una turbina que cuyo movimiento logra una rotación de un eje que genera electricidad. Se piensa que esta energía es renovable cuando la potencia es menor a los 10 MW.

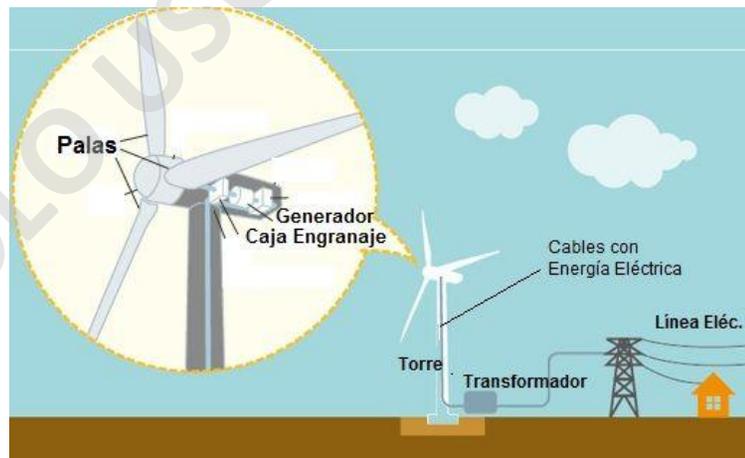
Figura 3. 9 Energía Hidráulica



Fuente: <http://www.energiasrenovablesinfo.com/hidraulica/energia-hidraulica/>

- ✓ **Energía del mar:** El mar se utiliza como fuente de energía para la producción de electricidad. Al Aprovechamiento de los movimientos de las olas se la da el nombre de "energía Undimotriz, y al usar las variaciones de marea se le "energía Maremotriz"
- ✓ **Energía eólica:** Ésta es la energía cinética que se contiene en las masas de aire de la atmósfera. Por medio de los "molinos de viento" que se ubican de forma estratégica a lo largo de terrenos determinados, esta energía se transforma en electricidad.

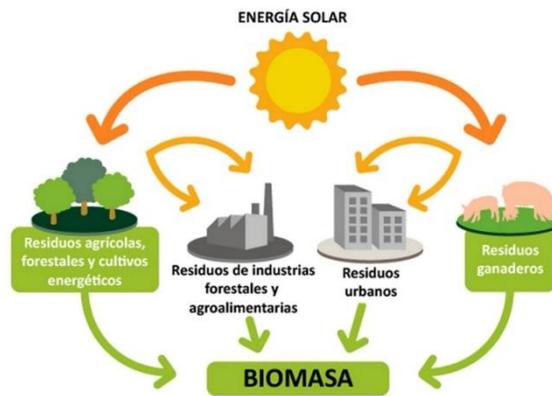
Figura 3. 10 Esquema de generación de energía Eólica



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

- ✓ **Biomasa:** La materia orgánica se aprovecha como una fuente de energía, ya que existen muchas materias orgánicas que se aprovechan como "biomasa", es por eso que es una fuente de energía muy heterogénea.

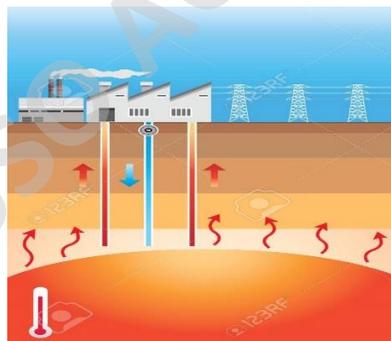
Figura 3. 11 Esquema de generación de la Biomasa



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

- ✓ **Geotermia:** Bajo la superficie de la Tierra existe un gran volumen de energía en forma de calor, el que puede aprovecharse tanto para producir energía eléctrica en yacimientos de alta temperatura, superiores a 100-150 grados centígrados o energía térmica.

Figura 3. 12 Esquema energía Geotérmica



Fuente: es.123rf.com/photo_78495764_la-energía-geotérmica-es-la-energía-térmica-generada-y-almacenada-en-la-tierra-la-energía-térmica-es-la-energía-qu.html

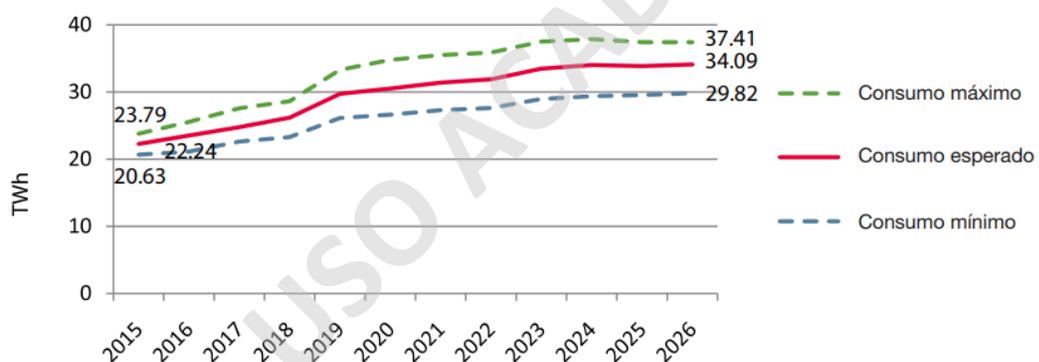
3.4 ¿Por qué las energías renovables tienen un sentido tan importante en la minería chilena?

Como se mencionó anteriormente se considera que el sector minero es uno de los consumidores de electricidad más grande del país, con aproximadamente un 33% de la demanda total de energía de un país donde los precios energéticos superan de forma

considerable a sus competidores más cercanas. Esta energía tiene un porcentaje entre 20% y 40% de los valores relacionados a costos operacionales de las minas, es por esto que las compañías buscan opciones para la reducción y estabilidad de los precios energéticos.

Chile es uno de los líderes a nivel mundial para el logro de la integración de la energía renovable para el suministro eléctrico de las minas y empresas que llevan la punta de los sectores como lo es Antofagasta, Minerals, ollahuasi, Mandalay Resources, CAP y nyrstar, estas empresas han comprobado los beneficios que traen consigo las tecnologías alternativas a nivel económico. Por otra parte los operadores de la región como Gold Fields, KGHM, U308, Barrick Glod, SQM, minera Rafaela y Teck, ya están en proceso de evaluación, viendo cuáles son las opciones renovables más convenientes para sus operaciones, independiente de las bajas temperaturas, los precios energéticos y los desafíos a nivel empresarial de las industrias.

Figura 3. 13 Consumo energético nacional minas de cobre estimación 2015-2026



Fuente: www.Energyandmines.com

3.5 ERNC y Políticas Aplicadas.

3.4.1 Ley N° 20.257

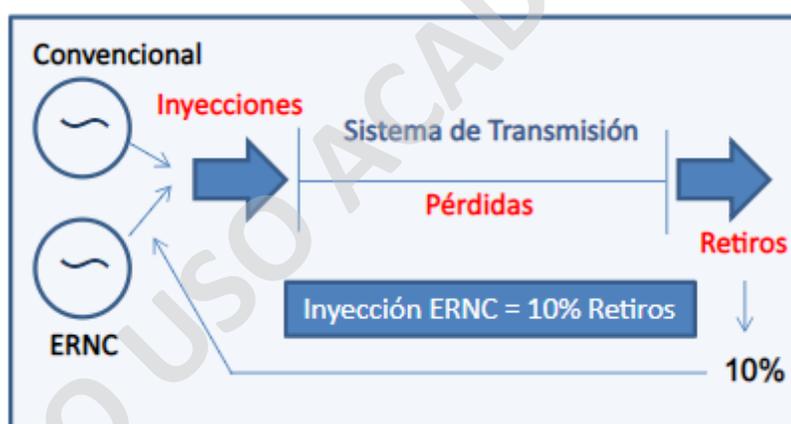
En el año 2008, específicamente el día 1 de abril, entra en vigencia la Ley 20.257, la cual establece que de toda la energía comercializada por empresas eléctricas un porcentaje debe ser proveniente de fuentes de energía renovable no convencional. Entre los principales puntos encontrados en esta ley destacan:

Cada empresa con capacidad superior a 200MW que efectúe retiros de los sistemas eléctricos para comercializarla con clientes finales, deberá acreditar que un 10% de esa energía inyectada es proveniente de recursos de ERNC, ya sea propios o contratados.

Desde el año 2010 hasta el 2014, la obligación de suministrar energía con medios renovables no convencionales será de 5%. A partir de 2015, este porcentaje se incrementará en 0,5% anual, hasta llegar al 10% en el año 2024.

La empresa eléctrica que no acredite el cumplimiento de la obligación al 1 de marzo siguiente al año calendario correspondiente, deberá pagar un cargo, cuyo monto será de 0,4 UTM por cada MWh de déficit respecto de su obligación. Si dentro de los tres años siguientes incurriese nuevamente en incumplimiento de su obligación, el cargo será de 0,6 UTM por cada MWh de déficit.

Figura 3. 14 Esquema aplicación Ley ERNC 20.257



Fuente: Presentación Generadoras de Chile A.G.

3.4.2 Ley N° 20.698

Esta ley busca fomentar la participación de las fuentes de energías renovables no convencionales. El fin de esta ley es obligar y asegurarse de que cada empresa generadora de energía certifique que cierto porcentaje de las energías retiradas por sus clientes provenga de energías renovables no convencionales.

Se espera que a contar del 2025 la cuota impuesta por la ley 20.257 aumente a un 20% como mínimo, es decir, deberán utilizar ERNC un 10% más.

Adicionalmente, el Estado realiza licitaciones anuales de la energía renovable no convencional necesaria para alcanzar la cuota obligatoria, que aseguran contratos de 10 años con un mecanismo de estabilización de precio y en que solo pueden participar los proyectos que oferten precios menores al establecido en la licitación. Por lo tanto, la ley 20.698 posee un desarrollo selectivo de tecnologías ERNC, al privilegiar las fuentes ERNC más eficientes en desmedro de las tecnologías con menor madurez y de costos elevados, como el caso de las centrales eólicas y solares. Sin embargo, estas tecnologías hasta el día de hoy han mostrado un decaimiento en sus costos y se prevé que este comportamiento perdure hasta alcanzar su madurez.

Figura 3. 15 Gráfico comparativo exigencias mínimas de ambas Leyes



Fuente: www.nuevamineria.com

3.6 Ventajas Energías Renovables No Convencionales

El consumo de energía es necesario para el desarrollo económico y social de un país. Entonces, ¿Por qué es necesario utilizar fuentes energéticas diferentes de las tradicionales? Ante esta pregunta se pueden enumerar diversas razones:

- Primero que todo, no contaminan el medio ambiente, es por esto que se denominan “energías limpias” Para cuantificar estos datos basta con mencionar que utilizando ERNC, entre 2013 y 2028 se logrará evitar más de 83 millones de toneladas de dióxido de carbono.

- Estos son más amigables con la salud de todo ser vivo, ya que no generan residuos y son mucho más simples de desmantelar en caso de hacer instalaciones para la generación de éstas, es el caso por ejemplo de un campo solar fotovoltaico.
- Son ilimitadas para la producción de energía, esto es porque se generan por fuentes "inagotables" como lo es el sol, el viento, el movimiento del agua, etc.
- Ayudan a generar puestos de trabajo en un nuevo sector, y su impacto económico es positivo para el lugar donde se instale. Esto es muy significativo ya que logra un desarrollo para la industria y en la economía de la región. Un buen ejemplo, alcanzar un 20% de ERNC a 2020, significará un beneficio importante para la economía en Chile de US\$1.600 millones.
- Si se habla de la base económica, las ERNC lograrían un aporte al PIB de US\$2.246 mil millones más de lo que existe actualmente. Hasta el 2028 los ahorros en combustible debido ERNC disminuirán a un US\$2 mil millones.
- Al generar recursos por sí misma, sin necesidad de conexión a la red, la energía solar contribuye a la diversificación y el autoabastecimiento.

3.7 Aspectos Negativos que se Puede Encontrar al Utilizar ERNC:

- Lo primero que podría frenar su elección es que en algunos casos es la inversión que se tiene que realizar en un principio, ya que supone que sería un movimiento de dinero elevado y en muchos casos hace parecer no rentable al principio de la utilización de esta.
- Otro gran problema es la disponibilidad de esta, ya que actualmente no siempre se dispone de ella y hay que esperar para que sea suficiente el almacenamiento. Esto no tiene relación con el hecho de la popularidad que esto genera.

3.8 Energía Solar

Esta energía es producida por la luz y el calor del sol, es por medio de esto que se genera la electricidad o la producción de calor dependiendo sea el caso. Esta es inagotable y renovable, ya que el procede de la radiación solar y se logra obtener a través de paneles y espejos.

Este es el recurso más abundante en el planeta, ya que da origen al ciclo del agua y a los vientos, además de ser el precursor de todos los combustibles fósiles como es el petróleo, gas y carbón. En otro nivel, la alimentación se basa en la "ingesta" solar, ya que es el motor que da vida en la tierra y a todo lo que existe en el ecosistema.

Figura 3. 16 Parque fotovoltaico

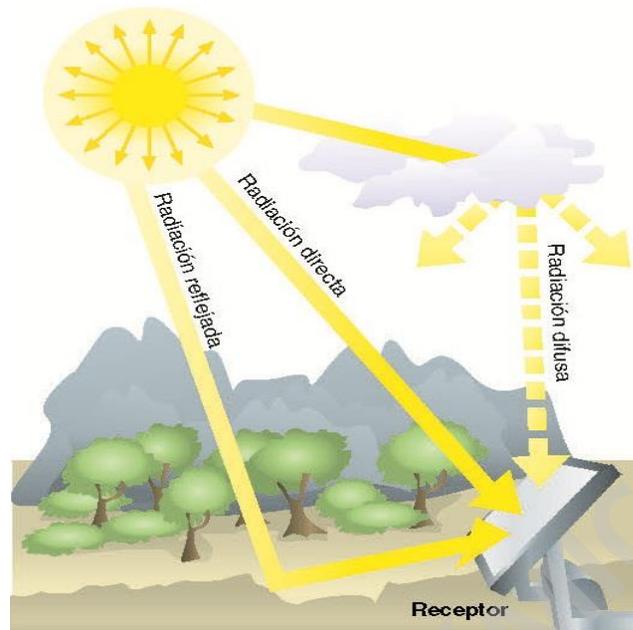


Fuente: www.ecodie.cl/copiapo

3.9 Conceptos Clave Para Comprender la Energía Solar

- ✓ **Radiación Solar:** Es el proceso de emisión, propagación y transferencia de energía en forma de ondas o partículas a través del espacio, en otras palabras, es la energía que viene del sol hacia la tierra, esta puede ser de dos maneras:
- ✓ **Radiación Directa:** es la llega directa desde el sol, sin que sufra algún desvío en su camino.
- ✓ **Radiación Difusa:** esta sufre cambios en su dirección, principalmente debido a la reflexión y difusión de la atmósfera.
- ✓ **Radiación Reflejada:** como su nombre lo indica, es la radiación que se refleja en distintos elementos en el entorno pero llega de igual forma.

