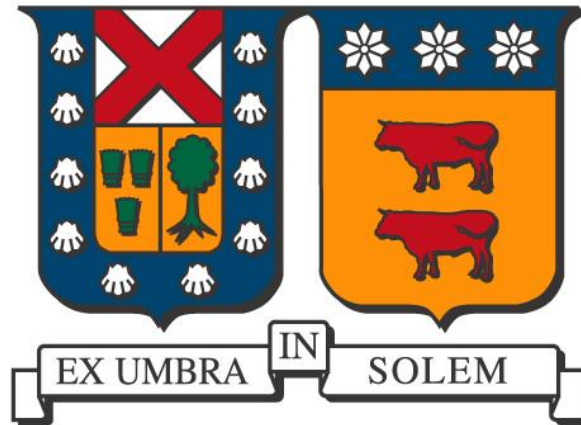


UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL INDUSTRIAL



**PREFACTIBILIDAD DE INSTALACIÓN DE ELECTROLINERAS CON
FUENTE MIXTA DE ENERGÍA ENTRE EL SISTEMA ELÉCTRICO Y
ENERGÍA RENOVABLE**

**MEMORIA DE TITULACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERA
CIVIL INDUSTRIAL**

CAMILA PÍA CATALÁN PALMA

PROFESOR GUÍA: RODRIGO DEMARCO

VALPARAÍSO DE CHILE, 29 DE DICIEMBRE DE 2017

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE IMAGENES	10
RESUMEN EJECTUVO	12
1 CAPÍTULO I: MARCO METODOLÓGICO	13
1.1 Planteamiento del problema	13
1.2 Objetivo general	18
1.3 Objetivos específicos.....	18
1.3.1 Análisis externo	18
1.3.2 Análisis interno	18
1.3.3 Justificación del proyecto	18
1.3.4 Potencia del arreglo fotovoltaico	19
1.4 Metodología	19
1.5 Técnicas e instrumentos de medición.....	20
1.6 Universo y/o muestra	20
1.7 Alcance.....	20
1.8 Hipótesis.....	21
2 CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	22
2.1 Tipos de vehículos eléctricos	22
2.1.1 Vehículo eléctrico (VE)	22

2.1.2	Vehículos eléctricos híbridos	23
2.1.3	Plug-in de los vehículos eléctricos híbridos.....	24
2.2	Tipos de recarga	25
2.3	Contexto vehículos eléctricos en el extranjero.....	27
2.3.1	Electrolineras existentes en los principales países con mayor uso	32
3	CAPITULO IV: DESARROLLO	48
3.1	Actores involucrados para lograr la inserción de las tecnologías vehiculares más eficientes en Chile	48
3.2	Análisis de impacto	48
3.2.1	Tendencias claves	50
3.2.2	Fuerzas del mercado	60
3.2.3	Fuerzas de la industria	74
3.2.4	Fuerzas macroeconómicas	81
3.3	Desarrollo del planteamiento del problema	83
3.4	Selección del cargador para vehículos eléctricos para los tres escenarios.....	88
3.5	Selección del panel solar a evaluar para los tres escenarios	90
3.6	Selección del inversor	91
3.7	Recurso solar disponible en el sitio de instalación.....	95
3.8	Escenario 1	96
3.8.1	Resultados de la generación eléctrica fotovoltaica instalando 60 paneles.....	96

3.8.2	Descripción del arreglo fotovoltaico factible a instalar en el escenario 1	97
3.8.3	Costo asociado a la instalación del servicio en escenario 1	99
3.8.4	Análisis financiero para el escenario 1	100
3.9	Escenario 2	104
3.9.1	Resultados de la generación eléctrica fotovoltaica instalando 120 paneles.....	104
3.9.2	Descripción del arreglo fotovoltaico factible a instalar en el escenario 2	105
3.9.3	Costo asociado a la instalación del servicio en escenario 2.....	107
3.9.4	Análisis financiero bajo escenario 2	108
3.10	Escenario 3	112
3.10.1	Resultados de la generación eléctrica fotovoltaica instalando 200 paneles.....	112
3.10.2	Descripción del arreglo fotovoltaico factible a instalar en el escenario 3	113
3.10.3	Costo asociado a la instalación del servicio en escenario 3.....	115
3.10.4	Análisis financiero bajo escenario 3	116
4	CAPITULO IV: RESULTADOS	121
4.1	Resultados de la instalación del proyecto	121
4.2	Resultados de propuestas sociales y políticas a implementar para fomentar la rentabilidad del proyecto.....	124
5	CAPITULO V: CONCLUSIONES	131
6	ANEXO 1: MODOS DE RECARGA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO	135

7	ANEXO 2: TIPO DE CONECTORES DE ENTRADA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO	
		138
8	ANEXO 3: IMPACTO DEL TIPO DE RECARGA EN LA VIDA ÚTIL DEL MOTOR ELÉCTRICO.....	141
9	ANEXO 4: COTIZACIÓN DE CARGADORES ELÉCTRICOS	143
10	ANEXO 5: COTIZACIÓN DE PANELES SOLARES	149
11	ANEXO 6: COTIZACIÓN DE INVERSORES	151
	11.1 Para 15 kW	151
	11.2 Para 30 kW	157
	11.3 Para 50 kW	160
12	ANEXO 7: REPORTE DE LA GENERACIÓN DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA	165
	12.1 Sitio	165
	12.2 Sombras topográficas	166
	12.3 Radiación.....	168
	12.4 Nubosidad.....	169
	12.5 Temperatura	171
	12.6 Viento.....	172
13	ANEXO 8: CÁLCULO DE LA DISTANCIA ENTRE PANELES SOLARES	174
14	ANEXO 9: COSTO DE UNA INSTALACIÓN FV EN CHILE	176

15	ANEXO 10: INFORMACIÓN DEL ANÁLISIS REALIZADO CON SOFTWARE	
	RETSCREEN.....	178
15.1	Modelo de energía.....	180
15.2	Análisis de costos.....	182
15.3	Análisis de Reducción de emisiones.....	184
16	ANEXO 11: INFORMACIÓN ANÁLISIS FINANCIERO.....	186
17	ANEXO 12: CÁLCULO DE LA TARIFA DE LA LUZ.....	193
18	CAPITULO VI: BILIOGRAFÍA.....	197

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Datos de interés de los 10 principales consumidores.	30
Tabla 2: Top 10 ciudades con más estaciones de carga rápida.	41
Tabla 3: Número de vehículos en circulación motorizados y no motorizados por año.	67
Tabla 4: Número de vehículos en circulación motorizados y no motorizados por región.	68
Tabla 5: Ubicación electrolinerías en Santiago, Chile.	71
Tabla 6: Tiempos estimados de carga según tipo de estación.	72
Tabla 7: Cantidad de vehículos eléctricos vendidos a mayo de 2017.	78
Tabla 8: Cantidad de vehículos híbridos enchufables vendidos a mayo de 2017.	79
Tabla 9: Potencia entregada, unidades requeridas y espacio utilizado por cada arreglo fotovoltaico.	87
Tabla 10: Especificaciones básicas del cargador Terra 23 CJG.	89
Tabla 11: Ficha técnica panel solar elegido para la evaluación.	90
Tabla 12: Características del inversor de 15 kW.	92
Tabla 13: Características del inversor de 30 kW.	93
Tabla 14: Características del inversor de 45 kW.	95
Tabla 15: Características del sistema fotovoltaico.	95
Tabla 16: Resultados de la generación fotovoltaica.	96
Tabla 17: Promedio de la generación total en cada mes.	96

Tabla 18: Promedio de la generación para cada hora.	97
Tabla 19: Análisis energía utilizada en escenario 1.....	100
Tabla 20: Análisis de costo asociado a la energía utilizada en escenario 1.....	101
Tabla 21: Análisis financiero arreglo FV escenario 1.	102
Tabla 22: Renta por reducción de GEI en escenario 1.....	103
Tabla 23:Resultados de la generación fotovoltaica en escenario 2.....	104
Tabla 24:Promedio de la generación total en cada mes en escenario 2.	104
Tabla 25:Promedio de la generación para cada hora en escenario 2.	104
Tabla 26: Detalle de costos asociados a la instalación del servicio en escenario 2.....	107
Tabla 27: Análisis energía utilizada en escenario 2.....	108
Tabla 28: Análisis de costo asociado a la energía utilizada en escenario 2.....	109
Tabla 29: Análisis financiero arreglo FV escenario 2.	110
Tabla 30: Renta por reducción de GEI en escenario 2.....	112
Tabla 31:Resultados de la generación fotovoltaica en escenario 3.....	112
Tabla 32: Promedio de la generación total en cada mes.	112
Tabla 33: Promedio de la generación para cada hora.	113
Tabla 34: Detalle de costos asociados a la instalación del servicio en escenario 3.....	115
Tabla 35: Analisis energía utilizada en escenario 3.....	116
Tabla 36:Análisis de costo asociado a la energía utilizada en escenario 3.....	117

Tabla 37: Análisis financiero arreglo FV escenario 3.	118
Tabla 38: Renta por reducción de GEI en escenario 3.....	120
Tabla 39: Resumen de los resultados por escenario.	121
Tabla 40: Ubicación del sitio seleccionado	166
Tabla 41: Porcentaje de tiempo con sombras cada mes en horario diurno	166
Tabla 42: Porcentaje del año con sombras en cada hora	166
Tabla 43: Radiación incidente en el plano horizontal.....	168
Tabla 44: Radiación incidente en un plano con inclinación igual a la latitud del sitio.....	168
Tabla 45: Porcentaje del mes con nubosidad diurna.....	170
Tabla 46: Porcentaje de la hora con nubosidad. Los ceros corresponden a horas donde no hay datos de nubosidad	170
Tabla 47: Temperatura promedio mensual	171
Tabla 48: Temperatura promedio para cada hora	171
Tabla 49: Promedio mensual de la magnitud del viento.....	172
Tabla 50: Promedio de la magnitud del viento para cada hora.....	173

ÍNDICE DE IMAGENES

Imagen 1: Componentes vehículo 100% eléctrico.....	22
Imagen 2: Componentes de vehículos híbridos eléctricos.....	23
Imagen 3: Componentes de vehículos híbridos enchufables.....	24
Imagen 4: Raking de compra de autos eléctricos por países en 2016.....	29
Imagen 5: Emisiones de matriz de generación de California.....	39
Imagen 6: Tres VE Chevrolet Spark en exhibición en mayo de 2015.....	42
Imagen 7: Panel solar de 580 kilovatios en la azotea del edificio E-Motor de Operaciones Baltimore.....	42
Imagen 8: Actores Involucrados en la inserción de tecnología vehicular.....	48
Imagen 9: Diagrama de análisis de fuerzas influyentes.....	49
Imagen 10: Pérdidas de oportunidades en el patrón de compra.....	58
Imagen 11: Mapa del sitio seleccionado.....	84
Imagen 12: Ciclo diario de frecuencia de sombras.....	86
Imagen 13:A) Ciclo anual de generación, B) Ciclo diario de generación.....	97
Imagen 14: Detalle de costos asociados a la instalación del servicio en escenario 1.....	99
Imagen 15: Flujo de caja acumulado en 20 años en escenario 1.....	103
Imagen 16: A) Ciclo anual de generación, B) Ciclo diario de generación.....	105
Imagen 17: Flujo de caja acumulado en 20 años en escenario 2.....	111

Imagen 18: A) Ciclo anual de generación, B) Ciclo diario de generación. 113

Imagen 19: Flujo de caja acumulado en 20 años en escenario 3. 120

Imagen 20:A) Ciclo anual de frecuencia de sombras, B) Ciclo diario de frecuencia de sombras.
..... 167

Imagen 21: Porcentaje de la hora con sombras durante cada mes. 167

Imagen 22: Promedio mensual de la insolación diaria incidente en un plano horizontal y en un
plano inclinado separada de sus componentes directa, difusa y reflejada del suelo..... 169

Imagen 23: Promedio horario de la radiación global instantánea incidente en un plano horizontal
y en un plano inclinado, separada en sus componentes directa, difusa y reflejada en el suelo .. 169

Imagen 24:A) Ciclo anual de frecuencia de nubosidad diurna, B) Ciclo diario de frecuencia de
nubosidad. 170

Imagen 25: A) Ciclo diario de temperatura media, B) Ciclo anual de la temperatura media..... 172

Imagen 26: A) Ciclo diario de la magnitud del viento, B) Ciclo anual de la magnitud del viento
..... 173

Imagen 27:Precio neto \$/kWp respecto al tamaño de la planta FV kWp 177

RESUMEN EJECTUVO

Se evalúa la instalación de 2 cargadores de vehículos eléctricos en el estacionamiento del centro comercial Espacio Urbano ubicado en Viña del Mar. Estos han sido abastecidos por un sistema de energía híbrido entre un arreglo fotovoltaico y la red eléctrica. El sistema FV ha sido considerado para 3 escenarios, 15 kW, 30 kW y 50 kW. Anualmente entregan alrededor de 21 MWh, 43 MWh y 70 MWh y el costo total cada arreglo FV con el cargador es de \$37.324.098, \$51.599.636, \$73.415.238 pesos respectivamente.

El análisis financiero fue realizado bajo dos puntos de vista, el primero considera la compra y uso de los cargadores y el segundo solo evalúa cuanto cuesta instalar el arreglo FV, considerando que toda la energía generada es vendida a la red eléctrica de Conafe y así ver la rentabilidad y tiempo de recuperación de la inversión. Este último caso ha sido calculado utilizando el software RETScreen.

El gasto energético diario de tener los dos cargadores funcionando durante 3 horas al día, los 7 días de la semana es de 120 kWh lo que equivale a \$13.051 pesos y que al año se traduce en \$4.763.615 pesos. El ahorro anual de instalar los primeros dos escenarios para suministrar energía al requerimiento energético de los cargadores bordea los valores de \$1.920.000 y \$3.868.000 respectivamente, y en el tercer caso donde el arreglo entrega todo el requerimiento energético y queda un excedente de energía, ya comienzan a haber ganancias anuales al borde de \$1.586.000

A modo de complementar el Plan de Electromovilidad que actualmente está siendo implementado en el país se proponen diversas políticas que darían respaldo a la factibilidad del proyecto para ser puesto en marcha.

1 CAPÍTULO I: MARCO METODOLÓGICO

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el siglo XXI se ha desarrollado un nuevo usuario que se califica como un cliente selectivo y con deseos de consumismo, especialmente atento a los nuevos productos, el cual está cada vez más informado sobre la elaboración y el desarrollo de lo que va a consumir. Por lo cual, el comercio se ha incentivado por entregar tecnologías cada vez más útiles y sofisticadas para las personas.

El avance de la tecnología y la exigencia de los usuarios genera gran impacto ambiental, la contaminación que producen los artefactos varios de uso común y frecuente, se puede notar en la salud de las personas y en las ciudades. Hecho que resulta enlazado con que no existe una gran cantidad de marcas y empresas que tengan el cuidado riguroso de la huella de carbono que genera su producto. Además, se debe considerar que la mayor parte de las personas no está dispuesta a perder la comodidad y el servicio que dan los artículos y aparatos, sobre todo los eléctricos, ya sea reduciendo el uso o eliminándolo a pesar de la contaminación que generan. El desafío está en encontrar soluciones que satisfagan la necesidad de la persona pero por otros medios, de esta manera ayudaría en desacelerar el calentamiento global, uno de los grandes peligros a los que nos enfrentamos.

En la sociedad el transporte es vital, todos desean estar en su destino lo antes posible, el tiempo tiene un gran valor asociado dado que no se puede recuperar y considerando que el estilo de vida actual es cada vez más acelerado, genera gran impacto en las personas. Movilizarse cómodo y rápido es la preferencia de los usuarios, lo que provoca que cada año aumente la compra de vehículos. Es más, en el mercado de vehículos livianos y medianos, entre enero y agosto de

2017 se han vendido alrededor de 226.100 unidades nuevas en todo el país, siendo un incremento de 20,8% en comparación al mismo período del año anterior (ANAC, 2017). En cuanto a la participación regional, la región Metropolitana mantiene su liderazgo con 61,6% del mercado (138.071 unidades), seguida de Valparaíso (22.746 unidades; 10,1%), Biobío (17.376 unidades; 7,7%) y Los Lagos (8.767; 3,9%).

Se ha estimado que un tercio del consumo energético en Chile corresponde al sector transporte y de este consumo el 98% corresponde a derivados del petróleo, al mismo tiempo este sector es responsable de más de un 22% del total de emisiones de GEI.

Además, la mayor parte de los vehículos convencionales son en base a combustibles no renovables que se estima en un par de años se agotarán. Es más, la compañía “British Petroleum” ha estimado que las reservas de petróleo del planeta suman 1,68 billones de barriles y al ritmo de producción actual se terminará dentro de 53 años, es decir en el 2067. En la actualidad Latinoamérica cuenta con reservas de petróleo de 350.000 millones de barriles, aproximadamente (Dudley, 2017).

Ante el contexto, los gobernadores del país han comenzado a aplicar ciertas normativas a largo plazo, adquiriendo y ratificando compromisos internacionales. Por ejemplo, en materia de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y cambio climático, se han sumado al Acuerdo de París en reducir su intensidad de emisiones en un 30% respecto a los niveles observados en 2007 al 2030. Además, la Agenda de Energía, lanzada en el 2014 por la Presidenta de la República Michelle Bachelet, incorpora como uno de sus ejes la eficiencia energética, estableciendo una meta de ahorro de 20% de reducción de la demanda energética proyectada al año 2025 (Ministerio de energía; Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones; Ministerio del Medio Ambiente, 2016).

El desarrollo de políticas que apunten a un uso eficiente de la energía en el sector transporte es relevante tanto para alcanzar las metas propuestas como para disminuir la dependencia de Chile de combustibles importados. En este sentido, una de las políticas más eficientes implementadas en países como Estados Unidos, México, Canadá, Unión Europea, China, Corea del Sur y Japón entre otras, es la aplicación de estándares mínimos de consumo energético y/o estándares máximos de emisiones de gases de efecto invernadero aplicados a los vehículos que ingresan al mercado. La implementación de tal medida junto con el impulso y promoción de incentivos para la llegada de tecnologías más eficientes al mercado nacional, permitirá en Chile que el parque vehicular en promedio, baje su consumo de energía y consecuentemente disminuya la emisión de GEI.

Existen diversos medios que contaminan menos que un vehículo convencional, como la bicicleta, motos o variaciones similares a ésta pero la tendencia actual que está entrando al país es el vehículo eléctrico. Internacionalmente éstos son vistos como importantes contribuyentes a las metas de reducción de emisiones planteadas, ya que aumentan la eficiencia energética vehicular, aprovechando al mismo tiempo la reducción de GEI en la matriz eléctrica proveniente de la incorporación creciente de fuentes renovables, así mismo los vehículos eléctricos contribuyen a reducir las emisiones de contaminantes locales en zonas de alta exposición y a reducir los niveles de ruido (OECD/IEA, 2016).

La evolución tecnológica, que ha permitido fabricar vehículos 100% eléctricos, abrió una ventana para conciliar la movilidad pero trae consigo ciertas condiciones que aún impiden su masificación, tales como el elevado costo relativo de los automóviles y la falta de mayor infraestructura de recarga en las calles.

A fines de 2014, había en el planeta un total de 665.000 automóviles eléctricos (0,08% del total), de acuerdo a la Agencia Internacional de la Energía. Y bien según los datos de la Asociación Nacional Automotriz de Chile (ANAC) en el país hay 179 autos eléctricos (entre híbridos y totalmente eléctricos) de carácter privado (excluyendo la cantidad de buses, taxis, minibuses, etc.) (Pizarro, 2017).

Bien, el futuro de autos eléctricos en Chile va tomando mayor fuerza, se espera que en una década habrá más restricciones para los vehículos de combustión y más incentivos para la compra de coche eléctrico.

Con respecto a la infraestructura, en estos últimos cinco años el país ha avanzado con el apoyo de empresas privadas. Las estaciones de recarga para autos eléctricos o “electrolineras” se comenzaron a instalar en la Región Metropolitana por la empresa Chilectra desde mediados de 2011.

En 2012, Copec se sumó a este esfuerzo por masificar esta tecnología limpia a través de Voltex, que ofrece un sistema de carga rápida gratuita en sus 3 estaciones localizadas estratégicamente en Vitacura, Pudahuel y Viña del Mar, de modo que un automóvil eléctrico pueda recorrer la distancia entre Santiago y el litoral central sin sufrir problemas de suministro.

Actualmente, en el año 2017, ya existen 16 puntos de recarga para vehículos eléctricos, 15 de ellas se ubican en Santiago, en las comunas de Vitacura, Las Condes, Huechuraba, Pudahuel, San Bernardo, La Florida, y Santiago Centro, y la restante está ubicada en Viña del Mar.

Ya se puede apreciar un compromiso por parte de las empresas y el gobierno por aprovechar los espacios de mejora e incorporar la variable ambiental con una mirada estratégica,

de largo plazo para la comunidad, el sello de etiqueta verde en los productos es de gran preferencia dentro de la población. La innovación en el tema medioambiental implica pensar en las estaciones de servicio de una manera distinta, aplicar el concepto de arquitectura sustentable y concebir todos los detalles de acuerdo a estos criterios.

El mercado en Chile está en etapa de introducción. Considerando que existe un público interesado y un aumento de ventas de vehículos eléctricos, nace la iniciativa de masificar los cargadores para estos automóviles en distintas zonas, no solo estaciones de servicio, sino por ejemplo, en centros comerciales de gran tamaño, como ocurre en distintas partes del mundo. Además, a modo de agregar una ventaja comparativa, el análisis estará en base a que la fuente de generación de energía sea híbrida (con energías renovables apoyadas por el sistema de energía eléctrica). Por tanto, la memoria consistirá en un proyecto que proponga la instalación de estaciones de carga en centros comerciales masivos y que cumpla con la restricción de generación de energía.