Figura 3. 17 Esquema Radiación



Fuente:<http://mba-negocios.blogspot.com/2010/09/que-es-la-radiacion-solar-tipos-de.html>

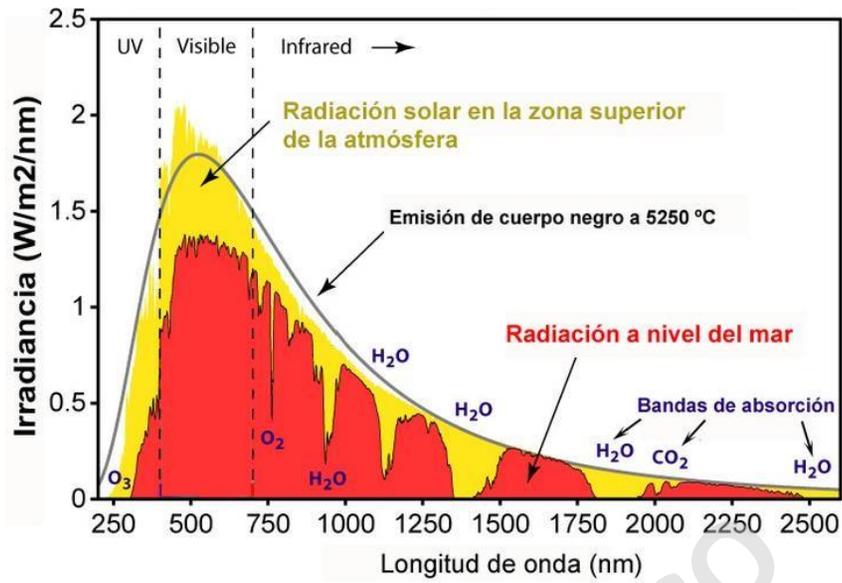
3.9.1 Espectro Electromagnético

La radiación solar es emitida como radiación electromagnética, de esa radiación se puede percibir fácilmente la luz visible pero otras frecuencias son filtradas por la atmósfera.

La descomposición de esta radiación origina el espectro solar, que está formado por tres bandas de longitud de onda comprendidas entre:

- Ultravioleta UV: <380 nm / Cantidad de energía transportada 7%
- Visible: 380 – 780 nm / Cantidad de energía transportada 47%
- Infrarrojo: >780 nm / Cantidad de energía transportada 46%

Figura 3. 18 Espectro Radiación Solar según longitud de onda.



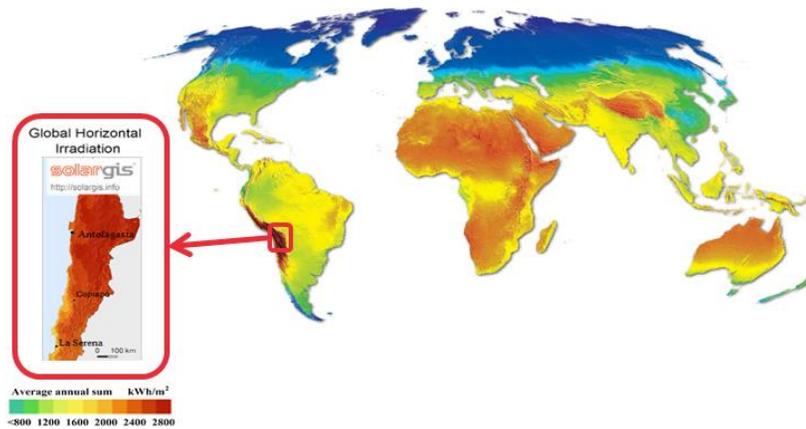
Fuente: www.phinet.cl/ds/teoria/

3.9.2 Radiación Global

De la radiación que procede del Sol, existe una parte que se recibe directamente, y existe otra que proviene de la difusión y de las múltiples reflexiones que se genera la radiación a medida que pasa por la atmósfera, la suma de estas tres es a la que se llama "Radiación Global".

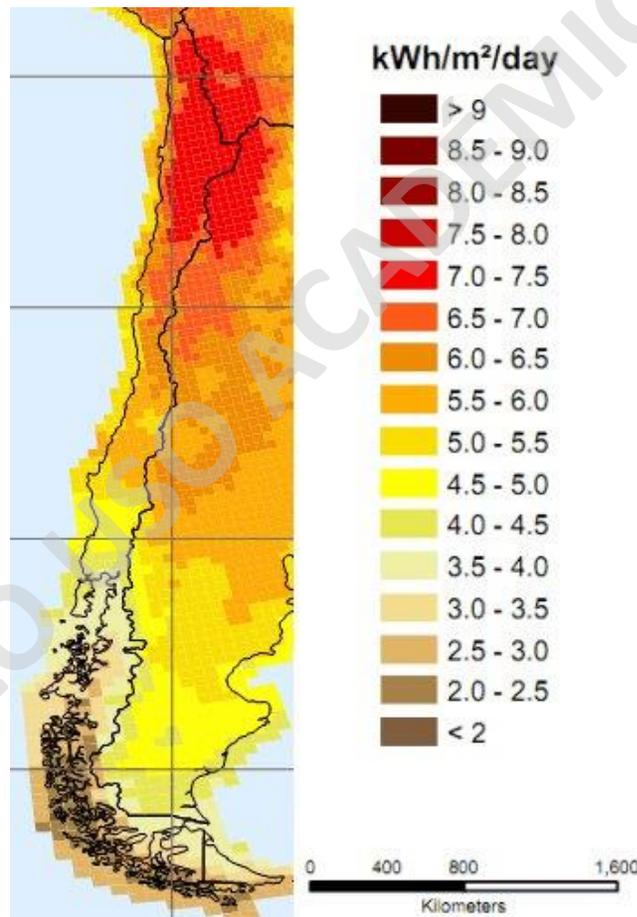
Es por esto que el globo terráqueo se da el llamado "Cinturón Solar Mundial" en donde se logra destacar las zonas con mayor radiación.

Figura 3. 19 Radiación Global



Fuente:<http://www.fie.cl/sobre-fie/dasfios-pais/ernc-industria-solar/>

Figura 3. 20 Radiación solar en Chile



Fuente:<http://www.fie.cl/sobre-fie/dasfios-pais/ernc-industria-solar/>

Al observar la imagen adjunta se puede apreciar claramente que el norte de Chile pertenece a esta franja donde se emplazan los países con mayor radiación por metro cuadrado en el mundo, pero, no es uno más del “top ten”, sino que el Norte de esta larga y angosta franja de tierra, específicamente el Desierto de Atacama se encuentra el primer lugar con una radiación aproximada de 270 W/m².

Figura 3. 21 Tabla con zonas con mayor radiación a nivel mundial

Ubicación / Desierto	Radiación (W/m²)	km² para generar 3 TW
Africa, Sahara	260	144,2
Australia, Great Sandy	265	141,5
Medio oriente, Árabe	270	138,9
Chile, Atacama	275	136,4
EE.UU., Great Basin	220	170,5

Fuente: www.centralenergia.cl

Entonces, al observar los resultados antes expuestos, ¿Por qué no invertir en un proyecto constructivo el cual funcione complementado con energía solar?

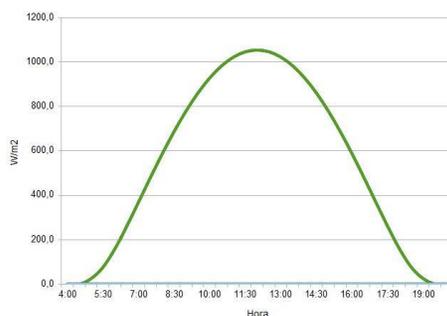
Un ejemplo de esto es que Alemania, uno de los principales productores de energía fotovoltaica en el mundo posee y una radiación equivalente a la de Valdivia.

3.9.3 Irradiancia Solar

Este término se utiliza para determinar la cantidad de energía que puede captar en un área específica, se puede decir, que es la cantidad de radiación solar que cae sobre la superficie terrestre, la que se puede medir en Kilovatios (kW/m²).

Un ejemplo es; Cuando sale el sol por la mañana la irradiancia solar es mucho más baja, y a medida va avanzando el día esta aumenta la altura y la potencia incidente, produciendo el peak máximo al medio día. Se puede decir, la mayor potencia de irradiancia llega al mismo momento en el que el sol alcanza la altura máxima, un día de verano puede llegar alcanzar los 1.000 W/m² y más.

Figura 3. 22 Gráfico ejemplo de Irradiación solar según horario.

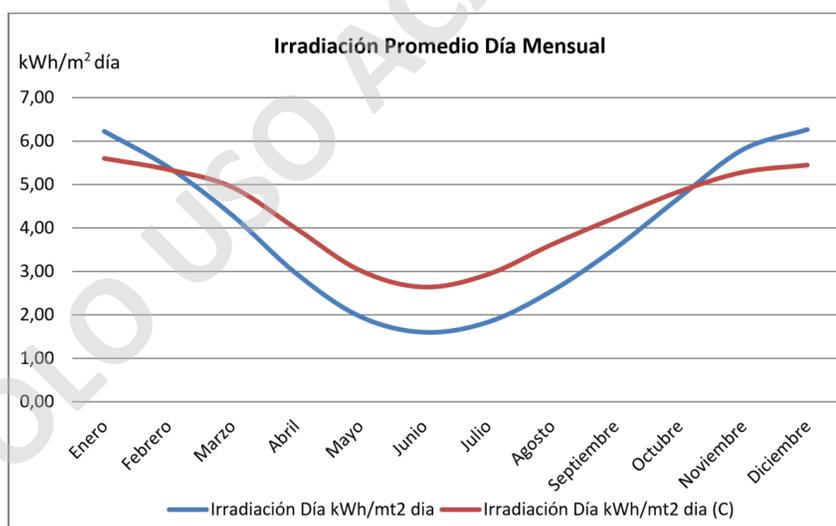


Fuente:

3.9.4 Irradiación Solar

Es la energía por unidad de superficie a lo largo de un tiempo determinado, pudiendo ser por hora, día, mes o año. Su unidad de medida es el kWh/.

Figura 3. 23 Gráfico demostrativo de Irradiación promedio según mes del año



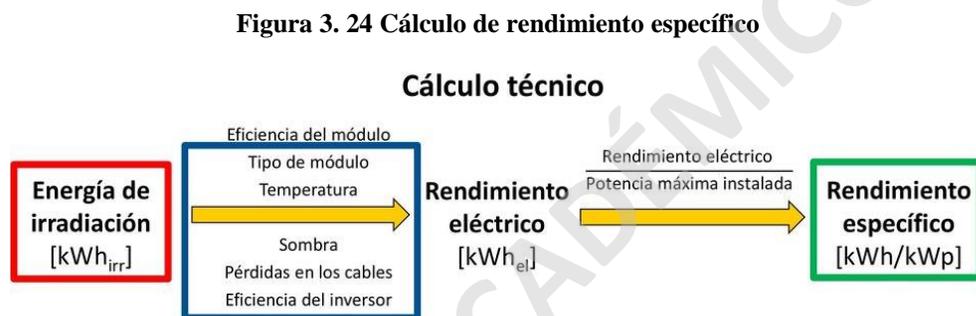
Fuente: <https://www.researchgate.net/figure/Figura-9-Grafica-de-comportamiento-de-la-radiacion-solar>

Dependiendo el momento del día será la potencia de la radiación obtenida, sumado a las condiciones atmosféricas que la amortiguan y la latitud. Se puede asumir que en buenas condiciones de irradiación el valor es de aproximadamente 1000 W/m² en la superficie terrestre. A esta potencia se la conoce como irradiancia.

3.9.5 Rendimiento Específico

El rendimiento específico permite comparar instalaciones fotovoltaicas ubicadas en distintas zonas del globo terráqueo. Su cálculo depende directamente de diversos factores de instalación, como son las coordenadas, el ángulo de inclinación, las sombras que puedan afectar la radiación y el tipo de modulo elegido.

Al dividir la energía producida en un periodo de tiempo por la potencia nominal de la instalación se obtiene el rendimiento específico de la instalación, cuya unidad es KWh/KWp.

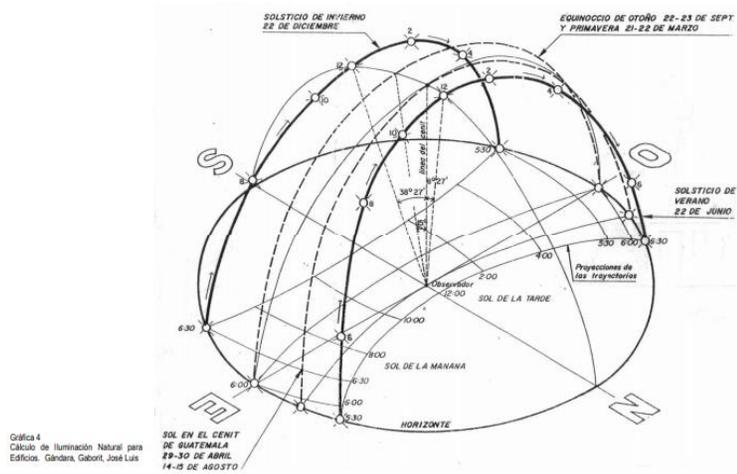


Fuente: Pinterest.com

3.9.6 Carta Solar

Una carta solar es una representación gráfica en planta, que permite obtener la posición del sol en el cielo con respecto a la ubicación de un elemento ubicado en el plano terrestre, considerando una latitud específica. Eligiendo una fecha y hora, se puede obtener el Angulo solar y azimuth correspondiente.