1.2 OBJETIVO GENERAL

Analizar la factibilidad de instalación de dos cargadores para vehículos eléctricos en el estacionamiento de un centro comercial en Viña del Mar, abastecidos con fuentes de generación de energía híbrida, entre la red eléctrica existente y un arreglo fotovoltaico, a modo de incentivo para la masificación del uso de vehículo eléctrico y las energías renovables.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1.3.1 Análisis externo

Análisis preliminar de los principales hitos del extranjero desde el año 2015 al año 2017 y generación de un estudio de electrolineras existentes y los sistemas de uso (incentivos fiscales y privados) en los principales 5 países con mayor compra en el año 2016 (China, EEUU, Noruega, Reino Unido y Francia).

1.3.2 Análisis interno

Realizar un análisis del país en cuanto al desarrollo de la incorporación de electrolineras, identificar las zonas urbanas con mayor índice de uso de autos eléctricos, el impacto que se tendrá en el entorno respecto al sistema social, ambiental y tecnológico además de identificar como la política del país influye en la masificación y como el proyecto se ve afectado por las tendencias claves en curso, la fuerza del mercado, la estructura económica y las fuerzas de la industria.

1.3.3 Justificación del proyecto

Considerando la experiencia en el extranjero y el contexto de electromovilidad actual en Chile, plantear una propuesta política/social que sea necesaria de aplicar en nuestro país para hacer factible el proyecto.

1.3.4 Potencia del arreglo fotovoltaico

Bajo el escenario de que ambos cargadores son de carga media (20 kW) y en base al supuesto que estos se usaran al mismo tiempo durante el día, evaluar como aporta energéticamente un arreglo fotovoltaico que entregue una potencia de salida de 15 kW, 30 kW y 50 kW, tomando atención de los materiales requeridos, de como instalar el arreglo fotovoltaico para que sea acorde a los requerimientos de los equipos en uso y la rentabilidad en el largo plazo.

1.4 METODOLOGÍA

En el desarrollo de la memoria se emplea un método de investigación cualitativa dado que se basa en la búsqueda de información para conocer y describir los sistemas, procesos, estructuras y recursos humanos necesarios para analizar la factibilidad comercial. Además se utiliza un software de análisis energético llamado RETScreen.

Respecto al esquema de desarrollo se basa en distintas etapas:

- 1) Identificación del problema a resolver.
- 2) Definición de los objetivos generales y específicos para lograr conseguir el análisis deseado.
- 3) Identificación de la base teórica a desarrollar en el proyecto. Definición preliminar de los vehículos eléctricos y sus componentes.
- 4) Realización del diagnóstico de la situación actual del mercado de vehículos eléctricos en el extranjero.
- 5) Desarrollo del planteamiento del problema.
- 6) Análisis del proyecto respecto a Chile en las tendencias claves, fuerzas de la industria, del mercado y económicas.

- 7) Evaluación del equipo a instalar para constituir el sistema
- 8) Evaluación de los tres escenarios en base a la generación eléctrica, el modelo físico factible de instalar, el costo de la instalación y un análisis financiero.
- 9) Diseño de resultados y propuestas.
- 10) Conclusiones.

1.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

Para el desarrollo de la investigación, será necesario el apoyo de fuentes documentables tales como informes, publicaciones científicas, memoria relacionadas, revistas de ciencia y tecnologías aplicables al tema, documentos nacionales e internacionales, además de la investigación de los requerimientos y condiciones eléctricas para implementar centros de carga y por tanto del apoyo de ingenieros electrónicos expertos en el área para analizar la situación eléctrica y los requerimientos necesarios que se abordarán.

1.6 UNIVERSO Y/O MUESTRA

En principio el estudio será abarcado bajo una dimensión y evaluación a nivel local en la región de Valparaíso que según los datos preliminares del censo publicados en agosto de 2017, posee una población de 774.782 habitantes.

1.7 ALCANCE

Se propone una prefactibilidad de proyecto que presente una solución de instalación de 2 cargadores eléctricos de carga media, en el estacionamiento del centro comercial Espacio Urbano de Viña del Mar.

La integración del módulo vendrá con la incorporación de un arreglo fotovoltaico como apoyo para el requerimiento energético de los cargadores.

El FV se evaluará bajo 3 escenarios de potencia entregada: 15 kW, 30 kW y 50 kW y en caso que no logren suplir completamente la demanda, tendrán apoyo en base a la energía eléctrica proveniente de CONAFE.

A modo de estudio preliminar se presentan los tipos de vehículos eléctricos y el tipo de recarga. Principalmente la propuesta política social está planteada en base al contexto internacional de los principales países que tienen mayor uso de esta tecnología por lo que el estudio del contexto de vehículos eléctricos en el extranjero es la base de este punto.

En el desarrollo del problema se presenta la elección del cargador eléctrico, del panel solar y la forma de instalación del arreglo bajo los criterios de potencia necesaria, los inversores óptimos y luego la evaluación económica. Además del impacto que provoca el proyecto en las áreas de tendencia ambiental, tecnológica, social y políticas existentes, junto con la fuerza que posee el mercado respecto al segmento interesado y activo, sus necesidades y demandas, la situación en la que se encuentra el mercado, la fuerza de la industria y la infraestructura económica.

1.8 HIPÓTESIS

Mediante una propuesta de proyecto factible a la situación del mercado se dará la posibilidad de instalación de la estación de carga de vehículos eléctricos en el estacionamiento del centro comercial Espacio Urbano, y que sea abastecido en base a fuentes de energía renovable fotovoltaica y del sistema eléctrico, a modo de entregar un servicio confiable para incentivar el uso de los vehículos eléctricos.

2 CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 TIPOS DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

Tres tipos de vehículos son impulsados por electricidad: los vehículos eléctricos (VE), los vehículos eléctricos híbridos (VEH), y los plug-in vehículos eléctricos.

2.1.1 Vehículo eléctrico (VE)

También conocidos como **Battery Electric Vehicle (BEV)** son impulsados por un motor eléctrico alimentado por batería de corriente alterna de alta eficiencia para transformar la energía eléctrica en mecánica.

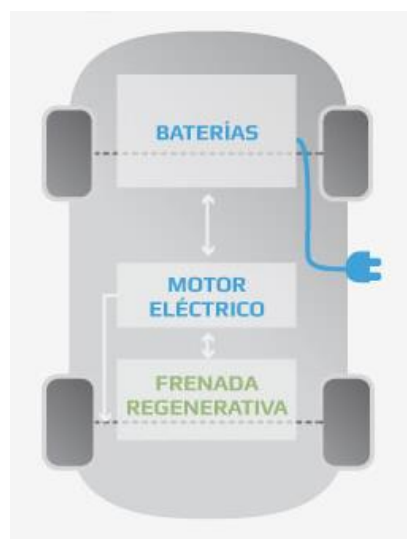


Imagen 1: Componentes vehículo 100% eléctrico.

Fuente: (Endesa, 2017b).

Este vehículo es recargable, posee un enchufe que se conecta a una toma de 110V o 220V, que puede ser de una casa o una electrolinera, así la energía pasa por un inversor que convierte la corriente alterna a continua de tal manera que esa corriente carga la batería del motor eléctrico para mover el vehículo. Este modelo también cuenta con un freno regenerativo que hace que dicha

energía no se desperdicie al frenar. Las principales marcas de autos que ofrecen modelos de esta categoría son: Tesla Modelo S (500 km), Nissan Leaf, Kia Soul, Mercedes Benz (Xavier, Hinojosa, Jose, & Mediavilla, 2017). En un escenario de alta penetración de VEs, con alta fosilización del mix eléctrico, se podrían ahorrar un 46% de emisiones de CO₂ en 2050 (Endesa, 2017b).

2.1.2 Vehículos eléctricos híbridos

Son alimentados por un motor de combustión interna y un motor eléctrico de imán permanente.

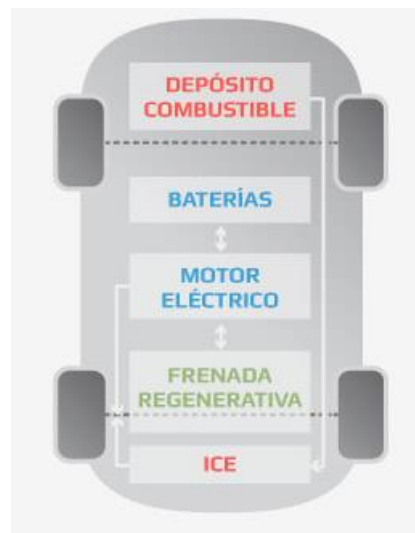


Imagen 2: Componentes de vehículos híbridos eléctricos.

Fuente: (Endesa, 2017b).

A diferencia de los vehículos eléctricos y los plug-in vehículos eléctricos, estos no están conectados a la carga. Debido a que utilizan la electricidad y el combustible fósil, este coche es una buena opción para conducir largas distancias (Indiana_Office_of_Energy_Development, 2017). Los tipos de autos existentes de este tipo son Toyota Prius 2010, Audi A8, BMW Active Hybrid 3 (Xavier et al., 2017).

Respecto a su funcionamiento depende del sistema de propulsión que se utiliza, por ejemplo en un sistema tipo serie el motor de combustión interna proporciona la potencia directamente al motor eléctrico o puede cargar las baterías. Al motor eléctrico se le aplica un control no lineal para regular la velocidad y el par según las necesidades del conductor (Canseco Ramírez, 2004).

En los adelantamientos se obtiene potencia adicional del motor eléctrico, alimentado por las baterías. En la frenada, el motor eléctrico actúa como generador, recuperando parte de la energía cinética. A bajas velocidades sólo el motor eléctrico impulsa el vehículo, con cero emisiones. Al parar, el motor de combustión se apaga, no consumiendo combustible. Al arrancar, el motor eléctrico suministra un par no alcanzable a bajas revoluciones por el de gasolina (Endesa, 2017b).

2.1.3 Plug-in de los vehículos eléctricos híbridos

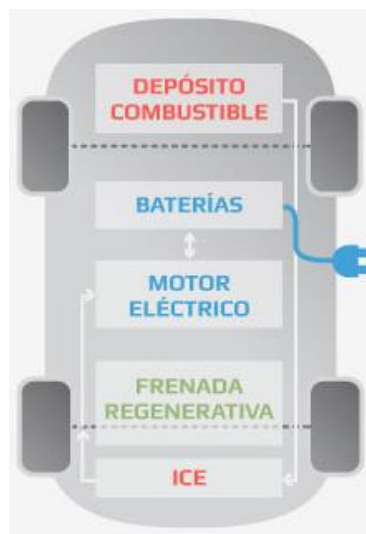


Imagen 3: Componentes de vehículos híbridos enchufables.

Fuente: (Endesa, 2017b)

Son alimentados por combustibles convencionales o alternativos, así como la energía eléctrica almacenada en una batería. La batería se puede cargar conectándolo a una fuente de energía exterior, por el motor de combustión interna, o por frenado regenerativo. A diferencia de los vehículos eléctricos híbridos, que aún dependen de petróleo, es posible que los plug-in se ejecuten en electricidad sólo cuando está completamente cargada. Debido a que estos autos pueden funcionar con petróleo o electricidad, que son una buena opción para conducir largas distancias si no está seguro acerca de la carga disponibilidad de la estación.

Los autos que cumplen en esta categoría son Audi A3, BMW I8, Mercedes Benz Clase S 500, Mitsubishi Lancer PHV, Toyota Prius (Xavier et al., 2017).

Los modos de recarga y el tipo de conexión de entrada para cargar el vehículo eléctrico se puede ver en el Anexo 1 y Anexo 2 respectivamente.

2.2 TIPOS DE RECARGA

Los tipos de carga están relacionados con la potencia del punto de recarga y el impacto en la duración de la carga. Se conocen comúnmente como recarga convencional o rápida. La rapidez de la recarga se obtiene según el tipo de corriente eléctrica (alterna o continua), obteniendo distintos niveles de amperaje y, en consecuencia, de potencia eléctrica

Según el tipo de recarga los vehículos eléctricos se pueden dividir en varios niveles:

- AC - baja potencia. Potencia máxima de recarga de 3,7 kW
- AC - media y alta potencia. Potencia mayor o igual que 3,7 kW
- DC - baja potencia. Menor de 20 kW
- DC - media potencia. Potencia entre 20 kW y menor a 50 kW
- DC - alta potencia. Potencia igual o mayor a 50 kW

En la práctica, una infraestructura de recarga con una potencia más alta permite recargas más rápidas. Las opciones disponibles en el mercado son por

- Recarga recarga super lenta: intensidad de recarga limitada a 10 A o menos, donde la recarga completa de las baterías de un coche eléctrico medio, de unos 22 a 24 kWh de capacidad, puede llevar entre diez y doce horas).
- Recarga lenta, convencional o normal: se realiza a 16 A, demandando unos 3,6 kW de potencia. Recargar la misma batería mencionada en el párrafo anterior, puede tardar entre seis a ocho horas.
- Recarga semi-rápida: se realiza a una potencia de unos 22 kW a 25 kW. La recarga completa puede llevar entre una hora a una hora y cuarto.
- Recarga rápida: la potencia de demanda es entre 44 a 50 kW. Para cargar la batería de 22 a 24 kWh puede llevar media hora, cargando entre el 80% y 90%.
- Recarga super rápida: la potencia de recarga es aproximadamente el doble de la carga rápida. Modelos como el Tesla Model S que poseen una potencia entre 90 y 120 kW requieren unos 20 minutos para recargar unos 250 km de autonomía.
- Recarga ultra-rápida: es poco frecuente su uso. La potencia de recarga es muy elevada, sobre 130-140 kW, y en unos cinco o diez minutos se pueden recargar las baterías. En principio las baterías de iones de litio no soportan la temperatura tan elevada que provoca este tipo de recarga dado que deteriora gravemente su vida útil.

No obstante, la carga rápida para el vehículo no genera gran impacto. Así fue comprobado en el Laboratorio Nacional de Idaho en Estados Unidos, los cuales realizaron pruebas en Phoenix, Arizona, uno de los estados en los que hace más calor en verano, condición que afecta el

rendimiento y vida útil de la batería. La muestra fue aplicada a cuatro Nissan Leaf del año 2012, y se les sometió a pruebas de medida de la capacidad en su batería a los 10, 20, 30 y 40 mil millas).

Al final de la prueba, es decir a las 40.000 millas, algo más de 64.370 km, el promedio de la degradación de las baterías de los dos primeros coches era de un 22% y la de los otros dos, recargadas de forma rápida, era de un 25%, apenas un 3% más. Es decir, la degradación de una batería no depende de la naturaleza de la recarga específicamente.

Para ver más detalle de este estudio, ver en Anexo 3.

2.3 CONTEXTO VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN EL EXTRANJERO

- **Hitos del año 2015**

En septiembre de 2015 ocurrió un escándalo con la empresa Volkswagen por trucidar las emisiones de los vehículos diésel, instalando un programa de cómputo diseñado para reducir a niveles legales la información sobre emisiones. Los vehículos equipados con este dispositivo pasaban las pruebas a las que eran sometidos, pese a que durante el uso normal los contaminantes emitidos eran hasta 40 veces por encima de los permitidos por los reguladores. Fue descubierto por la Agencia de Protección Medioambiental Estadounidense (EPA). El delito fue investigado por diversos países, tales como Alemania, EEUU y Francia, los cuales se sumaron a comenzar una investigación a la compañía en todo el mundo.

Luego Honda, Mercedes-Benz, Mazda y Mitsubishi entraron a la lista de compañías cuyos diésel contaminan por encima de los máximos permitidos. Fueron analizadas por técnicos de la consultora independiente Emissions Analytics y prácticamente todos los diésel de la industria automotriz emitían por encima de lo que decían emitir. La principal empresa de medición

Europea, Adac, detectó modelos con este problema en Renault, Nissan, Hyundai, Citroen, Fiat, Volvo y Jeep.

En abril de 2017 la corte federal en Estados Unidos aprobó una multa por 2,800 millones de dólares contra Volkswagen (VW). La multa es parte del acuerdo al que llegó Volkswagen, en enero 2017, con el Departamento de Justicia de Estados Unidos, donde además aceptó que sea supervisado por un funcionario federal en adelante.

Esta sentencia es la última de una serie de acuerdos que los jueces federales han aprobado desde que la Agencia de Protección Ambiental (EPA) acusara a Volkswagen de instalar un programa de cómputo diseñado para reducir a niveles legales la información sobre emisiones (Notimex, 2017).

Las regulaciones cada vez más estrictas por parte de la Unión Europea, Norteamérica y China han motivado a las grandes compañías a cambiar sus futuros modelos de negocios, haciendo que muchos fabricantes comiencen a hablar del fin de los motores de gasolina.

Toyota ha puesto hasta una fecha en la que cree que sus ventas de motores de gasolina o diésel serán prácticamente cero: el año 2050.

Además, el 2015 BMW ha hecho público que su intención es que dentro de 10 años todo coche que produzca sea eléctrico o, en su defecto, híbrido. Esta maniobra afectará a toda su gama de vehículos, aunque todavía no está claro que parte será eléctrica al 100% y qué parte utilizará algún tipo de motor convencional complementario.

En temas de venta, estas fueron cerca de 1.2 millones de vehículos eléctricos enchufables en el mundo para diciembre del 2015, siendo 720.000 automóviles totalmente eléctricos y

480.000 híbridos. De estos, más de 500.000 fueron vendidos en 2015, lo que representa alrededor del 42% del total acumulado desde el inicio de la venta del Tesla Roadster en 2008.

- **Hitos del año 2016**

En 2016 las ventas de vehículos eléctricos (entre híbridos y 100% eléctricos) tuvieron un importante crecimiento a nivel mundial, llegando a un máximo histórico. Así lo revelan grandes rankings, entre ellos HybridCars indicando que los países con mayor adopción de vehículos eléctricos durante el 2016 en orden decreciente son: China, Estados Unidos, Noruega, Reino Unido, Francia, Alemania, Holanda, Japón, Suecia y Canadá. Las ventas por país en el año se pueden apreciar en la siguiente imagen:

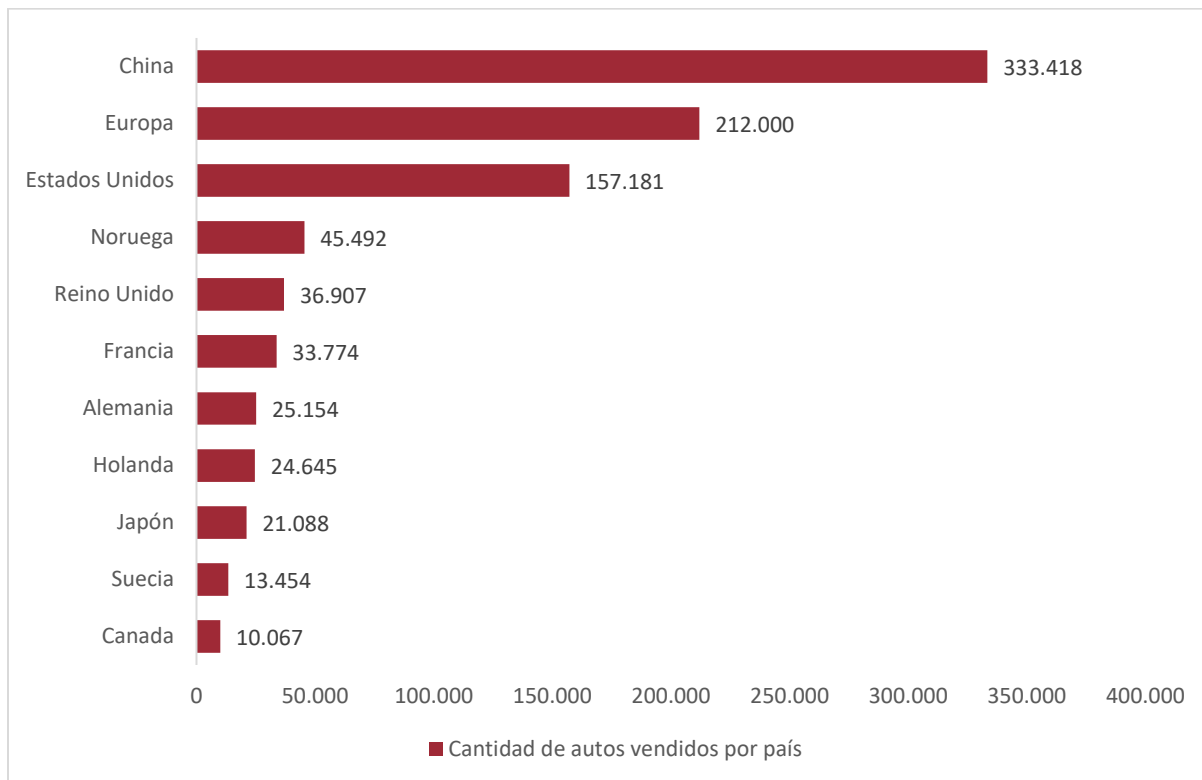


Imagen 4: Ranking de compra de autos eléctricos por países en 2016.

Fuente: (Cobb, 2017)

El estado de cada país respecto a la cuota del mercado internacional porcentual de autos eléctricos que poseen, la cantidad de autos eléctricos entre híbridos y 100% eléctricos, el porcentaje de la cuota global del total de todos los PEVs en el mundo y el modelo más comprado durante el año 2016 y la cantidad de estos, se puede ver en la siguiente tabla.