Figura 3. 25 Representación de carta solar

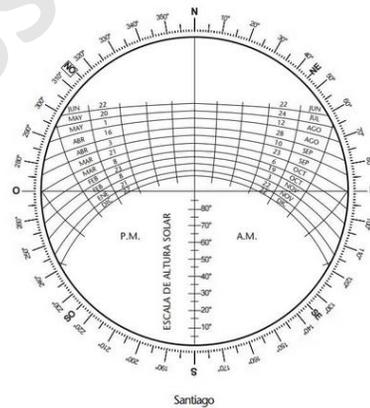


Fuente: <http://www.doyoucity.com/proyectos/entrada/2118>

Existen dos tipos de cartas solares:

- ✓ **Carta solar estereográfica:** La más ocupada dada su facilidad de lectura es la de Fisher o Estereográfica, que basa la proyección del recorrido del sol en una semiesfera.

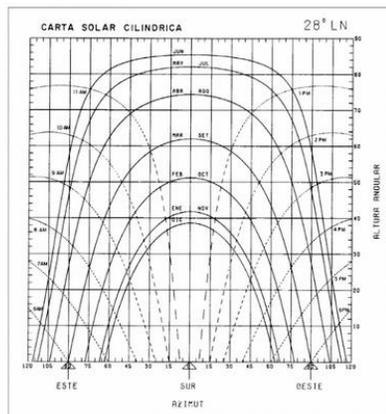
Figura 3. 26 Carta solar estereográfica



Fuente: <http://www.sergioperezarq.com/como-entender-una-carta-solar/>

- ✓ **Carta solar cilíndrica:** como su nombre lo indica basa su proyección en un cilindro cortado por la mitad. La ventaja de esta es que representa el horizonte real en torno al observado, lo que permite un estudio de fachada directamente.

Figura 3. 27 Carta solar cilíndrica



Fuente: <http://www.sergioperezarq.com/como-entender-una-carta-solar/>

Actualmente en el análisis de la luz suele usarse software especializados, pero las cartas solares nunca dejan de ser una herramienta útil, de conocimiento básico para los profesionales del diseño bioclimático, ya que permiten obtener datos rápidamente.

Los datos:

La carta solar consta de una circunferencia en donde se han marcado los ángulos de azimut que van de 0° a 360° con respecto al centro de ella.

Dentro de ella se encuentran los ejes horizontal y vertical en donde en este último en la parte inferior existen marcas que representan la altura o ángulo solar. En algunas cartas solares se dibuja las circunferencias completas con centro en cruce de los ejes.

Las curvas horizontales representan fechas específicas del año que se mueven entre el solsticio de verano e invierno, con sus puntos medios, los equinoccios.

Las curvas verticales, representan las horas del día. En donde se aprecia que durante los equinoccios existe 12 horas de luz solar. Y en los solsticios de invierno y verano estas horas se extienden respectivamente.

El azimut es el ángulo que forma la proyección vertical del sol sobre el horizonte respecto del punto cardinal norte. En el hemisferio sur toma el valor 0° cuando el sol esta exactamente en el norte geográfico y va cambiando a lo largo del día.

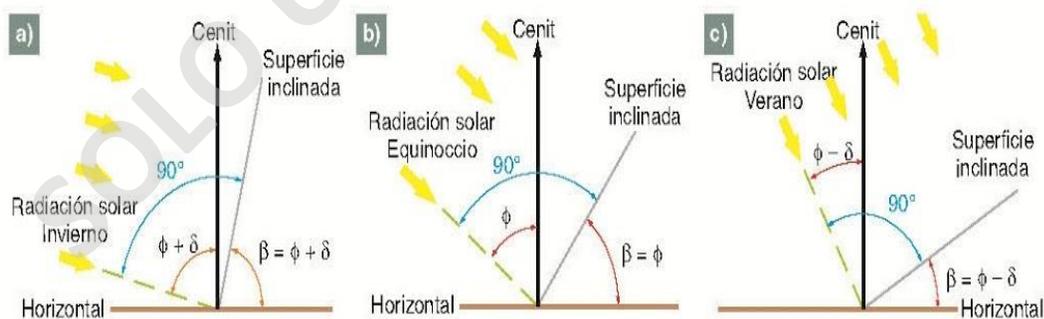
La elevación solar es el ángulo formado por el sol respecto al plano horizontal. Cambia a lo largo del día y tiene su altura máxima a medio día. Esta altura máxima varía a lo largo del año entre el solsticio de invierno y el solsticio de verano.

3.9.7 Inclinación y Orientación.

Es importante determinar la mejor posición de los módulos fotovoltaicos para que éstos reciban la mayor radiación posible. Idealmente estos deben ser ubicados de manera perpendicular al sol, manteniendo esta condición en todo instante, lo que requiere un seguimiento continuo del sol con los módulos. Un sistema de seguimiento requiere una infraestructura más compleja, lo cual no siempre es viable por lo que es necesario disponer de criterios que aprovechen al máximo las condiciones de radiación.

La orientación óptima en el hemisferio sur es hacia el norte (Azimut 0°), aunque no siempre es posible respetar esto, debido a causas arquitectónicas u obstáculos en esa dirección. El efecto que se producirá es una baja producción del generador. Por otra parte, para determinar la inclinación del módulo existen tres criterios que buscan maximizar la energía recibida, ya sea el promedio anual o una estación en particular.

Figura 3. 28 Inclinación de panel solar



Fuente: <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/como-varia-la-captacion-de-energia-solar-en-superficies-inclinadas/>

3.9.8 Tecnología Fotovoltaica.

La tecnología fotovoltaica utiliza celdas construidas generalmente con semiconductores para convertir la radiación solar en electricidad. Existen diversos tipos de celdas fotovoltaicas, sin embargo, el más común en la fabricación de estas es de silicio.

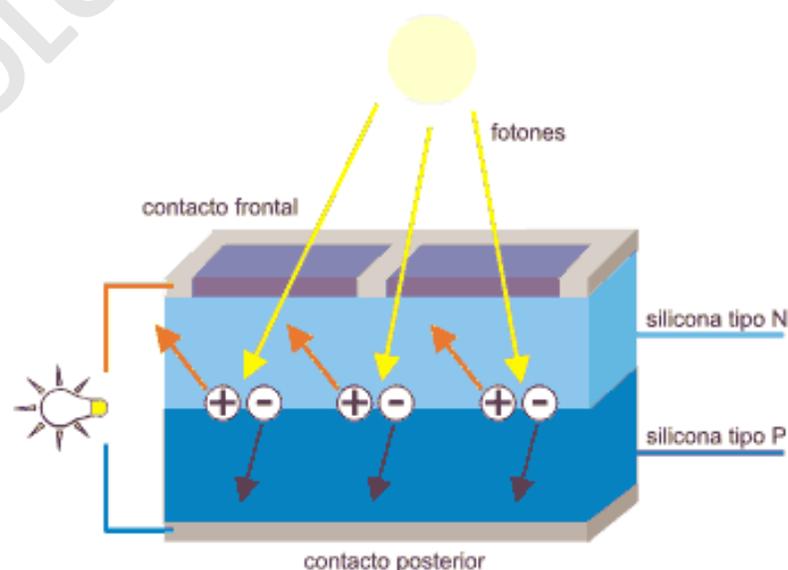
3.9.9 Efecto Fotovoltaico

Este efecto es una de las bases del proceso por el cual una célula fotovoltaica convierte la luz solar en electricidad. La luz solar está compuesta por fotones o partículas energéticas. Los fotones son conocidos ya que son de diferentes energías, y corresponden a diferentes longitudes de onda del espectro solar. Cuando estos fotones inciden con la célula fotovoltaica son reflejados o pasan por medio de este. Solo los fotones absorbidos producen electricidad.

Cuando el fotón es absorbido, la energía cambia a un electrón de un átomo de esta célula y con esa energía se podría escapar de la posición normal que está asociada a un átomo y así ser parte de la corriente de un circuito eléctrico.

Lo más importante de la célula son las capas de semiconductores, es por medio de estas donde se crea la corriente de electrones. Estos son tratados para lograr formar dos capas dopadas (tipo P y N) y así formar un campo eléctrico, positivo en una parte y negativo por otra. La luz solar provoca que al momento de incidir con la célula se liberen electrones para ser atrapados por el campo eléctrico, y así se genera una corriente eléctrica. Las células son fabricadas de este tipo de materiales, estos son materiales que actúan como aislantes para la baja de temperaturas y también como conductores para cuando la energía aumente.

Figura 3. 29 Efecto fotovoltaico



Fuente: <https://ingenieriaelectronica.org/construccion-y-caracteristicas-electricas-de-las-celdas-solares>

Lamentablemente no hay un tipo de material ideal para todos los tipos de células y aplicaciones. Además de los semiconductores las células solares están formadas por una malla metálica superior u otro tipo de contrato para recolectar los electrones del semiconductor y transferirlos a la carga externa, y un contacto posterior para completar el circuito eléctrico. En la parte superior de la célula hay un vidrio u otro tipo de material encapsulado transparente para sellarla y protegerla de las condiciones ambientales, y una capa anti reflexiva para aumentar el número de fotones absorbidos.

Las células fotovoltaicas convierten pues, la energía de la luz en energía eléctrica. El rendimiento de conversión, esto es, la proporción de luz solar que la célula convierte en energía eléctrica, es fundamental en los dispositivos fotovoltaicos, ya que el aumento del rendimiento hace de la energía solar fotovoltaica una energía más competitiva con otras fuentes.

Las células están conectadas, encapsuladas en una estructura o soporte que conforman un módulo fotovoltaico. Estos módulos se diseñaron para suministrar electricidad de un determinado voltaje, generalmente son de 12 o 24 Volts. Cabe destacar que la corriente producida va a depender del nivel de insolación.

La estructura del módulo cuida las células del medio ambiente y estas son durables y fiables. Es bueno saber que un módulo puede ser suficiente para las aplicaciones, y también dos o más módulos se pueden conectar para ser parte de un generador FV. Los módulos fotovoltaicos generan corriente continua (DC) y se conectan en serie y/o en paralelo para de esta forma producir cualquier combinación de corriente y de tensión. Un generador de FV no bombea agua por sí mismo, ni ilumina una casa por la noche., para esto es necesario tener un sistema FV completo, lo que significa un productor FV acompañado de otros componentes, estos se conocen como "resto del sistema" o BOS (del inglés balance of system).

Los componentes varían y también dependen de la aplicación que se quiere proporcionar. Estos sistemas de fotovoltaicos se clasifican como autónomos o conectados a la red eléctrica. Como se puede observar estamos frente a una fuente de energía que aparte de ser renovable es una clara oportunidad para el futuro de cara al planteamiento energético que viene en los próximos años.

CAPITULO 4: PRINCIPIOS ELÉCTRICOS

4.1 La Electricidad

La electricidad es una fuente de energía moderna que puede ser utilizada para iluminación de los inmuebles, transformación de productos, funcionamiento de sistemas de comunicaciones, incremento de la producción agrícola, extracción minera, etc

El proceso de llevar energía eléctrica a campamentos o faenas alejadas de las grandes ciudades exige la implementación de alternativas adecuadas, eficientes y de fácil uso para el usuario final.

El sistema fotovoltaico permite aprovechar la energía solar, transformarla en energía eléctrica, almacenarla y brindarla según sea su uso. Este aprovechamiento de la energía solar asegura el acceso a la electricidad permitiendo el uso de equipos de iluminación, artefactos electrodomésticos y/o pequeños motores, según sea la necesidad.

Pero la adecuada implementación del sistema fotovoltaico exige un adecuado conocimiento del funcionamiento de los distintos componentes que forman tal sistema.

Figura 4. 1 Portada de publicación ¿Qué es la energía?



<https://sites.google.com/site/grupoazulenergianuclear>

- ✓ **La electricidad:** Es el conjunto de fenómenos físicos relacionados con la atracción de cargas negativas o positivas. Puede hacer funcionar desde pequeños equipos como radios, celulares y televisores hasta equipos de gran potencia como motores, refrigeradoras, etc. Para entender cómo funciona es fundamental manejar tres conceptos importantes:

- ✓ **El voltaje:** Es la tensión, fuerza o presión que ejerce una fuente de energía eléctrica. Su unidad de medida es el **Voltio (V)**.
- ✓ **El amperaje:** Es la cantidad de carga eléctrica o corriente que atraviesa un conductor. Su unidad de medida es el **Amperio (A)**, que nos dice cuánta corriente circula por los circuitos eléctricos.

Figura 4. 2 Voltaje y Amperaje



Fuente:<http://miguelk08.blogspot.com/2017/>

- ✓ **La resistencia:** Es lo que se opone a la circulación de la corriente eléctrica, se le representa con la letra (R). Su unidad de medida es el **Ohmio (Ω)**.

A mayor resistencia menor corriente, a menor resistencia mayor corriente. En el caso de los conductores eléctricos, un cable largo y fino presenta mucha resistencia por tanto soporta muy poca corriente; mientras que un cable corto y grueso presenta poca resistencia y soporta más corriente.

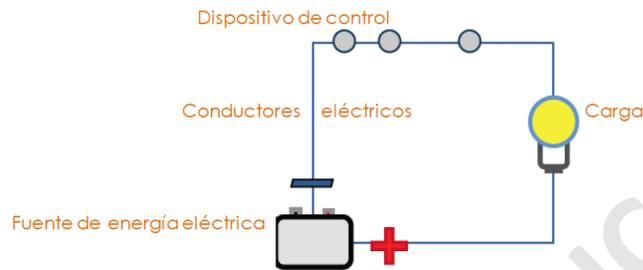
4.2 Circuito Eléctrico

Un circuito eléctrico está formado por cuatro componentes, que ordenados y conectados adecuadamente permiten el paso de la corriente. Estos son:

1. Una **fuentes de energía eléctrica** que pueda dar una corriente eléctrica a través del circuito. Por ejemplo: red eléctrica, batería, pila.
2. **Conductores eléctricos**, que es por donde circula la corriente dentro del circuito.

3. **La carga**, conformada por todos los equipos y artefactos conectados, y a los que se requiere hacer funcionar.
4. Un **dispositivo de control** u otro dispositivo que permite conectar o desconectar las cargas. Por ejemplo: un interruptor.