País	Cuota de mercado % en el país	Cantidad de autos 100% eléctricos e híbridos	% Cuota global del total de todos los PEVs	Modelo más comprador el 2016
Canadá	0,53%	27.392	1,3%	Chevrolet Volt
Suecia	3,5%	30.513	1,5%	Volkswagen Passat GTE
Japón	-	147.000	7,3%	Nissan Leaf
Holanda	6,4%	113.636	5,6%	-
Alemania	0,75%	74.754	3,7%	BMW i3
Francia	1,4%	108.065	5,3%	Renault Zoe
Reino Unido	1,37%	91.627	4,8%	Mitsubishi Outlander PHEV
Noruega	29,1%	135.276	6,6%	Mitsubishi Outlander PHEV
Estados Unidos	0,9%	570.187	20,3%	Tesla Model S
China	1,31%	645.708	43%	BYD Tang

Tabla 1: Datos de interés de los 10 principales consumidores.

Fuente: Ranking HybridCars (Cobb, 2017)

Respecto a Chile, el incremento de los autos eléctricos a nivel nacional fue gracias al mayor desembarque de unidades que hizo Nissan a inicios de este año, al entregar una flota de 25 ejemplares del modelo Leaf a la eléctrica Enel, firma que está impulsando la comercialización de estos vehículos en sus trabajadores, ofreciendo facilidades de pago. Con esta flota, la automotora

superó el total de las ventas del año pasado. De hecho, la firma desde 2012 a 2016 ha vendido en el país 50 autos eléctricos de pasajeros, de los cuales 24 se comercializaron el año 2016 (Pizarro, 2017).

- **Hitos del año 2017**

La empresa Tesla cerró el primer trimestre del año 2017 con un volumen de ventas de más de 25.000 unidades en todo el mundo, lo que representa un récord comercial, con un crecimiento del 69% en comparación con los datos del mismo período de 2016. En el primer trimestre 2017, Tesla ha vendido y entregado 13.450 unidades del Model S y 11.550 unidades del Model X, mientras que 4.650 vehículos adicionales que ya habían sido apartados o vendidos en este periodo no fueron entregados a sus clientes por lo que serán sumados a las ventas del segundo trimestre de 2017 (Hernández, 2017).

En EEUU, el mercado de autos eléctricos ha seguido creciendo a un alto ritmo en el último año, sobretodo en California. De enero a agosto, la venta de 8 coches totalmente eléctricos creció en 47% en el país, entre ellos se encuentra el modelo Ford Focus Electric, Nissan Leaf Toyota Prius primer. Y un 30% para vehículos eléctricos híbridos. En general la venta de estos 14 coches aumentó en 40% respecto al 2016.

El mercado de plug-in en Europa tuvo un aumento sorprendente para el agosto 2017 con más de 22.000 registros, un aumento del 68% respecto a agosto 2016. Quedando la cuota de mercado de plug-in de hasta 1,7%. El modelo más vendido en Europa fue el Renault Zoe (aumento en ventas del 12% entre los meses de agosto) seguido por el Nissan LEAF, BMW i3 y Mitsubishi Outlander PHEV (todos estos con un aumento del 5% en la cuota de mercado) (CleanTechnica, 2017).

Respecto a China, ya en agosto cumplió un record de 55.000 vehículos eléctricos registrados durante el año, demostrando un crecimiento respecto a agosto de 2016 a la fecha, de un 68%. Como consecuencia de todo esto, la cuota de mercado de los vehículos de plug-in (PEV) creció en 1,8%, por delante del récord del año pasado (1,5%). Se espera que las ventas van a crecer aún más para el final del año, y el mercado chino PEV parece estar seguro de superar 2% de cuota a finales de año, incluso hasta alcanzar el 2,5% (CleanTechnica, 2017). Esto sigue siendo un mercado altamente protegido, donde el 94% de las ventas pertenecen a las marcas nacionales. Del 7% restante para las marcas extranjeras, 4% pertenecen a Tesla, 1% de BMW, y el restante 1% dividido entre todos los otros fabricantes de automóviles.

2.3.1 Electrolineras existentes en los principales países con mayor uso

Los principales incentivos de política para trasladar a los clientes hacia los vehículos eléctricos son tres: las subvenciones directas, incentivos fiscales y de combustible y ahorro de costos de mantenimiento. Los países que utilizan los subsidios directos, por lo general ofrecen un descuento de una sola vez en la reducción del precio de venta de los vehículos eléctricos. Los incentivos fiscales actúan en la reducción de impuestos para la compra y uso de vehículo eléctrico. El ahorro en los costos de mantenimiento (combustible) incentiva a los usuarios de los EV a conducir su coche, pues bien existe una gran diferencia de costo entre cargar el vehículo con combustible o cargarlo con la red eléctrica, para poder recorrer la misma cantidad de kilómetros.

A continuación se analizan los principales 5 países (China, EEUU, Noruega, Reino Unido y Francia) con mayor uso del vehículo eléctrico en la población y como se han visto afectado por estos factores.

2.3.1.1 China

En las últimas dos décadas, el importante desarrollo económico en China ha creado un rápido crecimiento en la adquisición de automóviles, que trajo consigo una gran congestión y contaminación en todas las ciudades. Ante los problemas ocasionados por el creciente número de estos, muchas ciudades chinas han adoptado una de las dos políticas de propiedad de automóviles, la lotería de matrículas o la subasta de matrículas, para limitar el número de autos en la carretera. Ambas políticas requieren que un residente primero obtenga una placa del gobierno antes de que pueda comprar un automóvil. En la lotería de matrículas, los residentes deben participar en un sorteo mensual para obtener la matrícula y no hay costo adicional para obtenerla. Beijing comenzó esta política desde 2011 y la posibilidad de obtener una matrícula ha disminuido a menos del 0,5% en la lotería celebrada en agosto de 2016, es decir, solo se entregaron 13.674 placas de matrícula, aunque hubo 2.684.759 personas en la lotería (Beijing_Municipal_Commissio_of_Transport, 2016). La feroz competencia por placas ha provocado una gran cantidad de quejas de los residentes porque poseer un automóvil ya ha sido una forma de vida para los ciudadanos de clase media (Guo, 2016). A diferencia de Beijing, Shanghai administra el segundo tipo de política, es decir, la subasta de matrículas, donde los residentes deben hacer una oferta y pagar por las matrículas. En la reciente subasta que tuvo lugar en enero de 2017, había 232.101 residentes que tenían un stock de 12.215 matrículas y el precio de una matrícula alcanzó un máximo histórico de 87.685 yuanes chinos, o 12.761 dólares estadounidenses (The_Chinese_news, 2017). La política de subastas tampoco es inmune a las críticas.

Muchos culpan que el precio escandalosamente alto hace que sea un privilegio de los ricos poseer un auto. Ambos tipos de pólizas de propiedad de automóviles imponen cuotas anuales

sobre el número de matrículas de los autos de gasolina, pero para los automóviles eléctricos o de nuevas energías imponen pocas o ninguna restricción.

Bien, las ciudades ofrecen incentivos para promover la compra de autos eléctricos entre los residentes. Por ejemplo, Pekín lleva a cabo una lotería independiente de matrículas para vehículos eléctricos y el número de matrículas supera el número de compradores que solicitan dichas matrículas, como resultado, es muy fácil obtener matrículas para automóviles eléctricos, además todas las nuevas urbanizaciones tienen que instalar electrolineras en sus aparcamientos, y se espera que el 18% de los vecindarios cuenten con ella para el 2020. En Shenzhen, en donde el 2017 se construirán 40.612 puestos de carga, los usuarios de coches eléctricos pueden disfrutar de dos horas de aparcamiento gratuito al día. En Shanghai, los residentes que compren autos eléctricos, se les entrega una matrícula diferente, verdiblanca, que resulta más fácil y barata de conseguir (una normal puede superar los 12.000 euros en las subastas que hace el ayuntamiento, donde solo el 5% logra una) (Aldama, 2017). Además, el gobierno proporciona generosos subsidios a los compradores de autos eléctricos. Por ejemplo, uno puede recibir un subsidio de 110.000 yuanes, o 16.923 dólares al comprar un automóvil eléctrico de 250 km o más, en 2016 (Xinhua, 2017). Además de Beijing, Shanghai y Shenzhen, un puñado de otras ciudades, como Guangzhou, Tianjin y Hangzhou, limitan las placas de automóviles por decreto oficial. (Yang et al., 2017).

Los incentivos gubernamentales como facilitar la obtención de matrículas para autos eléctricos y proporcionar subsidios a los compradores, son tan importantes como la mejora tecnológica que los fabricantes de autos eléctricos se esfuerzan por hacer. Es por este motivo que desde el 2011 que el gobierno puso en marcha una enorme inversión para cumplir con dos objetivos: incentivar la producción y promover la compra de vehículos eléctricos. Este año el

gobierno comenzó a dotar al país de una red formada por al menos 10 millones de puntos de recarga para vehículos eléctricos antes de diez años. El planteamiento del gobierno fue el siguiente: no se puede esperar que la demanda lleve a la instalación de electrolinerías, tiene que ser al revés, si hay puntos de carga en todas las gasolineras, habrá demanda.

Actualmente en 2017, existe un subsidio por 6.000 euros al comprar un automóvil híbrido enchufable y otro de 7.200 euros si el vehículo es eléctrico puro. Adicionalmente, se aplica una exención de impuestos que los vehículos convencionales deben pasar. (B. C. Noya, 2011). Bien, el gobierno espera para el 2020 que la industria haya logrado una estabilidad lo suficientemente robusta para poder trabajar sin ayudas públicas y que los vehículos no contaminantes aumenten hasta dos millones al año, por lo que exigirá que el 12% de la producción de todos los fabricantes en China sea eléctrico (Aldama, 2017).

El público chino ha respondido positivamente a este tipo de ventajas. Según la Asociación China de Fabricantes de Automóviles, el 2016 se vendieron 507.000 vehículos enchufables, de los cuales 115.700 fueron autobuses. Fue un crecimiento interanual del 53% y supone el 46% de todos los vehículos limpios vendidos en el mundo, de los cuales el 43% lleva un logotipo chino. Para el 2017, el vicesecretario de la Asociación, Xu Yanhua estima que la demanda va a seguir creciendo a una velocidad similar, alcanzando los 800.000, dado que las infraestructuras de carga se están multiplicando, y con la explosión de ventas los costos de fabricación continuarán reduciéndose (Aldama, 2017).

Estos hechos han sido fundamentales para posicionar en 2017 a China como el principal usuario de automóviles eléctricos del mundo. Además, se tiene que considerar que el gobierno tiene gran poder sobre empresas claves, sobre todo en el sector energético, facilitando la rápida adecuación de las infraestructuras y que China es el país más poblado del mundo, no obstante la

penetración de los automóviles privados todavía es pequeña si se compara con la de los países más desarrollados.

2.3.1.2 Estados Unidos

Del año 2009 bajo el gobierno de Obama, se consideró al vehículo eléctrico como un componente crítico para eliminar la dependencia del país con el petróleo extranjero además de considerarse como la tecnología que dominaría en el futuro de la industria automovilística estadounidense. Ante esto, durante este año se invirtieron 2.400 millones de dólares al sector y hubo estímulos fiscales por un monto de 7.500 dólares para el usuario que compre un vehículo híbrido. La mayoría de los fondos para el sector fueron repartidos entre los fabricantes de automóviles y proveedores de componentes. Otra parte importante fue a investigación y desarrollo de infraestructura para reparación y estaciones de carga de vehículos eléctricos, así como para la producción de baterías (Jranchal_TI, 2009).

Un tema interesante de analizar dentro de EEUU es el caso del estado de California dado que en los inicios de los años noventa era uno de los estados más contaminados de Estados Unidos. En 1990 el CARB (California Air Resources Board) adoptó un ambicioso programa de vehículos de cero emisiones (ZEV). Este programa tenía como objetivos que los ZEVs representaran un 2% de las ventas de vehículos nuevos en 1998, aumentando a un 5% el 2001 y a un 10% en el 2003. En los inicios del programa no existía una alternativa funcional para los adaptadores tempranos de este tipo de tecnología y las condiciones de mercado no estaban preparadas para una gran escala, junto con que durante el mismo no hubo grandes inversiones para este fin, lo que provocó que no se alcanzaran los objetivos propuestos en las fechas dichas. No obstante, el programa fomentó el desarrollo de las tecnologías de ZEV, incluyendo al vehículo eléctrico. Es más, veinte años después, el programa ZEV ha debido ajustar sus objetivos para continuar impulsando el desarrollo de

tecnología, hoy varios indicadores señalan que el programa ha contribuido exitosamente (Meneses, 2012).

- El número de inversionistas interesados y comprometidos ha crecido significativamente.
- El gobierno federal se ha unido a California en el establecimiento de incentivos de compra para vehículos eléctricos.
- Las baterías de litio son superiores a las utilizadas anteriormente.
- Se han introducido al mercado los vehículos híbridos y plug-in (híbridos eléctricos), aumentando la conciencia de los consumidores y sus opciones.
- Se han establecido estándares para los conectores y tipos de recarga.
- Los derrames de petróleo y alzas de precios, junto con las guerras en el Medio Oriente, son temas muy presentes en la conciencia de los americanos.
- Los peligros de la contaminación del aire y el cambio climático están bien establecidos en el diálogo público.

A continuación se resumen las razones del porqué el Estado de California está trabajando para ser un referente a nivel mundial en los ZEV y el VE:

- El sector transporte es la primera fuente de gases de efecto invernadero en California y la segunda en EEUU.
- Los vehículos de pasajeros aportan el 29% de los gases de efecto invernadero en California.
- EEUU importa más del 60% de su petróleo.
- California se ha autodenominado el “Estado Verde”, empujando fuertemente a bajar sus gases de efecto invernadero.

- A diciembre de 2010 las ventas de vehículos nuevos en California representaron el 11% de las ventas de EEUU y más del 20% de las ventas de vehículos híbridos.
- Actualmente se venden al año 1,1 millones de vehículos nuevos en California y se espera que las ventas anuales a 2020 sean de 1,7 millones.
- En California existen 22 millones de vehículos y se esperan cerca de 30 millones para el 2020.
- Al cargar un VE en la red de California se reducen en un 75% las emisiones respecto a un vehículo de combustión interna y en 55% comparado con un híbrido.
- El 30% de las ventas de VE en EEUU son en California.
- Desde el 2006 California ha atraído 11,6 billones de USD en fondos de capital de riesgo para tecnologías limpias (24% del total global).
- Sólo el 2010 California atrajo el 40% de la inversión global en tecnologías limpias.
- A nivel de EEUU, California es el líder en patentes de tecnologías limpias y de baterías.

El Estado de California cuenta con una matriz energética que posee 35% menos de emisiones que la red de Estados Unidos. A 2008 la matriz energética de California poseía 447 gCO₂/kWh (más que la matriz SIC chilena, de 369 gCO₂/kWh) con un plan de bajar en un 40% las emisiones al 2020, a un nivel de 261 gCO₂/kWh (Meneses, 2012).

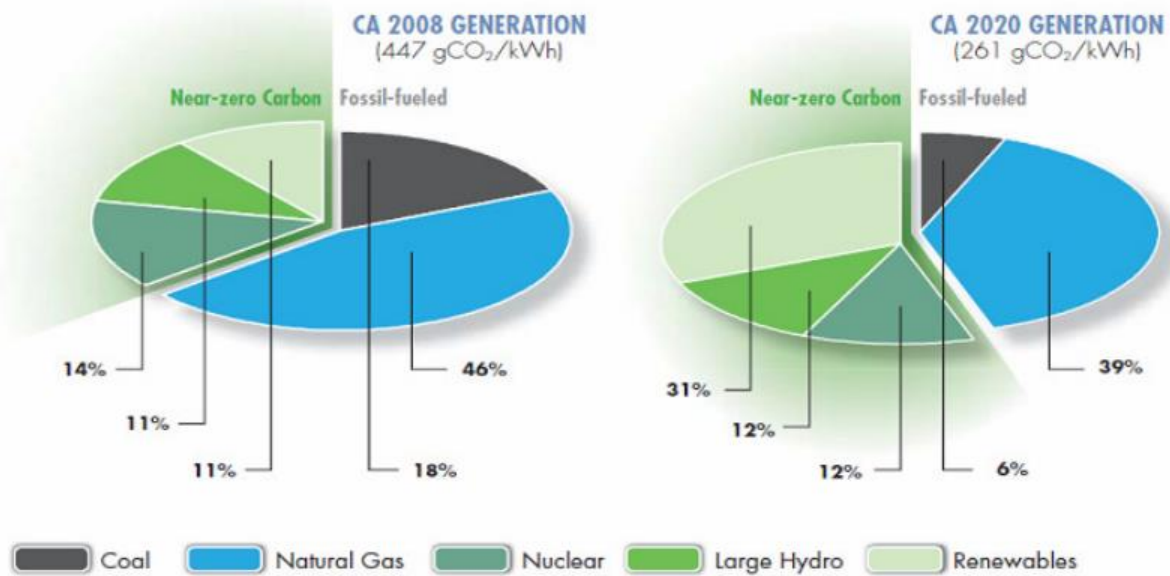


Imagen 5: Emisiones de matriz de generación de California.

Fuente: (Meneses, 2012)

El Estado de California ha publicado su plan para el VE al 2020, en este plan se entregan las siguientes metas:

- La experiencia del consumidor de VE sea realmente positiva.
- Los costos de los VE sean competitivos con los de vehículos convencionales.
- La recarga de los VE se debe integrar sin problemas, de una manera limpia, eficiente, confiable y segura a la red eléctrica.
- Los VE deben avanzar en la vía de la seguridad energética, la calidad del aire, el cambio climático, y en objetivos de salud pública.
- Las acciones estratégicas tempranas creen puestos de trabajo y beneficios económicos en California.
- Los VE se muevan desde los adaptadores tempranos hacia los consumidores en general.

El plan para el VE en California para el 2020 fue presentado el 2010, donde se proyectó cerca de 1 millón de VE para 2020 en California. Ya existen diversas acciones en curso para cumplir las metas impuestas (Meneses, 2012). Estas son:

- Ley AB118, la cual proporciona 1,4 billones de USD en incentivos para préstamos o compra de vehículos de cero emisiones, la infraestructura para combustibles alternativos, la fabricación e investigación y desarrollo.
- En 2010 y 2011 se han destinado 4,1 millones de USD en descuentos a compradores de VE, los descuentos llegan hasta 5.000 USD por vehículo.
- Actualmente existen 1.300 puntos de carga en espacios públicos.
- Con los fondos AB118 se instalarán 3.000 puntos de carga residencial, 2.000 estaciones de recarga pública y 50 puntos de carga rápida.
- Con todo esto California se destaca como un modelo mundial en el VE, dando pautas a seguir y escenarios para comparar

Bien ya en 2017, la mayor red de estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos, conocida como eVgo, se dio la tarea de realizar una lista con las 10 ciudades que poseen la mayor cantidad de cargadores rápidos. Y California lleva los siete primeros puestos (Luis Hernandez, 2017).

Posición	Ciudad	Horas promedio de carga por mes	Promedio de millas desarrolladas por mes
1	San Diego, CA	3,036	455,400
2	Fremont, CA	1,940	291,000
3	San Francisco, CA	1,470	220,500
4	San José, CA	1,285	192,750
5	Cupertino, CA	1,059	158,850
6	Berkeley, CA	755	113,250
7	Los Ángeles, CA	674	101,100
8	Arlington, VA	644	96,600
9	Atlanta, GA	632	94,800
10	Daly City, CA	557	83,550

Tabla 2: Top 10 ciudades con más estaciones de carga rápida.

Fuente: (Luis Hernandez, 2017)

Estados Unidos está consciente de que la venta de autos eléctricos aumentará a medida que haya mayor número y acceso a las estaciones de recarga rápida, pues estas generan mayor confianza en los usuarios.

Dentro de las actividades de empresas más destacadas en Estados Unidos, se mencionan las grandes inversiones hechas en la planta General Motors cerca de Baltimore en enero de 2010 para poder desarrollar una expansión del terreno y equipamientos para el desarrollo de motores eléctricos. Pues bien, ésta fue la primera planta de una armadora de automóviles de EEUU dedicada a fabricar componentes fundamentales para la electrificación del vehículo. Las operaciones de General Motors Baltimore son con un enfoque respetuoso del medio ambiente, destinadas para uso exclusivo de GM, entregando motores eléctricos, transmisiones eléctricas y la transmisión de alta resistencia A1000.



Imagen 6: Tres VE Chevrolet Spark en exhibición en mayo de 2015.

Fuente: (Baltimore_Operations_GM, 2015)

Es destacable en la Figura 9 que la energía para fabricar los motores eléctricos y unidades de accionamiento, son bajo el apoyo de un conjunto de paneles solares en la azotea del edificio certificada recientemente LEED en White Marsh, Maryland, como se ve en la siguiente figura.



Imagen 7: Panel solar de 580 kilovatios en la azotea del edificio E-Motor de Operaciones Baltimore.

Fuente: (Baltimore_Operations_GM, 2015)

Esta gama se compone de aproximadamente 2.420 paneles (87% de la cubierta del edificio) de 1,23 megavatios, generando aproximadamente el 9% del consumo de energía anual. Ya en 2017,

dada la creciente demanda de los empleados de General Motors, se han instalado 401 puntos de recarga de vehículos eléctricos en sus instalaciones de producción y de negocios de EEUU.

Otras entes privadas también han tenido gran relevancia en el fomento de los autos eléctricos, como por ejemplo, el fabricante de automóviles Ford, el cual en el año 2012 comenzó a trabajar con la empresa Coulomb Technologies para ofrecer puntos de recarga gratuitos en los hogares a los primeros usuarios de automóviles eléctricos en Estados Unidos, bajo el Programa Ford Blue Oval ChargePoint. Coulomb Technologies, con el apoyo de Ford comenzó la instalación de cerca de 5.000 puntos de recarga públicos y en hogares en ciudades de Texas, Michigan, California, Florida, así como en Washington, además de las ciudades de Nueva York y Washington DC.