Figura 4. 3 Circuito Eléctrico



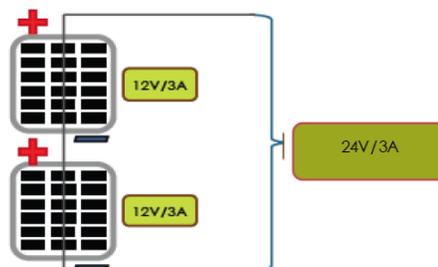
Fuente: <http://eurisfaquino.blogspot.com/p/circuito-electrico>

4.2.1 Circuito en Serie

En un circuito en serie el polo positivo de un panel está conectado al polo negativo del otro panel.

El voltaje total es la suma de todas las fuentes de voltaje, y la intensidad de corriente permanece constante.

Figura 4. 4 Circuito en serie

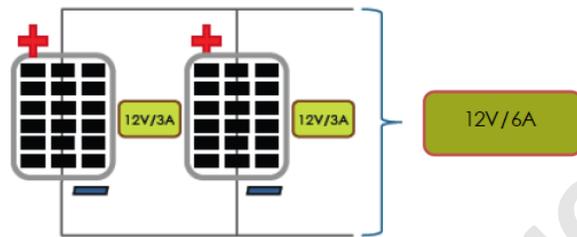


Fuente: <http://eurisfaquino.blogspot.com/p/circuito-electrico>

4.2.2 Circuito Paralelo

En un circuito paralelo, los polos positivos están conectados con los positivos, y los polos negativos están conectados con los negativos. Además, la tensión es constante y las intensidades de corriente se suman.

Figura 4. 5 Circuito Paralelo



Fuente: <http://eurisfaquino.blogspot.com/p/circuito-eléctrico>

SOLO USO ACADÉMICO

CAPITULO 5: ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

La tecnología solar fotovoltaica (FV) consiste en la conversión directa de la radiación del Sol en electricidad. Esta conversión se realiza a través de la célula solar, unidad básica en la que se produce el efecto fotovoltaico. La energía solar fotovoltaica es generada para un amplio abanico de aplicaciones donde se necesite generar electricidad, bien sea para satisfacer las necesidades energéticas de aquellos que no disponen de la red eléctrica (sistemas fotovoltaicos autónomos) o bien para generar energía a la red eléctrica (sistemas conectados a la red).

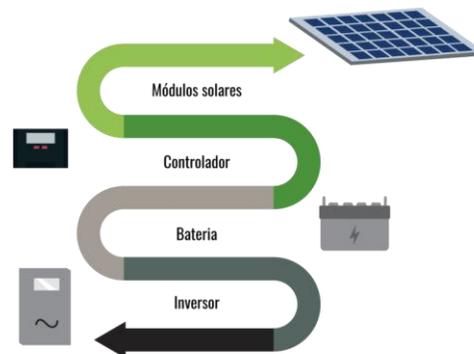
Se puede realizar una primera clasificación de los sistemas fotovoltaicos en función de si están o no conectados a la red eléctrica convencional:

- Sistemas fotovoltaicos autónomos son aquellos que están aislados de la red eléctrica.
- Sistemas fotovoltaicos conectados a la red son aquellos que están directamente conectados a la red eléctrica.

Una de las principales características de los generadores fotovoltaicos que los diferencia de otras fuentes de energía renovable es que únicamente producen electricidad cuando reciben la luz del Sol y además la cantidad de energía que generan es directamente proporcional a la irradiancia solar que incide sobre su superficie.

Resulta evidente que en multitud de aplicaciones el consumo energético se produce independientemente de la radiación solar, claro ejemplo resulta un sistema de iluminación donde precisamente de lo que se trata es de tener energía durante la noche. En este tipo de aplicaciones es necesario incluir un sistema de almacenamiento energético o de acumulación, en los sistemas fotovoltaicos la energía producida por los módulos se almacena en baterías. En otras aplicaciones, como el bombeo de agua o los sistemas conectados a la red no se necesitan baterías, en el primer caso la energía se acumula en forma de energía hidráulica mientras que en el segundo la energía se acumula en la propia red eléctrica.

Figura 5. 1 Componentes de un sistema solar fotovoltaico



Fuente: <https://www.sunsupplyco.com/componentes-de-un-sistema-de-energia-solar/>

En general, un sistema fotovoltaico estará formado por los siguientes elementos:

5.1 Panel

Es el generador FV y también responsable de transformar la energía del sol en energía eléctrica. Está constituido por varios módulos de fotovoltaicos, los que pueden estar conectados en serie o en paralelo, y al mismo tiempo cada módulo fotovoltaico está conformado por pequeñas unidades llamadas células fotovoltaicas.

La fuerza que puede lograr suministrar una única célula FV común es la del orden 3W. Este valor es pequeño para la gran mayoría de las aplicaciones y demanda energética que éstas pueden traer, lo que produce que el fabricante las presente conectándolas en serie y/o en paralelo para formar los módulos FV, que son los que hoy en día se encuentran en el mercado.

La energía que puede suministrar un módulo FV solo depende del número de células que este tenga. Un valor de generación promedio para módulos compuestos por 36 células conectadas entre 50 y 100 W, esto también depende del área de cada una de las células. Si esta potencia no es suficiente para una determinada aplicación, la persona encargada de instalar conecta los módulos que sean necesarios (en serie y en paralelo) hasta que se logra la potencia requerida.

Existe un parámetro estandarizado para clasificar su potencia que se denomina potencia pico, y corresponde a la potencia máxima que el módulo puede entregar bajo condiciones estandarizadas, que son:

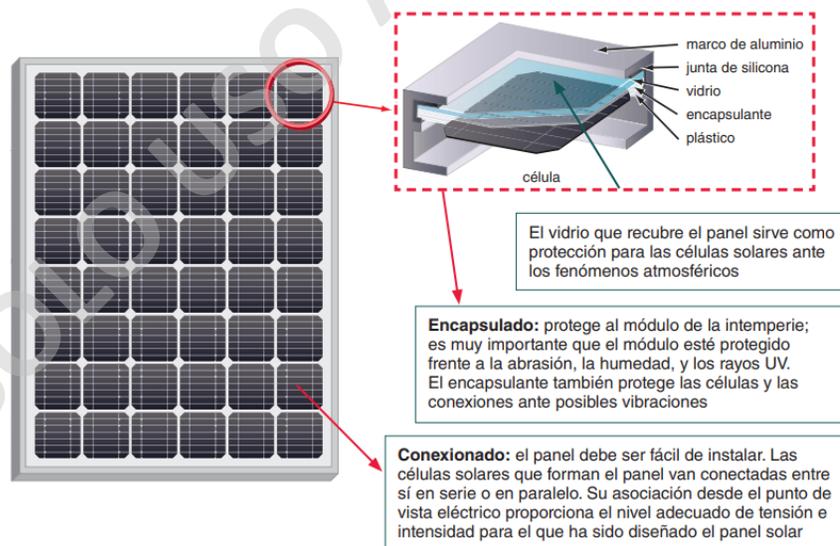
- Radiación de 1.000 W/m²
- Temperatura de célula de 25° C

Alrededor del 90% de la tecnología fotovoltaica se basa en el uso de alguna variación del silicio.

El silicio usado en fotovoltaica puede presentarse en distintas modalidades, donde la mayor diferencia entre ellas es la pureza del silicio usado. Cuanto más puro es el silicio, mejor alineadas están sus moléculas, y mejor convierte la energía solar en electricidad. Por tanto, la eficiencia de los paneles solares va de la mano con la pureza del silicio, y así también su precio.

Según lo anterior, los paneles se dividen en:

Figura 5. 2 Componentes de un panel solar.



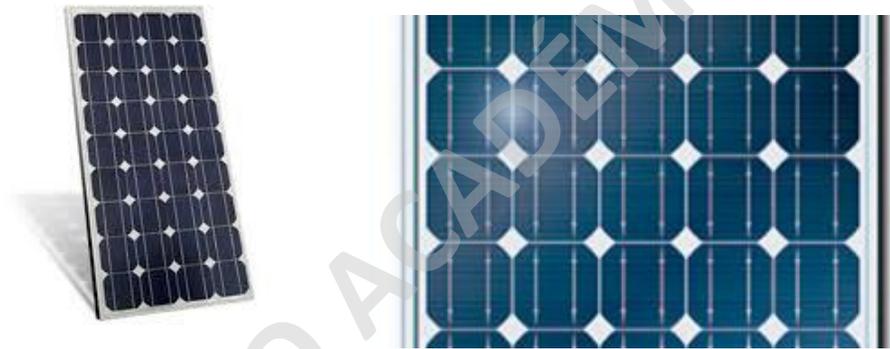
Fuente: Libro: Instalaciones solares fotovoltaicas; Tomás Díaz Corcobado, Guadalupe Carmona Rubio

5.1.1 Cristalinas

- ✓ **Monocristalinas de celdas de Silicio:** Las celdas monocristalinas se fabrican con bloques de silicio 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, lo que les da esa apariencia característica.

Se componen de secciones de un único cristal de silicio y son bastante fáciles de reconocer por su coloración y aspecto uniforme, que indica una alta pureza en silicio, tal como se muestra en la imagen:

Figura 5. 3 Panel fotovoltaico Monocristalino



Fuente: Pinterest.com

5.1.2 Ventajas de los Paneles Solares Monocristalinos:

- 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 algunas marcas supera 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.

5.1.3 Desventajas de los Paneles Monocristalinos:

- Son más caros. Valorando el aspecto económico, resulta más ventajoso usar paneles policristalinos.
- Si el panel se cubre parcialmente por una sombra, suciedad o nieve, el circuito entero puede averiarse.

El proceso Czochralski es el usado para la fabricación de silicio monocristalino. Como resultado, se obtienen bloques cilíndricos. Posteriormente, se recortan cuatro lados para hacer las láminas de silicio. Se derrocha una gran cantidad de silicio en el proceso.

- ✓ **Policristalinas:** Estos están formadas por pequeñas partículas cristalizadas. A diferencia de los paneles monocristalinos, en su fabricación el silicio en bruto se funde y se vierte en un molde cuadrado. A continuación, se enfría y se corta en láminas perfectamente cuadradas.

Figura 5. 4 Panel fotovoltaico policristalino



Fuente: Pinterest.com

5.1.4 Ventajas de los Paneles Policristalinos

- 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.

5.1.5 Inconvenientes de los Paneles Policristalinos

- 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 monocristalinos.

5.1.6 De Capa Fina

El fundamento de estos paneles es depositar varias capas de material fotovoltaico en una base. Dependiendo de cuál sea el material empleado se puede encontrar paneles de capa fina de silicio amorfo, de telururo, de cadmio, de cobre, indio, galio y selenio o células fotovoltaicas orgánicas.

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.

Figura 5. 5 Panel fotovoltaico de capa fina



Fuente: Pinterest.com

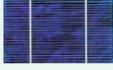
5.1.7 Ventajas de los Paneles Fotovoltaicos de Capa Fina:

- Se pueden fabricar de forma muy sencilla y en grandes cantidades. Esto hace que sean más económicos 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.

5.1.8 Desventajas de los Paneles de Capa Fina:

- 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.

Figura 5. 6 Cuadro comparativo de los principales tipos de silicio existentes en el mercado.

Células	Silicio	Rendimiento laboratorio	Rendimiento directo	Características	Fabricación
	Monocrystalino	24 %	15 - 18 %	Son típicos los azules homogéneos y la conexión de las células individuales entre sí (Czochralski).	Se obtiene de silicio puro fundido y dopado con boro.
	Policristalino	19 - 20 %	12 - 14 %	La superficie está estructurada en cristales y contiene distintos tonos azules.	Igual que el del monocrystalino, pero se disminuye el número de fases de cristalización.
	Amorfo	16 %	< 10 %	Tiene un color homogéneo (marrón), pero no existe conexión visible entre las células.	Tiene la ventaja de depositarse en forma de lámina delgada y sobre un sustrato como vidrio o plástico.

Fuente: Pinterest.com

5.2 Regulador de Carga

El regulador es un dispositivo electrónico, que cumple con una importante función en el sistema fotovoltaico, es el encargado de controlar y supervisar el proceso de carga y descarga de las baterías, para que estas no sufran de sobrecargas o sobredescargas, que afectarían en la eficiencia del sistema y reducirían considerablemente la vida útil de las mismas. Los reguladores de carga son capaces de desconectar el consumo, cuando comprueba que la descarga de la batería ha superado cierto rango de la capacidad nominal de almacenamiento.

Otra característica importante del regulador es que controla el flujo de la corriente de carga desde de los paneles FV, hacia la batería, como también el flujo de la corriente de descarga desde la batería hacia los artefactos de consumo. El regulador detecta todos estos parámetros midiendo la tensión la batería en todo momento.

Figura 5. 7 Reguladores de carga



Fuente: <https://www.mpptsolar.com/es/regulador-de-carga-solar-mppt.html>

5.3 Batería

La energía producida por el generador FV se acumula en caso de ser necesario, en un sistema de batería, al contrario, sería un equipo conectado a la red, ya que como se vio anteriormente éstos dependen únicamente de ella.

Debido a que en los sistemas fotovoltaicos la generación de energía es un recurso variable, dependiendo directamente de la radiación solar incidente, la que puede ser afectada por ejemplo en los días nublados, donde la radiación baja considerablemente o en la noche, cuando el aporte energético es nulo, existe la opción de acumular la energía producida en baterías cuya principal función es, es almacenar la energía eléctrica producida por el generador solar, durante el día, para poder entregar la energía cuando se requiera, en los periodos cuando no se disponga del recurso solar.

Por ejemplo, en un sistema de iluminación fotovoltaica off grid la batería se carga durante el día y se descarga durante la noche.

En el mercado existen distintos tipos de baterías, entre las cuales destacan:

- Baterías de plomo-ácido
- Baterías alcalinas
- Baterías de iones de litio

Sin embargo, los tipos de baterías comúnmente más utilizados en los sistemas solares fotovoltaicos, son las de plomo-ácido selladas de ciclo profundo, es decir que tienen una carga y descarga más lenta que por ejemplo las automotrices.

Figura 5. 8 Batería Plomo-ácido



Fuente: <http://ahorro-energetico.es/tienda/energia-fotovoltaica/bateria-solar-plomo-acido>

5.4 Inversor

Otro componente importante en el sistema fotovoltaico, es el inversor de carga, este dispositivo se encarga de suministrar corriente de tipo alterna, como el que se dispone de la red de suministro público, para el funcionamiento de los artefactos eléctricos del hogar que funcionen con este tipo de corriente, que corresponden a la gran mayoría.

Por lo anterior, la principal función del inversor de carga, es convertir la corriente de tipo continua que suministran las baterías, en corriente alterna, para poder entregar energía a las cargas alternas que se deseen energizar.

Figura 5. 9 Inversor fotovoltaico



Fuente: <http://www.areatecnologia.com/electricidad/inversor-fotovoltaico.html>

Principalmente en el mercado fotovoltaico se pueden encontrar dos tipos de inversores:

- Inversores para sistemas en red (On grid).
- Inversores para sistema fuera de red (Off grid).

5.4.1 Inversores Off Grid

Se refieren a los inversores para los sistemas fotovoltaicos autónomos, es decir que no están conectados a la red de suministro eléctrico y funcionan con sistema de acumulación en baterías. No son sincrónicos, por tanto entregan energía eléctrica sin necesidad de detectar una red.

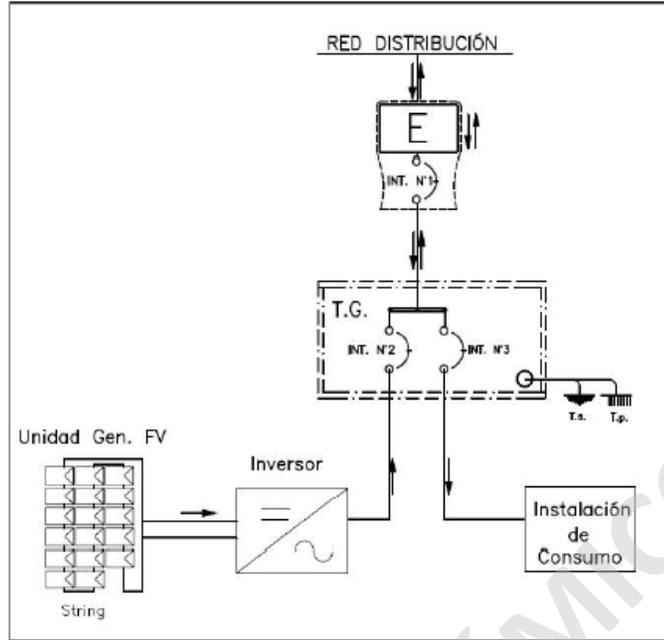
5.4.2 Inversores On Grid

Se refiere a los inversores utilizados para sistemas fotovoltaicos conectados a la red de suministro eléctrico, ya sea una red interna doméstica, industrial o una red pública externa. Existen de 240 W de potencia hacia arriba. La energía generada la inyecta a una red viva de energía eléctrica, por tanto son de tipo sincrónico: detectan una red, leen la tensión y frecuencia para adaptarse a dichos parámetros e inyectar energía eléctrica. Si no detectan una red no funcionan.

5.5 Conexión a la Red

Según la Norma Técnica de la Ley 20.571 para sistemas conectados a red, los inversores que se utilicen para inyección de excedentes de energía eléctrica a la red, deben estar inscritos y certificados en la SEC, y el conexionado debe estar de acuerdo al siguiente diagrama extraído de la Norma Técnica de la Ley 20.571.

Figura 5. 10 Esquema de red de distribución eléctrica



Fuente: Pinterest.com

SOLO USO ACADÉMICO

CAPITULO 6: ESTUDIO CASO, OFICINA CENTRAL AUTOSUSTENTABLE PARA FAENA MINERA.

6.1 Objetivo Especifico

Mediante esta Memoria de título se busca presentar un proyecto de oficina de faena modular para minería, la cual funcionará con un sistema de consumo energético mixto lo que se traduce en menores costos de producción para la empresa.

Todo lo anterior se demostrará mediante la investigación e introducción en la materia de construcción modular, específicamente modulo minero, en conjunto a la eficiencia energética y el uso de energías renovables no convencionales.

6.2 Objetivos Generales

Para lograr un proyecto de alta calidad se postula los siguientes objetivos específicos:

- Introducir sobre la construcción modular industrializada.
- Presentar al lector componentes y principales características de la construcción modular.
- Indagar en normativa de construcción modular para minería.
- Deducir y demostrar ventajas y desventajas de la construcción modular industrializada.
- Presentar imágenes y gráficos demostrativos con el fin de presentar una información clara y concisa.
- Introducir al lector sobre el uso de energía renovable.
- Presentar componentes y montaje de un sistema solar fotovoltaico.
- Demostrar la eficiencia de un sistema de consumo energético mixto frente a un sistema de consumo energético 100% de la red.

CAPITULO 7: OFICINA CENTRAL AUTOSUSTENTABLE PARA FAENA MINERA.

7.1 Zona a la Cual se Enfoca el Proyecto

Este proyecto va enfocado directamente al sector minero, específicamente territorio desértico como es Antofagasta. Por lo tanto, a continuación, se evaluará la radiación del lugar para determinar la factibilidad del proyecto solar fotovoltaico.

7.2 Presentación de Módulo

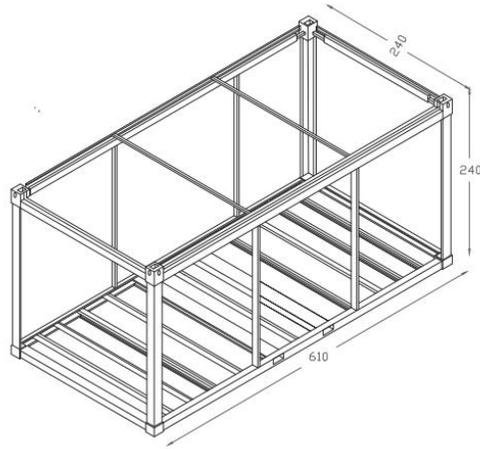
Para este proyecto se utilizará como estructura base un módulo tipo Flat Pack, con dimensiones estándares de contenedor Dry Van, las cuales se detallan actualmente.

- Longitud: 20' / 6100mm
- Ancho: 8' / 2440mm
- Altura: 8'6" / 2592mm
- Peso bruto: 1970 kg

Este modelo de contenedor será diseñado de acuerdo a estándares internacionales ISO, norma la cual rige las dimensiones estandarizadas que debe tener un container para ser transportado mediante buques o camiones. Cada módulo tendrá las mismas medidas y los mismos puntos de izaje que un contenedor marítimo convencional.

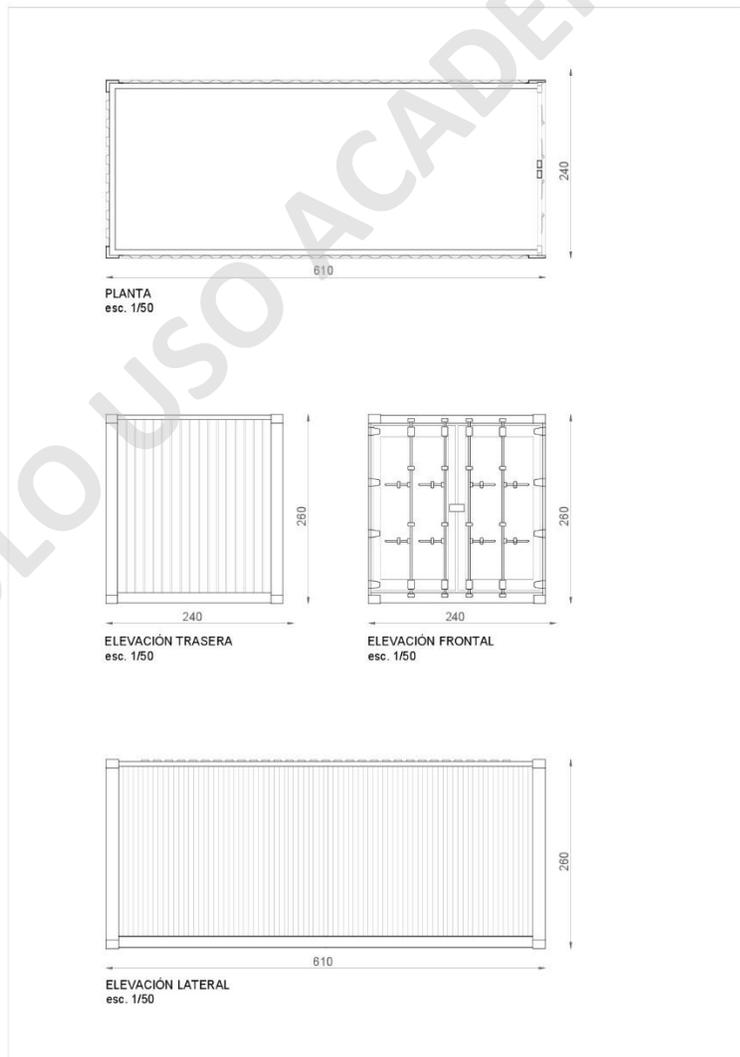
Su presentación será como una estructura metálica ligera, la cual contará con un piso base y cubierta como estructura horizontal y cuatro postes como estructura vertical, los cuales serán removibles y ensamblables para conformar el módulo. Las partes antes mencionadas aparte de ser ensambladas se asegurarán mediante pernos.

Figura 7. 1 Esquema de estructura proyecto de módulo



Fuente: Elaboración propia

Figura 7. 2 Planimetría proyecto de módulo.



Fuente: Elaboración propia

Cada módulo es capaz de soportar dos pisos sobre sí sin presentar problemas, sobre los dos pisos se requiere una estructura externa para soportar los niveles superiores. En este caso es poco relevante, ya que la oficina está diseñada para trabajar en un piso de altura, pero, deja abierta la opción de ampliación vertical.

El modo de entrega del módulo será totalmente desmontado o en su configuración de transporte, la cual no mide más de 65 cm. De altura, cualidad que lo transforma en un elemento perfecto para satisfacer la necesidad de fácil transporte. Si se lleva el dato anterior a un ejemplo se puede decir que 4 módulos flat Pack ocupan el mismo espacio que un módulo fabricado en un container marítimo, algo que influye directamente en tiempo y costo de la instalación de las oficinas.

7.3 EETT

7.3.1 Muros

Panel sándwich de 50 mm de espesor con interior de lana mineral estándar, la cual a su vez se encuentra protegida de ambos lados por chapas de acero prelacado de 0,5mm de espesor. Se justifica espesor de paneles por la zona en la que se ubicará la oficina.

Se opta por sistema de paneles sándwich, los cuales aseguran un muy buen aislamiento tanto térmico, como acústico del contenedor. Estos paneles son muy versátiles y cómodos de trabajar, ya que pueden ser adaptados de acuerdo a las necesidades y condiciones climáticas del lugar donde se emplazará la oficina.

En las uniones de los container se instalará cubre juntas para sellar por completo la estructura.

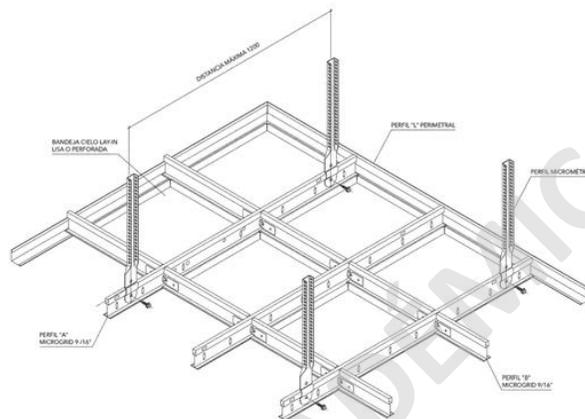
7.3.2 Cubierta

Se consulta por panel Sándwich 50 mm con interior de polietileno expandido recubierto por planchas de acero. Se elige sistema panel sándwich como cubierta para este proyecto por su alta calidad como aislante térmico, requisito fundamental para la zona en la que se emplazará el proyecto. Sobre ésta se instalará paneles solares, los cuales cumplirán la función de generar energía para abastecer la oficina.

7.3.3 Cielo Falso

Bajo la cubierta se instalará cielo falso tipo Drywall o similar, el cual irá instalado mediante fijaciones metálicas, conformando una estructura para posar las palmetas el cual estará fijado a la cubierta mediante pernos auto perforantes.

Figura 7. 3 Esquema de componentes cielo falso



Fuente: Chilecubica.cl

7.3.4 Piso

Revestimiento interior de piso, placa de OSB estructural 18 mm, fijado a la estructura mediante uso de pernos auto perforantes y cubierto con vinílico imitación piso flotante para un mejor acabado. Como terminación se contempla guardapolvos y cornizas de poliestireno en cada una de las caras interiores.

7.3.5 Ventanas

Se considera uso de ventanas PVC tipo termopanel por su excelente calidad como aislante termoacústico, lo que contribuye directamente con lo que se busca, que es reducción de costos. Además de ser muy amigable con el medio ambiente y su bajo costo en mantenimiento.

7.3.6 Puerta

Una puerta de acceso metálica de 0.80 x 2.00 Mts. con cerradura de seguridad.