Además por parte del gobierno, el Departamento de Energía de EEUU, conocido por las siglas DOE (Department of Energy) se encuentra asociado con Google y el NREL (National Renewable Energy Laboratory), para recolectar y poner a disposición en todo el país la ubicación de las estaciones de recarga, ofreciendo a los ciudadanos información de alta precisión.

2.3.1.3 Noruega

Noruega tiene el sexto Producto Interno Bruto (PIB) per cápita del mundo, según datos del Fondo Monetario Internacional. Los precios por la ciudad son bastante altos, Oslo, la capital, es considerada una de las ciudades más caras, pero existe una excepción, el precio de los vehículos eléctricos es muy inferior al de los autos impulsados por combustibles fósiles. Noruega es el país con mayor número de autos eléctricos per cápita del mundo, con una cuota de mercado superior al 33%, según datos del Observatorio Europeo para los Combustibles Alternativos (EAFO). A pesar de ser un país productor de petróleo (40% del PIB), el gobierno es consciente de que las energías limpias son el futuro (BBC_Mundo, 2017).

Este país desde hace muchos años que ha tenido el espíritu por el avance tecnológico y cuidado del medio ambiente, es más, en 1990 Noruega puso en marcha un programa de subvención estatal para promover la compra de vehículos eléctricos e híbridos, bien a pesar de que en esta época prácticamente no había autos de este tipo, una compañía nacional fabricaba el Buddy, un vehículo urbano del que se vendieron 1500 unidades entre 1991 y 2013.

Dentro de los incentivos que ofrece el gobierno noruego a la hora de comprar autos eléctricos se destaca que éstos están exentos de pagar los impuestos con que se grava la venta de automóviles, del impuesto anual de circulación, de peajes junto con que pueden viajar a bordo de los ferris que atraviesan los fiordos del país de forma gratuita. Asimismo existen zonas azules de estacionamiento gratuitas y pueden circular por el carril bus para evitar tráfico. Ya en 2017 existen 7 mil puntos de recarga en el país, el cual tiene el ambicioso objetivo de acabar con la venta de coches que funcionan con combustibles fósiles antes del 2025.

En 2016 se vendieron 44.888 vehículos eléctricos en el país, que representa el 21,49% de los que fueron adquiridos en toda Europa, según datos de la Asociación de Constructores Europeos de Automóviles (ACEA). En abril de 2017 se vendieron 16.757 vehículos eléctricos, más de la mitad de los que se adquirieron en toda Francia en 2016 (29.205).

2.3.1.4 Reino Unido

Reino Unido es uno de los países europeos que más apoyan el desarrollo del vehículo eléctrico. En Inglaterra el Gobierno anunció en 2009 que los británicos tendrán unas ayudas económicas de entre 2.000 y 5.000 libras para comprar un automóvil eléctrico a partir de 2011. Este programa reduce el precio del vehículo en un 25%, respecto al coste total inicial y pueden acceder a este beneficio los compradores de flotas, tanto públicas como privadas (IDAE, 2012). Además, en mayo de 2009, el alcalde de Londres presentó el "Electric Delivery Plan for London".

Con este proyecto se planteó instalar 25.000 puntos de recarga en Londres para el año 2015; de los cuales 500 estarán ubicados en las calles, 2.000 en aparcamientos y 22.000 en ubicaciones privadas.

Dentro de los grandes acontecimientos que sucedieron en Reino Unido, en febrero de 2010, la zona de Milton Keynes fue seleccionada como lugar pionero para el desarrollo de infraestructuras de vehículos eléctricos. La ciudad británica se unió al Plan de Ciudades Unidas, a través del que se busca crear una red de recarga de automóviles eléctricos a lo largo del país. Además, la ciudad reservó a principios del mismo año 30 millones de libras (33,7 millones de euros) para impulsar la creación de la infraestructura. Luego en febrero de 2011, el proyecto “Source London” contrató a Siemens para construir una red de puntos de recarga públicos en Londres. Fueron instalados 1.300 puntos de recarga en lugares públicos.

El apoyo del gobierno ha sido fundamental, en 2014 se lanzó un programa dotado con un presupuesto de 15 millones de libras (19 millones de euros). Una inversión destinada a mejorar la implantación de los puntos de recarga en las autopistas del país y ya en 2017, según el RAC británico, de las 97 estaciones de servicio disponibles en las autopistas de Reino Unido, 70 cuentan con al menos un punto de recarga para coches eléctricos. Un 72% que muestra que la movilidad eléctrica está despegando con fuerza en este mercado, lo que genera que los conductores británicos tienen un punto de recarga a no más de 32 kilómetros de distancia como máximo en el 98% de las autopistas inglesas (C. Noya, 2017a). La cantidad de cargadores que existen en estaciones de servicio y establecimientos públicos en todo Reino Unido es de 11.500, no obstante, el gobierno del país es consciente de que es escaso para toda la nación, por lo que se empezarán a instalar cargadores públicos dentro de estacionamientos, gasolineras y estaciones de servicios específico de forma obligatoria. De hecho, más de 8.500 estaciones de servicios actuales van a ser reestructuradas para instalar los cargadores para los automóviles eléctricos (Vemotek, 2017).

Los asesores del gobierno sobre el clima estimaron que Reino Unido necesita 1,7 millones de coches eléctricos para el año 2020 para cumplir con sus objetivos de reducción de las emisiones de CO₂ (IDAE, 2012).

2.3.1.5 Francia

El Ministerio de Ecología, Energía, Desarrollo Sostenible y del Mar del Gobierno de Francia ha defendido que el desarrollo de los vehículos eléctricos e híbridos recargables constituye una doble oportunidad para el país: contribuirá tanto a la lucha contra el cambio climático como a la re-estructuración de un sector que hoy se encuentra en crisis.

Dentro del país se han llevado diversas iniciativas para fomentar el uso de autos eléctricos, en diciembre de 2011 se inauguró en París el programa Autolib, el cual consiste en un servicio de coche totalmente eléctrico (modelo Bluecars Bolloré) para uso público mediante una suscripción pagada. Cuenta con estaciones de recarga distribuidas por todo París, junto con algunos beneficios extra como el estacionamiento garantizado.

Grandes empresas también han colaborado, por ejemplo Toyota y EDF en 2007 llegaron a un acuerdo de colaboración para probar el rendimiento de los vehículos híbridos de la marca nipona en carretera. Además Renault-Nissan y EDF en 2009 acordaron llevar a cabo pruebas de una flota de vehículos eléctricos en la región de París en 2010. En esta ocasión Toyota suministró 100 híbridos enchufables de nueva generación a distintas empresas y colaboradores. EDF se encargó de colocar puntos de recarga en hogares, recintos de empresas, aparcamientos y carreteras públicas.

Por otra parte, el gobierno de Francia presentó en 2010 un plan de 14 puntos, que incluyó una ayuda de 5.000 euros por la compra de vehículos con unas emisiones de CO₂ inferiores a 60

g/km (esta ayuda fue hasta el año 2012). Además de comprometerse a crear infraestructuras, para vehículos eléctricos o híbridos recargables, accesibles a los ciudadanos en una docena de ciudades francesas. El gobierno francés estima numerosos lanzamientos de vehículos eléctricos en los próximos años, esperando que en el año 2025 ocupen el 27% del mercado (IDAE, 2012). Ya en 2017 los vehículos que emiten hasta 50 g/km, la bonificación es de 5.000 euros y aquellos que emiten menos de 20 g/km de CO₂ reciben una bonificación de 7.000 euros (Brenna et al., 2017). Además, Francia ha declarado prohibir la venta de autos a diésel y gasolina a partir del año 2040 (Pizarro, 2017).

En total hasta el 1 de enero de 2017 se han instalado en Francia 15.883 puntos de recarga públicos (de los cuales, 7.416 estaciones están en la región de París). Son 13 los territorios que tienen más de 40 puntos de recarga por cada 100.000 habitantes. París y los Altos del Siena siguen siendo las ciudades con mayor nivel de infraestructura, con 154 y 102 puntos de recarga por cada 100.000 habitantes. Según las estadísticas, en 2016 la instalación de puntos de recarga se ha incrementado un 57% respecto a las estaciones implantadas en 2015. Estas implementaciones han sido de gran incentivo en las ventas de coches eléctricos, el cual creció un 26% en el conjunto de 2016, hasta llegar a unas matriculaciones de 27.307 unidades. Las ventas de coches eléctricos particulares ya representan el 1,08% de las ventas de automóviles nuevos. El objetivo es lograr cerrar el 2017 con 20.000 nuevos puntos instalados, y para los que el gobierno prepara una ayuda de 10 millones de euros. Un plan que pretende tener cubierta toda Francia con una extensa red de recarga de coches eléctricos para 2020 (C. Noya, 2017b).

3 CAPITULO IV: DESARROLLO

3.1 ACTORES INVOLUCRADOS PARA LOGRAR LA INSERCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS VEHICULARES MÁS EFICIENTES EN CHILE

Los actores que deberán presentarse para que se logre el impulso en Chile de la tecnológica vehicular más eficiente son:

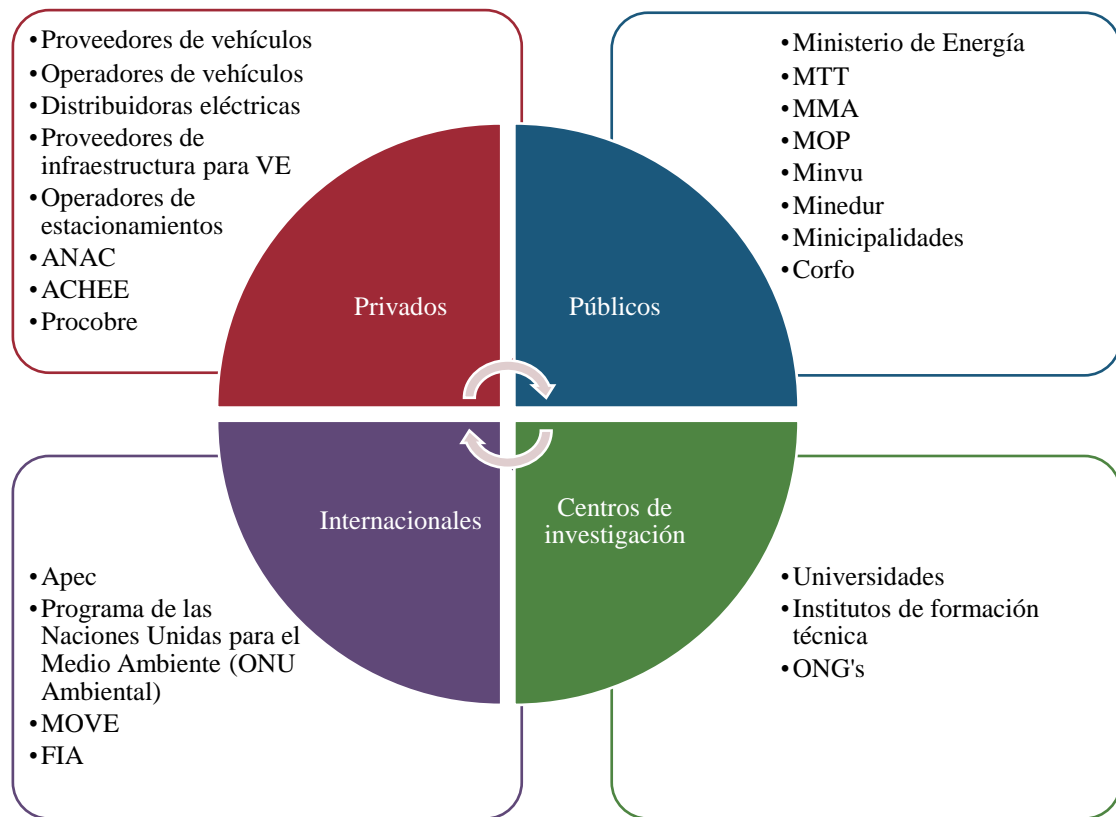


Imagen 8: Actores Involucrados en la inserción de tecnología vehicular.