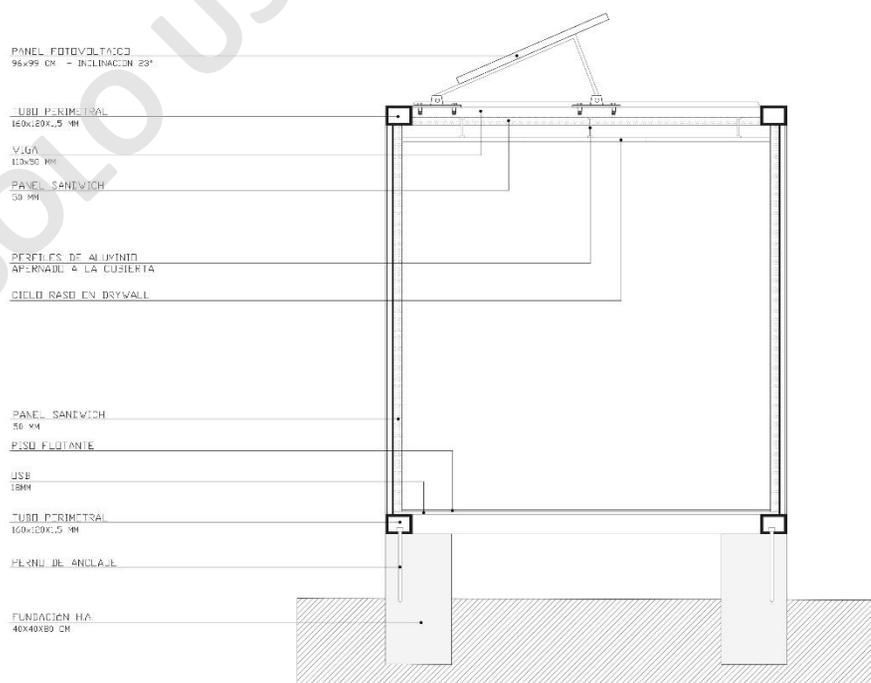
7.3.7 Fundaciones

On ya que el uso del edificio y su peso lo permite perfectamente. Se considera fundación aislada de dimensión mínima 40x40x80 cms, los cuales irán en cada esquina más otros dos adicionales, los que irán cada uno en la parte media de la viga inferior del container. Los dos últimos elementos de hormigón mencionados se instalan por seguridad, ya que debido a que los contenedores están contruidos para transportar carga en movimiento en barcos, camiones y grúas, por lo cual están provistos de una estructura de piso que soporta 21 Toneladas y Columnas en cada esquina que en total soportan 192 Toneladas (8 unidades de container, uno sobre otro).

Se considera que el container este unido estructuralmente a fundación, respecto al centro de esta, mediante placas de acero, que permitan soldar o fijar con pernos la estructura.

Otro punto por el cual elegí los poyos de fundación es porque estos tienen menor superficie de contacto con el suelo y el contenedor, disminuyendo considerablemente la transmitancia térmica desde el terreno hasta la estructura.

Figura 7. 4 Escantillón de unidad modular, se detalla estructura y materialidades



Fuente: Elaboración propia

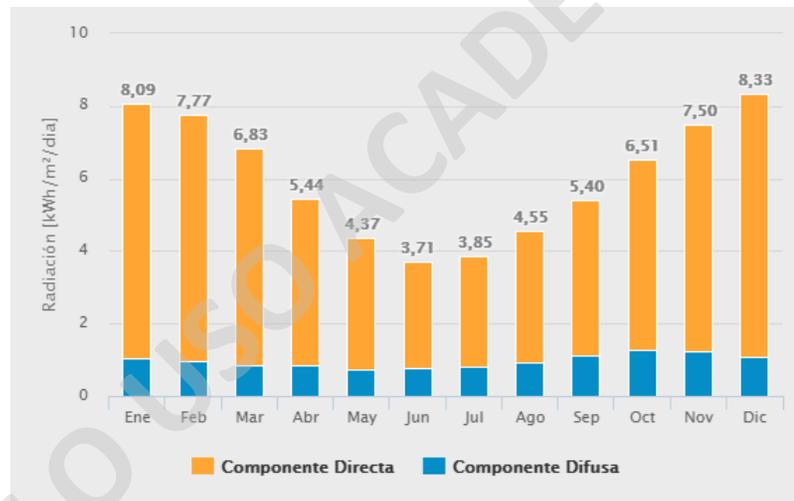
7.4 Dimensionamiento Instalación Fotovoltaica

7.4.1 Disponibilidad de Datos de Radiación

Para estimar la producción eléctrica de la planta se toma como fuente de datos los valores de radiación global horizontal disponibles en el Explorador De Energía Solar, perteneciente a la Universidad de Chile en conjunto con el Ministerio de Energía.

La radiación diaria promedio por mes para el Proyecto durante los meses de todo el año, disponible en el Reporte Solar entregado por el Explorador De Energía Solar se muestra en la siguiente figura la radiación diaria incidente en un plano horizontal.

Figura 7. 5 Gráfico radiación anual Antofagasta



Fuente:Minergia.cl/exploradorsolar

Para el cálculo de la producción eléctrica fotovoltaica, sin embargo, interesa determinar la radiación sobre la superficie de los paneles. Este valor depende de la latitud, de la climatología del lugar y de la naturaleza de la superficie receptora.

Para maximizar la producción del generador fotovoltaico durante todo el año la orientación del plano generador fotovoltaico deberá tener un ángulo de azimut lo más cercano a cero respecto al Norte, con una inclinación que aumente la incidencia perpendicular de los rayos del sol. Para este proyecto en particular, la orientación de los paneles se encuentra a 0° Norte con una inclinación de 23° respecto a la horizontal, de

este modo se aprovechará al máximo la radiación existente en el lugar de emplazamiento y se le sacará el máximo provecho a la instalación eléctrica fotovoltaica, disminuyendo así el consumo mensual de energía directa de la red.

7.4.2 Energía Estimada a Generar

Para estimar la energía que debe tener el proyecto fotovoltaico, es necesario conocer los consumos que este será capaz de abastecer. Es por ello que para el proyecto Oficina modular Fotovoltaica se establecen dos puntos de consumo importantes que son:

Tabla 7. 1 Consumo energético del proyecto

Artefacto	Cantidad	Consumo	Hrs de uso	kWh/día/costo	kWh/mes/costo	kWh/año/costo
Luminaria LED	26	20[W]	8 hrs	5.2[kWh/día] \$493	156[kWh/mes] \$14.790	1898[kWh/año] \$179.946
Notebook	15	65[W]	8 hrs	3.9[kWh/día] \$370	117[kWh/mes] \$11.093	1423.5[kWh/año] \$134.959
TOTAL CONSUMO				9,1 kWh/día	273 kWh/mes	3.321,5 kWh/año

Fuente: Elaboración propia

De la información obtenida por medio del explorador solar y adjunta en la carpeta explorador solar se puede calcular que:

Figura 7. 6 Generación mensual energética según cantidad de paneles

Cantidad Paneles	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
1	2,75	2,69	2,49	1,98	1,51	1,33	1,36	1,56	1,96	2,21	2,54	2,71
2	5,51	5,37	4,97	3,96	3,02	2,67	2,73	3,12	3,92	4,42	5,08	5,41
3	8,26	8,06	7,46	5,94	4,53	4,00	4,09	4,69	5,88	6,63	7,61	8,12
4	11,01	10,74	9,94	7,92	6,03	5,33	5,45	6,25	7,84	8,84	10,15	10,83
5	13,77	13,43	12,43	9,90	7,54	6,67	6,82	7,81	9,80	11,05	12,69	13,53
6	16,52	16,11	14,91	11,87	9,05	8,00	8,18	9,37	11,76	13,26	15,23	16,24
7	19,27	18,80	17,40	13,85	10,56	9,33	9,54	10,93	13,72	15,47	17,76	18,95
8	22,03	21,48	19,88	15,83	12,07	10,67	10,91	12,50	15,68	17,68	20,30	21,65
9	24,78	24,17	22,37	17,81	13,58	12,00	12,27	14,06	17,64	19,89	22,84	24,36
10	27,53	26,85	24,85	19,79	15,08	13,33	13,63	15,62	19,60	22,10	25,38	27,06

Fuente: www.minergia.cl/exploradorsolar

Por lo tanto, se necesitarían 9 Paneles de 320[Wp] para abastecer el consumo, ya que estos generarían 12,00 [kW/h/] para los meses de invierno (Meses más desfavorables). Se opta por instalar uno adicional en caso de que alguno sufra problemas.

7.4.3 Panel Fotovoltaico

El módulo fotovoltaico elegido para esta instalación es el modelo YL320P-35b con una potencia de 320 Wp, de la marca Yingli Solar. Está diseñado tanto para sistemas conectados a la red y sistemas aislados. El módulo solar se caracteriza por su excelente elaboración y componentes de alta calidad. Cada módulo cuenta con 72 células de silicio policristalinas que permiten un excelente rendimiento, incluso con poca irradiación solar, que para este proyecto no es el caso. Los módulos solares de Yingli Solar están certificados según las exigencias europeas e internacionales, CE, TUV, IEC61215, IEC61730, PVCycle y están aprobados por la SEC.

A continuación, se presentan las características técnicas del módulo fotovoltaico Yingli Solar YL320P-35b.

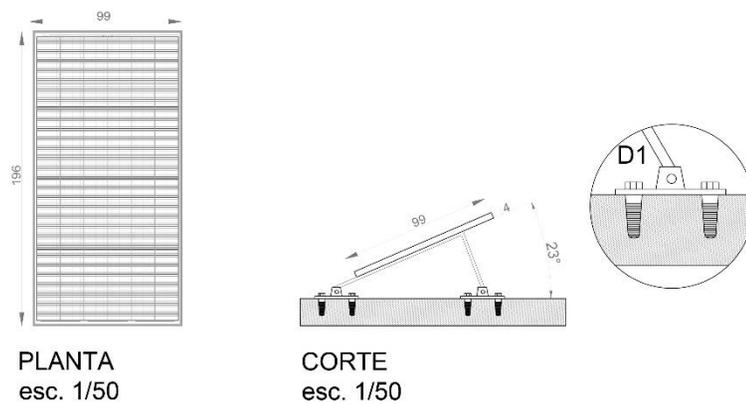
Cada panel irá anclado a la cubierta mediante fijaciones apornadas.

Tabla 7. 2 Especificaciones técnicas panel fotovoltaico elegido para el proyecto

Potencia [Wp]	320
Tensión de circuito Abierto [Voc]	46
Tensión de Punto de Máxima Potencia [Vmpp]	37
Corriente Punto de Máxima Potencia [Impp]	8,64
Corriente de Corto Circuito [Isc]	9,18
Coef. Temp. Tensión de Circuito Abierto Tk (Voc)	- 32 %/°C
Coef. Temp. Corriente de Cortocircuito Tk (Isc)	0,05 %/°C
Coef. Temperatura de Potencia Tk(Pn)	- 0,42 %/°C
TONC	46 ± 2 °C
Peso	22 kg
Grado de Protección	IP67
Eficiencia	16,50%

Fuente: <http://www.yinglisolar.com/es/products>

Figura 7. 7 Esquema de fijación panel solar fotovoltaico



Fuente: Elaboración propia

7.4.4 Inversor

El Inversor utilizado para el proyecto funcionará en conjunto con un sistema de acumulación de energía en baterías.

Para este proyecto se utilizará un inversor del fabricante Victron Energy modelo 1200 VA con un rango de tensión en la entrada de 9,5 [V] a 66 [V].

El inversor, mantiene una onda de trabajo sinusoidal pura además de un seguidor del punto de máxima potencia (MPPT), consiguiendo altos valores de rendimiento, superior al 91%. El modelo utilizado cumple con las normativas europeas EN60335-1, EN55014-1, EN55014-2 y 2004/104/EC, además cuenta con un grado de Protección IP21.

7.4.5 Regulador de Carga

El regulador de carga se encargará de supervisar y controlar el proceso de carga y descarga de las baterías por medio un proceso automatizado. El modelo utilizado para el proyecto es el MPPT 150/70 del fabricante Victron Energy.

Gracias a la tecnología de MPPT, se puede incrementar la corriente de carga hasta en un 30% en comparación con los controladores PWM convencionales. Además, el modelo utilizado posee un sistema de control de carga que puede configurarse para optimizar los parámetros de carga según las necesidades concretas de la batería. Cuenta con

protecciones Internas de sobretensiones transitorias, sobrecalentamiento, sobre corriente y polaridad inversa de las baterías y de las placas fotovoltaicas.

También posee la función de compensación de la temperatura, totalmente automática, mejorando el control de la carga y en rendimiento de la batería. El regulador de Carga cumple con las normativas europeas EN/IEC62109-1, EN61000-6-1; EN61000-6-3.

7.4.6 Banco de Baterías

Las baterías escogidas para el proyecto Fotovoltaico a la marca Ultra Cell, son de tecnología Ciclo profundo y están diseñadas para brindar la mayor seguridad y respaldo de energía. Son aplicables a fuentes de alimentación de respaldo, telecomunicaciones, energía solar fotovoltaica, etc.

Para escoger la capacidad del banco de baterías, se dimensionará en función de la demanda energética del proyecto eléctrico. Por lo tanto, mediante el cuadro expresado en el punto “Energía a generar” se obtiene que para un buen funcionamiento se requiere de 9.1 Kw/día.

Tabla 7. 3

Descripción	Potencia [w]	Cantidad [Un]	Sub Total [w]
Equipo de iluminación	20	26	520
Notebooks	65	15	975
TOTAL			1495

Fuente: Elaboración propia

Con la información obtenida, se define que la energía diaria requerida es de 11960 [Wh]. Calculo que se obtiene para mantener una autonomía de 8 horas mínimo, las cuales corresponden a la jornada laboral y en la cual se genera mayor cantidad de consumo energético.

Considerando las especificaciones técnicas de la batería escogida obtenemos que esta es capaz de acumular considerando un 80% de descarga una energía de:

$$Energía\ Util = \frac{Capacidad\ bateria\ [Ah] \times \% \text{ Descarga} \times Volts}{1000}$$

Por lo tanto, se requieren 40 baterías de 250 [Ah] como mínimo para un banco de baterías en 24 [V].

7.4.7 Equipos de Iluminación

Se considera para el proyecto iluminación luminarias ubicados en el interior de cada módulo utilizando la tecnología light-emitting diode (LED) tipo canoa.

En total el edificio cuenta con 26 luminarias LED de 20Watts.

Detalles del producto a instalar:

Figura 7. 8 Canoa LED 20W seleccionada para iluminar cada módulo



Fuente: <https://www.sodimac.cl/sodimac-cl/product/886483/Canoa-LED-20-W/886483>

- Potencia: 20 W
- Resistente a temperaturas extremas, niveles de humedad y vibraciones
- Solo 2% de la energía recibida se pierde en calor, el resto se convierte en luz

La canoa led luz blanca de VKB es una alternativa ecológica para la iluminación de los espacios. Produce una claridad suave y brillante ideal para áreas funcionales como estacionamientos, almacenes u oficinas.

7.4.8 Dimensionamiento Conductores DC

Para el tramo de corriente continua, considerando el punto 10 de la RGR n°2/2014, los conductores que transmiten la energía desde los paneles solares hasta los inversores deben ser capaces de transportar la corriente de cortocircuito del string, multiplicado por 1.25.

Para ello y considerando además el punto 11.12 sobre el tamaño mínimo del conductor y que la caída de tensión que provocan estos conductores debe ser menor a un 1.5%, se ha considerado la utilización de conductores de 4mm² (incluidos en los paneles solares). Este

cable además debe cumplir con ser de cable tipo solar, tal como es señalado en la Instrucción Técnica RGR n° 02. De esta forma el cable utilizado en el lado de C.C. será del tipo Cable solar ZZ-F (AS) o equivalente de 4mm² de Cu, el cual viene incluido en los módulos fotovoltaicos.

Para el tramo comprendido entre regulador de carga y las baterías, circulará 70 [A] definida por el mismo regulador, por lo tanto, utilizando la tabla 8.7 de la NCH 4/2003 se escogerá un conductor de 16 mm² XLPE de sección correspondiente al grupo 3.

Figura 7. 9 Tabla 8.7 de la NCH 4/2003

Sección nominal [mm ²]	Corriente admisible Amperes [A]		
	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
0,75	-	12	15
1	11	15	19
1,5	15	19	23
2,5	20	25	32
4	25	34	42
6	33	44	54
10	45	61	73
16	61	82	98
25	83	108	129
35	103	134	158
50	132	167	197
70	164	207	244
95	197	249	291
120	235	291	343
150	-	327	382
185	-	374	436
240	-	442	516
300	-	510	595
400	-	-	708
500	-	-	809

Fuente: <https://pt.slideshare.net/TT220FF/tablas-nch-42003>

7.4.9 Dimensionamiento Conductores AC

Para el tramo de corriente alterna, considerando el punto 11.10 de la RGR n°2/2014, los conductores que transmiten la energía desde los inversores hasta los paneles fotovoltaicos deben ser capaces de transportar 1,25 veces la máxima intensidad de corriente del inversor y junto con ello según el punto 11.11 sobre la máxima caída de tensión en este tramo, la caída máxima debe ser de un 3%. De esta forma se ha contemplado que el cableado RV-K que conecta el inversor con el tablero fotovoltaico y el tablero fotovoltaico con el tablero de distribución, tendrá una sección de 2,5mm² ya que la corriente máxima que circulará será de 10.43 [A] según al siguiente formula.

$$\text{Capacidad Transporte [A]} = \frac{\text{Potencia [VA]}}{\text{Volt [V]}}$$

Los valores de Potencia [VA] y Voltaje, corresponde a los valores por de salida del inversor Victron Energy 1200 VA, esto según su ficha técnica respectiva

7.4.10 Coordinación y Selectividad de Protecciones

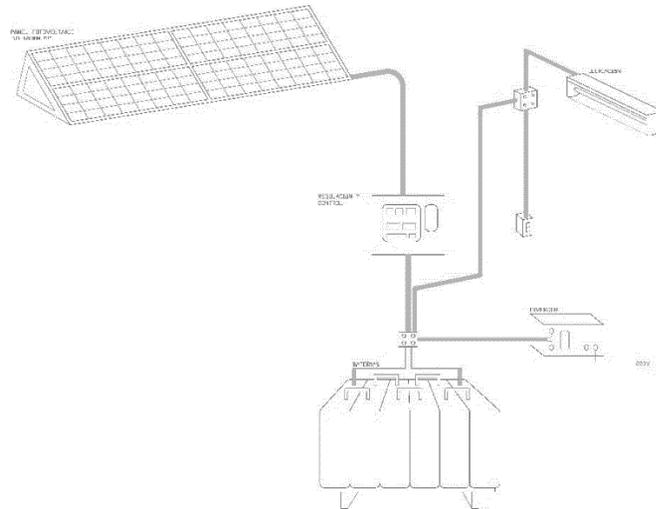
El proyecto contempla protecciones eléctricas en tres partes distintas:

- Protección en los inversores
- Protección en el tablero Fotovoltaico
- Protección en TDA

Dentro del tablero fotovoltaico, se contemplan 6 termomagnético bipolar de corriente continua con corriente de operación de hasta 63 [A], un poder de corte de 6kA con una curva de operación tipo C.

Se utilizará protecciones termomagnéticas de hasta 32 A para la protección de los circuitos en corriente alterna. Además, constara de una protección diferencial. La protección diferencial presenta una intensidad de 30 mA.

Figura 7. 10 Esquema demostrativo de sistema eléctrico fotovoltaico



Fuente: Elaboración propia

7.5 Proyecto Como Conjunto Modular

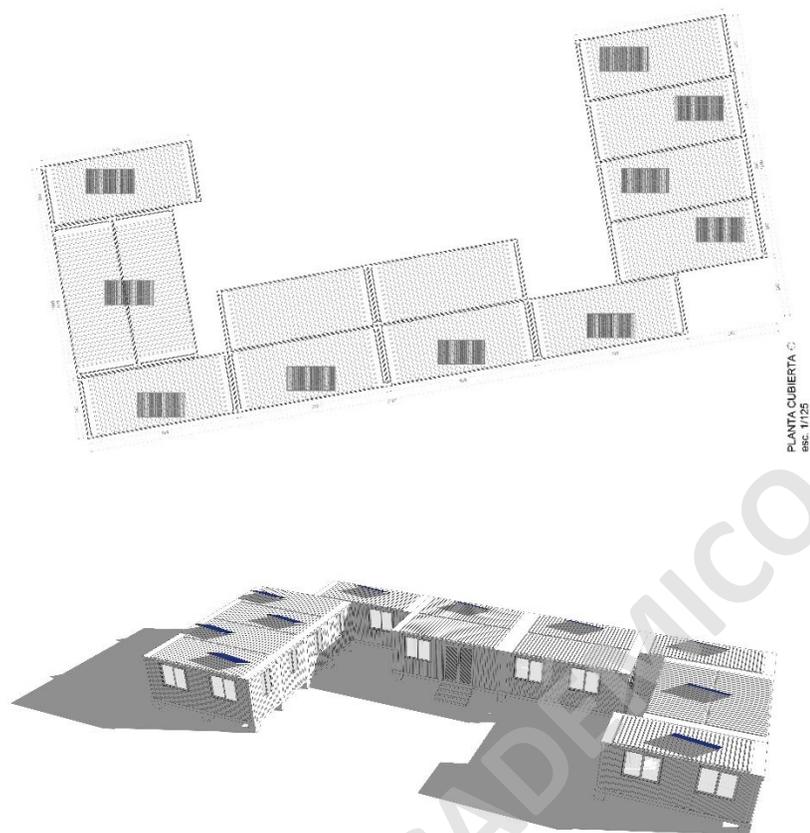
Una vez teniendo claras las especificaciones técnicas de cada módulo y el proyecto solar fotovoltaico se presenta a continuación la forma en que se emplazará la oficina como tal. El proyecto total consta de 13 módulos, los cuales van unidos mediante ensambles y pernos para asegurar firmeza y cubre juntas entre un módulo y otro.

Cada módulo estará abastecido con dos luminarias LED de bajo consumo (20W) para iluminar el espacio en horas de poca luminosidad.

Para obtener un buen funcionamiento de los paneles solares, y por ende buen flujo energético para abastecer la cantidad de energía demandada, todos los paneles se direccionan al Norte y se distribuyen de forma uniforme en la cubierta de la estructura.

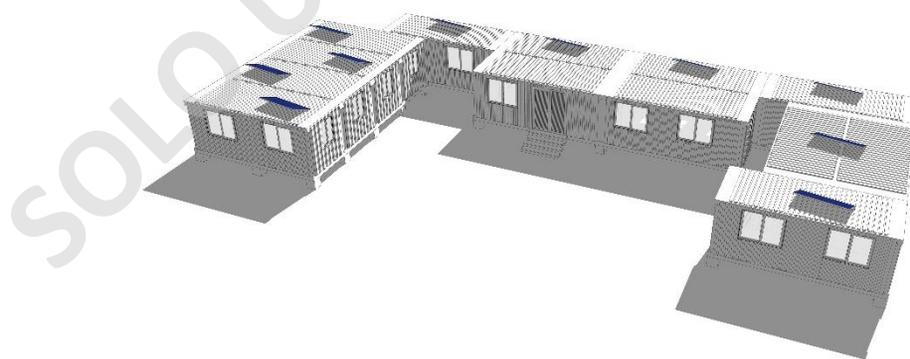
Para Asegurar que ningún módulo de sombra sobre otro se realiza el siguiente estudio de sombra el cual se adjunta a continuación:

Figura 7. 11 Esquema proyecto modular, plano de sombras 08:00 Hrs. Lugar de emplazamiento, ANTOFAGASTA



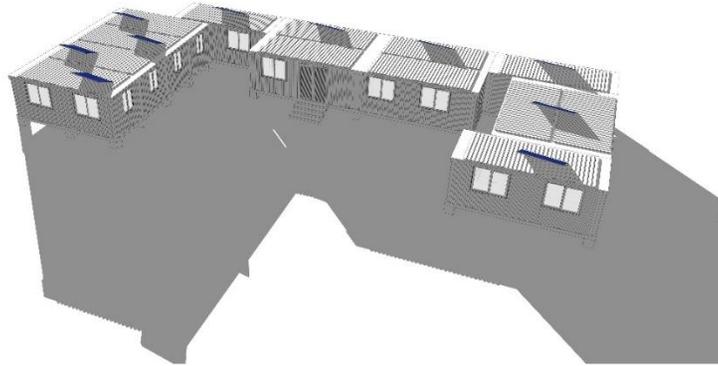
Fuente: Elaboración propia

Figura 7. 12 Esquema proyecto modular, plano de sombras 12:00 Hrs lugar de emplazamiento, ANTOFAGASTA



Fuente: Elaboración propia

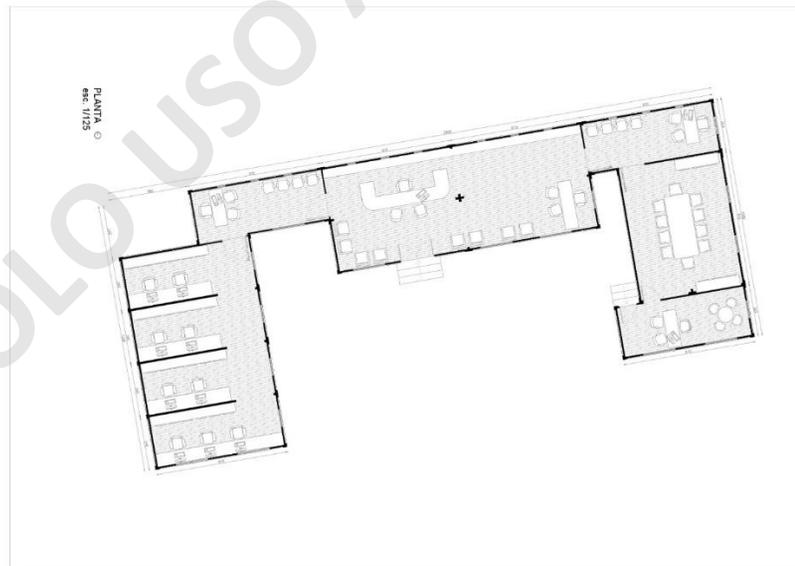
Figura 7. 13 squema proyecto modular, plano de sombras 16:00 Hrs, lugar de emplazamiento, ANTOFAGASTA



Fuente: Elaboración propia

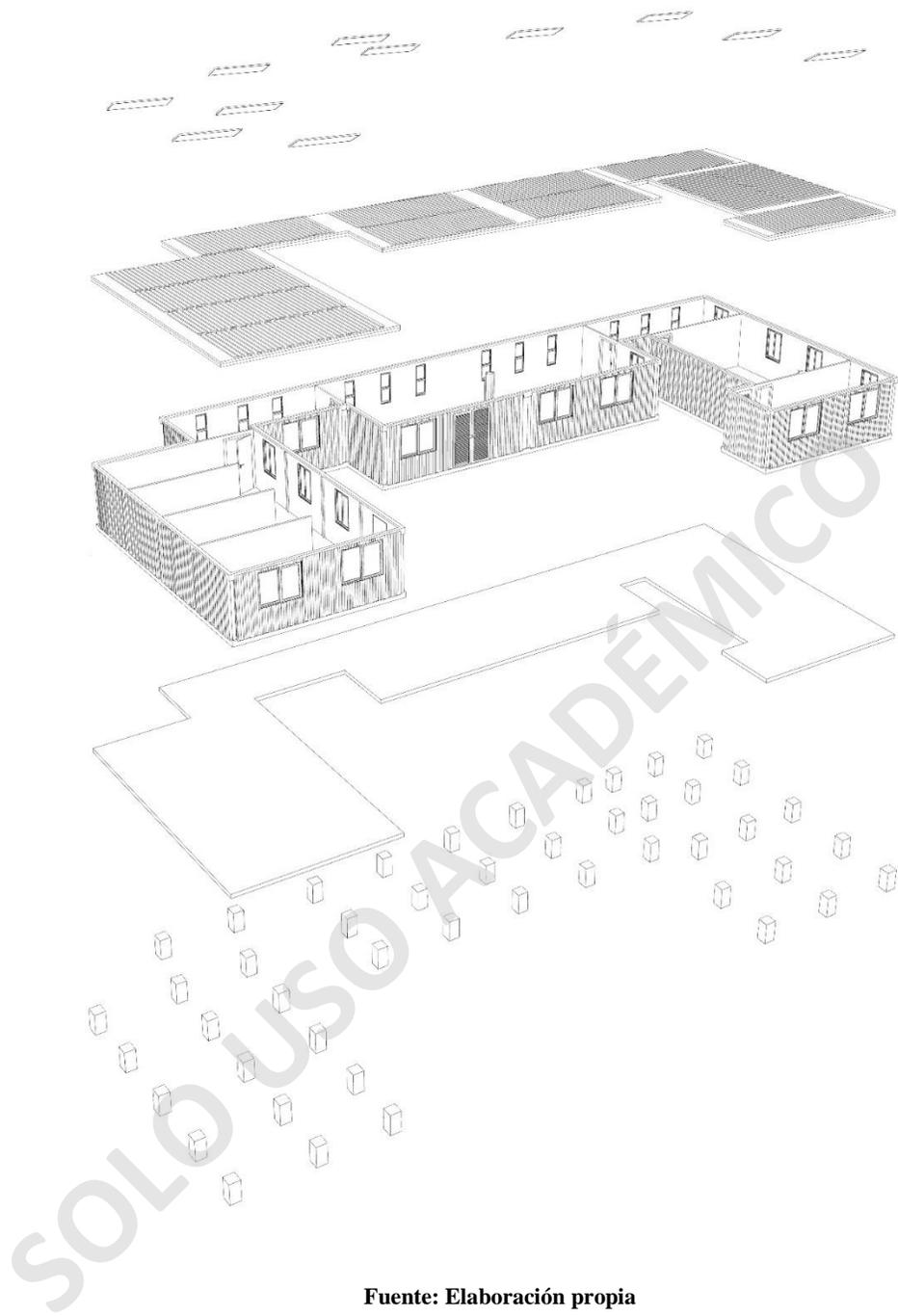
Mediante los documentos adjuntos anteriormente se demuestra claramente que ningún panel influye generando sombra sobre otro, por ende, la instalación fotovoltaica elegida es totalmente viable para este proyecto.

Figura 7. 14 Planta Proyecto oficina modular



Fuente: Elaboración propia

Figura 7. 15 Detalle elementos constructivos de proyecto oficina modular



Fuente: Elaboración propia

Al ingresar los datos en el Explorador Solar, da como resultado que, para este sistema fotovoltaico ubicado en la comuna de Antofagasta, con capacidad de 10 Kw, considerando que los paneles poseen una inclinación de 23° y un Azimut igual a 0, se obtienen los siguientes resultados:

- Energía anual generada por el sistema fotovoltaico: 3.751 kWh
- Ahorro anual estimado entre: \$273.975 y \$316.838
- Empresa Distribuidora: ELECDA SING
- Tipo de Tarifa: BT2
- Reducción de Gases de Efecto Invernadero: 2,876 tonCO₂/año

Análisis del periodo de retorno de la inversión:

- Vida útil de los paneles: 20 años
- Inversión inicial: \$3.400.000
- Periodo de retorno:
- Entre 11 y 13 años

SOLO USO ACADÉMICO

CONCLUSIÓN

En esta memoria de título se introdujo al lector en las principales características de la construcción modular, para luego, explicando a fondo lo que son las energías renovables no convencionales se presenta un proyecto de oficina modular, el cual, mediante documentos, planimetría y especificaciones técnicas, calculo básico, además de estudios adjuntos en el marco teórico se demuestra su viabilidad para ser inserto en uno de los mayores grupos económicos del país, la minería.

La estructura fue diseñada pensando en todo lo anterior, y con el fin de satisfacer las principales demandas que el sector minero exige, lo que es, rápido y fácil traslado, corto tiempo de instalación y puesta en marcha, además de la reducción de los elevados costos resultantes del consumo energético directo de la red. Donde se demostró que, utilizando simples módulos con dimensiones estandarizadas y 10 paneles fotovoltaicos, aprovechando la zona geográfica y la radiación del lugar se puede abastecer perfectamente una oficina de con 15 laptops más iluminación encendida durante 8 horas satisfaciendo la demanda energética en su totalidad.

Cada módulo posee un método muy fácil y de rápido traslado de un lugar a otro, al estar basado en el sistema Flat Pack ofrece la característica de poder transportar 4 módulos desarmados y apilados por camión, lo que lo convierte en la solución ideal para este tipo de necesidades.

El método de armado es muy sencillo y no necesita personal especializado para su ensamble, cualidad fundamental para el mercado de la minería, donde generalmente los tiempos son muy acotados.

Se demuestra mediante cálculo el ahorro promedio anual al utilizar el sistema ofrecido, otro punto a favor no menor si se piensa en oficinas modulares.

Otro punto elevado en esta memoria es el diario convivir con el entorno, el uso de energías renovables como método de reducción de emisiones contaminantes al medio ambiente, aquí es donde aparece la construcción modular industrializada, la cual busca unificar medidas con el fin de tener cada vez menos pérdida de material, el cual todos sabemos se va a algún botadero y termina siendo un emisor más de partículas dañinas.

Queda demostrado entonces, que mediante una buena elección de materiales para las distintas partidas que contempla un proyecto se puede reducir considerablemente los costos de energía, es el caso de elegir una buena aislación, por ejemplo.

SOLO USO ACADÉMICO

BIBLIOGRAFÍA

1. MORONI. Panles y Estructuras Moroni. [En línea] [Citado el: 6 de 10 de 2018.] <https://panelesyestructurasmoroni.cl/>.
2. Arquiteutu Tecnico Na Rede. *Construcción Ecológico + Rehabilitación Artesanal + Abellugu*. [En línea] 11 de 02 de 2013. [Citado el: 18 de 11 de 2018.] <https://arquiteututechnicu.com/2013/02/11/aislantes-naturales-algunos-numeros/>.
3. AislaControl.com / Aislamiento sin obras. *Aislamiento térmico inyectado: Comparativa de opciones*. [En línea] 9 de 3 de 2013. [Citado el: 9 de 12 de 2018.] <http://blog.aislacontrol.com/2013/09/03/aislamiento-termico-inyectado-comparativa-de-opciones/>.
4. Ovacen. Periodismo al detalle. *ovacen.com*. [En línea] [Citado el: 25 de 10 de 2018.] <https://ovacen.com/materiales-aislantes/>.
5. *Tecnofast.cl*. [En línea] 11 de 07 de 2016. [Citado el: 25 de 10 de 2018.] <https://tecnofast.cl/construcciones-modulares-transitorias/?lang=es>.
6. *Rebacas S.L.* [En línea] [Citado el: 23 de 09 de 2018.] <https://www.panelsolarfotovoltaico.es/algunas-cosas-que-hay-que-tener-en-cuenta-para-instalar-paneles-solares-fotovoltaicos/>.
7. Energía, Ministerio de. Gobierno de Chile. *energía.gob.cl*. [En línea] [Citado el: 9 de 10 de 2018.] <http://www.energia.gob.cl/energias-renovables>.
8. Twenergy. Qué son las energías renovables. *Twenergy.com*. [En línea] 23 de 03 de 2012. [Citado el: 15 de 10 de 2018.] <https://twenergy.com/a/que-son-las-energias-renovables-516>.
9. Combustibles, Superintendencia de Electricidad y. Gobierno de Chile. *Diseño de Instalaciones Fotovoltaicas en Chile – Netbilling / Unidad de Energías Renovables*. [En línea] [Citado el: 05 de 11 de 2018.] http://www.sec.cl/pls/portal/docs/PAGE/SEC2005/ELECTRICIDAD_SEC/ERNC/GENERACION_DISTRIBUIDA/DOCUMENTACION/TAB6121713/3%20NET%20BILLING%20-%20DISE%20DE%20INSTALACIONES%20FOTOVOLTAICAS%20EN%20CHILE.PDF.
10. Molina M, Carolina Isabel. Innovación en el Diseño de Viviendas Modulares Mediante el Uso de Containers. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias de la Ingeniería. Escuela de Ingeniería en Construcción. Valdivia, Chile : s.n., 2014. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2014/bmfcim722i/doc/bmfcim722i.pdf>
11. Construcción, EMB. Cielos Rasos y Modulares. *EMB.cl*. [En línea] [Citado el: 3 de 09 de 2018.] <http://www.emb.cl/construccion/articulo.mvc?xid=2568>.
12. plásticos, DVP Innovación en. Proyectos. *dvp.cl*. [En línea] [Citado el: 01 de 11 de 2018.] <https://dvp.cl/categorias-proyectos/cubiertas-y-revestimientos-3/>.
13. Eficientes, TeslaEnergy Soluciones Eléctricas. Energía Solar Fotovoltaica. *teslaenergy.cl*. [En línea] [Citado el: 15 de 09 de 2018.] <http://www.teslaenergy.cl/energia-solar-fotovoltaica/>.

14. solar, Sunsupply. Componentes de un sistema de energía. ¿Cuales son los componentes de un sistema de energía solar? *sunsupplyco.com*. [En línea] [Citado el: 16 de 09 de 2018.] <https://www.sunsupplyco.com/componentes-de-un-sistema-de-energia-solar/>.
15. Componentes de una instalación solar fotovoltaica. [En línea] [Citado el: 13 de 09 de 2018.] <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf>.
16. CalculationSolar. Componentes de una instalación solar fotovoltaica aislada. *calculationsolar.com*. [En línea] [Citado el: 16 de 09 de 2018.] <http://calculationsolar.com/es/componentes.php>.
17. Erenovable. Energía solar fotovoltaica. - Qué es, como se genera y usos. *erenovable.com*. [En línea] [Citado el: 23 de 09 de 2018.] <https://erenovable.com/energia-solar-fotovoltaica/>.
18. Tercera, La. Energía solar ha tenido explosivo crecimiento en Chile. *latercera.com*. [En línea] 09 de 08 de 2017. [Citado el: 13 de 09 de 2018.] <https://www.latercera.com/noticia/energia-solar-chile/>.
19. Páez, Jair Duván Infante. Elemento de unión para contenedores de carga marítimos. Barcelona : s.n., Septiembre de 2014.
20. Gruppe, Hildebrandt. Principios de la Construcción Modular. *hildebrandt.cl*. [En línea] 21 de 12 de 2015. [Citado el: 13 de 09 de 2018.] <http://www.hildebrandt.cl/principios-de-la-construccion-modular/>.
21. Neoblock. ¿Qué es una construcción modular? *neoblockmodular.com*. [En línea] [Citado el: 25 de 09 de 2018.] <https://neoblockmodular.com/que-es-una-construccion-modular/>.
22. Construcción, EMB. Ventajas de la construcción modular. *emb.cl*. [En línea] [Citado el: 14 de 10 de 2018.] <http://www.emb.cl/construccion/articulo.mvc?xid=3234&edi=153&xit=ventajas-de-la-construccion-modular>.
23. America, Patagon Latin. ¿Qué es la construcción modular? *patagonlatinamerica.com*. [En línea] [Citado el: 15 de 09 de 2018.] <http://www.patagonlatinamerica.com/blog/que-es-la-construccion-modular/>.
24. Maritime, Noatum. Tipo de Contenedores Marítimos – Estandar. *www.noatummaritime.com*. [En línea] [Citado el: 15 de 10 de 2018.] <https://www.noatummaritime.com/tipo-de-contenedores-maritimos-estandar/>.
25. Argentina, Sitios. Modelos y Tipos de Container Marítimos. *www.sitiosargentina.com.ar*. [En línea] [Citado el: 16 de 10 de 2018.]
26. Maitsa. Principales tipos y características de contenedor. *www.maitsa.com*. [En línea] [Citado el: 13 de 10 de 2018.] <https://www.maitsa.com/transitario/que-es-un-container-contenedor-tipos-caracteristicas>.
27. Group, Servicios Affari. Tipos de Contenedores. <http://www.affari.com.ar>. [En línea] [Citado el: 25 de 10 de 2018.] <http://www.affari.com.ar/conttt.htm>.
28. Conceptdefinición.de. Definición de Energía. *conceptdefinicion.de*. [En línea] [Citado el: 16 de 09 de 2018.] <https://conceptdefinicion.de/energia/>.

29. Icarito. Educación Tecnológica, Sociedad y tecnología. <http://www.icarito.cl>. [En línea] 12 de 2009. [Citado el: 16 de 09 de 2018.] <http://www.icarito.cl/2009/12/74-2084-9-energias-renovables.shtml/>.
30. Industria, Electro. Energías Renovables Convencionales y No Convencionales. www.emb.cl. [En línea] 05 de 2005. [Citado el: 17 de 09 de 2018.] <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=263>.
31. Acciona. ENERGÍA SOLAR. www.acciona.com. [En línea] [Citado el: 28 de 09 de 2018.] <https://www.acciona.com/es/energias-renovables/energia-solar/>.
32. Chile, Hiansa Panel. La empresa de Panel Sándwich en Chile. www.hiansapanel.cl/. [En línea] [Citado el: 25 de 09 de 2018.] <http://www.hiansapanel.cl/>.
33. Sandwich, Panel. Panel Sandwich Tornillería Oculta. [/panelsandwich.org](http://panelsandwich.org). [En línea] [Citado el: 02 de 10 de 2018.] <http://panelsandwich.org/panel-sandwich-fachada/panel-sandwich-tornilleria-oculta.html>.
34. Precios, Chile Generador de. Precio en Chile de M2 de fachada de panel sandwich. <http://www.chile.generadordeprecios.info>. [En línea] [Citado el: 26 de 10 de 2018.] http://www.chile.generadordeprecios.info/obra_nueva/Fachadas/Ligeras/Paneles_sandwich/FLM010_Fachada_de_panel_sandwich__aislante.html.
35. Chile, Ministerio de Energía - Gobierno de. Explorador Solar. <http://www.minenergia.cl/>. [En línea] [Citado el: 9 de 11 de 2018.] <http://www.minenergia.cl/exploradorsolar/>.
36. Contenedor, La Casa del. ¿Qué es la Construcción Modular o Flat Pack? [/www.lacasadelcontenedor.com](http://www.lacasadelcontenedor.com). [En línea] [Citado el: 2 de 11 de 2018.] <http://www.lacasadelcontenedor.com/blog/que-es-la-construccion-modular-o-flat-pack/>.
37. Unimod. Productos. www.unimod.cl. [En línea] [Citado el: 2 de 11 de 2018.] <http://www.unimod.cl/index.php/productos>.
38. Boxtam. ¿Conoces los módulos tipo Flat pack? www.boxtam.cl. [En línea] [Citado el: 2 de 11 de 2018.] <http://www.boxtam.cl/2016/09/24/conoce-los-modulos-flat-pack/>.
39. Minera, Industria. FLAT PACK. www.industriaminera.cl. [En línea] [Citado el: 3 de 11 de 2018.] <http://www.industriaminera.cl/producto/clever-group-flat-pack/>.
40. Cataldo C., Andrés. El desafío de contar con una matriz energética limpia. biwil.com. [En línea] [Citado el: 2 de 11 de 2018.] <https://biwil.com/el-experto-opina/la-energia-chile/>.
41. Educativo, Nuestra Esfera / Espacio. Energía en Chile: consumo actual y estrategia. <http://nuestraesfera.cl/>. [En línea] 17 de 06 de 2014. [Citado el: 2 de 11 de 2018.] <http://nuestraesfera.cl/zoom/algunos-datos-sobre-la-energia-en-chile/>.