Fuente: (Ministerio de energía; Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones; Ministerio del Medio Ambiente, 2016)

3.2 ANÁLISIS DE IMPACTO

Dada la creciente complejidad del panorama económico (como los modelos de negocio en red), la mayor incertidumbre (provocada, por ejemplo, por las innovaciones tecnológicas) y las considerables disrupciones del mercado (inestabilidad económica, nuevas propuestas de valor

disruptivas, etc.), el análisis constante del entorno ha cobrado relevancia. La comprensión de los cambios que se producen en el entorno ayuda a adaptar los proyectos a las fuerzas externas con mayor eficacia.

Para captar mejor el espacio de diseño de un proyecto, se esbozarán las cuatro áreas más importantes del entorno: fuerzas del mercado, fuerzas de la industria, tendencias clave y fuerzas macroeconómicas.

El siguiente análisis está hecho bajo la metodología planteada en el libro “Generación de modelos de negocio” de Alexander Osterwalder & Yves Pigneur.



Imagen 9: Diagrama de análisis de fuerzas influyentes.

Fuente: Creación propia.

3.2.1 Tendencias claves

Teniendo presente que el sector del transporte es responsable de más de un 22% del total de emisiones de GEI, el desarrollo de políticas que apunten a un uso eficiente de la energía en este sector es relevante para alcanzar las metas propuestas a nivel global y nacional (que se mencionarán a continuación) y para disminuir la dependencia de Chile de combustibles fósiles importados.

3.2.1.1 Tendencia política

En diciembre de 2009 la ministra Uriarte en la Conferencia de las Partes sobre Cambio Climático de las Naciones Unidas (COP15) dictó un discurso en el cual menciona que Chile está dispuesto a contribuir a los esfuerzos mundiales de mitigación. Luego en enero de 2010 el país fue asociado al Acuerdo de Copenhague, en donde se discutió los objetivos para reemplazar los Protocolos de Kyoto de 1997 que terminaban en 2012, en el que los países industrializados se comprometieron a ejecutar un conjunto de medidas para reducir los gases de efecto invernadero. El nuevo acuerdo de Copenhague se indicó que los países desarrollados deberían adoptar compromisos verificados de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero entre un 25% y un 40% en 2020 con respecto a los niveles de 1990 y que los países en desarrollo (emergentes y pobres) podrían continuar incrementando sus emisiones, pero entre un 15% y un 30% menos de lo que lo harían si no tomaran ninguna medida, en el mismo horizonte temporal. Todo esto establecido según las previsiones de los científicos de la ONU (IPCC) a modo de evitar que la temperatura media del planeta no crezca en más de 2 °C a fines del siglo XXI.

La “Agenda de Energía” presentada en mayo de 2014 por la Presidenta de la República como una hoja de ruta para el desarrollo de las acciones del Gobierno en esta materia, estableció como una de sus tareas diseñar y ejecutar una Política Energética de largo plazo que contara con

validación social, política y técnica. Para ello, se especificaron dos horizontes: uno de corto plazo, para someter a discusión las líneas de trabajo en términos de los estándares, políticas y regulaciones que garanticen la factibilidad técnica y sustentabilidad de la matriz energética; y otro de mediano y largo plazo, para discutir aquellos aspectos estratégicos y tecnológicos que definan la matriz energética que el país impulsará hacia el año 2050 (Ministerio de Energía, 2015). Además, dentro de esta misma agenda se especificó como meta un ahorro de 20% de reducción de la demanda energética proyectada al año 2025 (Ministerio de energía, 2014).

En el marco de la Agenda de Energía, se constituyó un Consejo Consultivo, liderado por el Ministro de Energía e integrado por actores clave del sector, con representación nacional y regional, provenientes de varios ministerios e instituciones públicas, de gremios de la sociedad civil y de universidades nacionales. En el mes de septiembre 2017, este Consejo generó una propuesta de “Hoja de Ruta 2050: Hacia una energía sustentable e inclusiva para Chile” con elementos clave a ser considerados por la Política Energética de largo plazo (Ministerio de Energía, 2015).

La política energética de largo plazo de este proyecto “Energía 2050”, ha establecido dentro de sus lineamientos el mejorar la eficiencia energética de los vehículos y de su operación y dentro de sus metas al 2035 la adopción de estándares de eficiencia energética para el parque de vehículos livianos nuevos (Ministerio de Energía, 2016). Al mismo tiempo, Chile ha adquirido y ratificado compromisos internacionales en materia de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y cambio climático comprometiéndose en el Acuerdo de París, a reducir su intensidad de emisiones de gases de efecto invernadero en un 30% respecto a los niveles observados en 2007 al 2030. De obtenerse financiamiento internacional, esta meta podría aumentar hasta un 45% de reducción de

emisiones de CO₂ por unidad de PIB (Ministerio de energía; Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones; Ministerio del Medio Ambiente, 2016).

Además en temas energéticos, un objetivo de la Política Energética es implementar las medidas necesarias para que las energías renovables constituyan el 60% en el año 2035, y al menos un 70% de la generación eléctrica para el año 2050 (Ministerio de Energía, 2015).

3.2.1.2 *Tendencia ambiental*

Según el IPCC, si queremos estabilizar el cambio climático alrededor del objetivo de 2°C por encima de las temperaturas pre-industriales, límite acordado por la ciencia como el máximo aceptable de calentamiento global, necesitaremos llegar a “emisiones netas cero” para el año 2100. La comunidad internacional está consciente de que esto es lo que se requiere para abordar eficazmente el problema de cambio climático, razón por la que está empeñada en la búsqueda de un nuevo acuerdo —legalmente vinculante— que involucre a todas las partes en la lucha contra el cambio climático, con un foco central que es la reducción de emisiones de gases con efecto invernadero. Mediante esta acción colectiva mundial, se minimizarán los impactos de este fenómeno y se reducirán los costos que significará la adopción de medidas de adaptación (Ministerio de Energía, 2015).

La tecnología de los vehículos eléctricos entrega un real aporte a la eficiencia energética y a la descontaminación de la ciudad, ya que el auto eléctrico en uso no tiene un gran impacto en emisiones de partículas ni gases contaminantes, contribuyendo así al cuidado del medio ambiente. Bien, un vehículo a combustión emite en promedio 160 gramos de CO₂ por cada kilómetro recorrido, mientras que un auto eléctrico, considerando la matriz de generación de energía de Chile, emite sólo —y en forma indirecta— 48 gramos de CO₂ por kilómetro recorrido. (Enel, 2015). No

obstante se debe considerar la fuente de energía que se utiliza para cargar el VE, idealmente sería que el cargador eléctrico fuese abastecido de fuentes de energías renovables.

La generación de energía es vital para este proyecto, Chile es un país privilegiado en radiación solar, especialmente en el norte de Chile. Eso nos da la oportunidad y el privilegio de desarrollar un liderazgo de nivel mundial en generación solar. En el Proyecto 2050 a grandes rasgos respecto al tema ambiental, lo que busca es que para el 2050 las emisiones de GEI del sector energético chileno sean coherentes con los límites definidos por la ciencia a nivel global y con la correspondiente meta nacional de reducción, promoviendo medidas de mitigación costo-efectivas.

Dentro de sus metas principales para el 2035 se encuentra que al menos el 60% de la generación eléctrica nacional sea proveniente de energías renovables, que el 100% de los grandes consumidores de energía industriales, mineros y del sector transporte tengan arraigada una cultura del uso eficiente de la energía, con activos sistemas de gestión de energía e implementación activa de mejoras de eficiencia energética y que el 100% de vehículos nuevos licitados para transporte público de pasajeros incluyan criterios de eficiencia energética entre las variables a evaluar. Y bien, para el 2050 se espera que al menos el 70% de la generación eléctrica nacional provenga de energías renovables y que el 100% de las principales categorías de artefactos y equipos que se venden en el mercado corresponden a equipos energéticamente eficientes (Ministerio de Energía, 2015).

3.2.1.3 Tendencias tecnológicas

Para alcanzar las metas ambientales, la experiencia comparada demuestra que hay diversas formas de abordar las políticas públicas, programas y/o mecanismos que son muy efectivos y que se han aplicado en forma gradual en varios países. Uno de ellos es el impulso y promoción de medidas que incentiven la llegada de tecnologías para el transporte más eficientes al mercado

nacional, ya que esto permitirá que el parque vehicular en promedio, baje su consumo de energía y consecuentemente disminuya la emisión de GEI.

El desarrollo tecnológico en el ámbito de la eficiencia energética vehicular ha sido vertiginoso en los últimos años. Los vehículos eléctricos, principalmente los eléctricos puros (carga de baterías eléctricas) y los híbridos con recarga exterior (enchufables), son vistos como un contribuyente importante a la meta de reducción de emisiones de 2DS¹. Las tecnologías de movilidad eléctrica atraen un especial interés dado que reúnen atributos que permiten reducir la dependencia de hidrocarburos, las emisiones de contaminantes y el ruido, junto con esto, presentan la característica de poder transformarse potencialmente en un sistema móvil de almacenamiento de energía eléctrica que le imprima mayor flexibilidad, eficiencia y resiliencia a los sistemas eléctricos (Ministerio de energía; Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones; Ministerio del Medio Ambiente, 2016).

Chile podría ser uno de los principales beneficiados debido a los recursos naturales necesarios para fabricar los autos eléctricos, la fabricación de un auto que funciona en base a electricidad requiere cuatro veces más cobre que uno tradicional, por lo que la extracción de este recurso podría seguir aumentando y con ello su valor. Además el 54% de las reservas mundiales de Litio están en el país, producto necesario para fabricar las baterías de iones, las encargadas de

¹ El escenario 2DS es el escenario de mitigación al cambio climático más ambicioso planteado por el IPCC, en el cual el calentamiento global es reducido mediante acciones y políticas de cambio climático. Este supone un incremento global de la temperatura de 2°C. A su vez, los escenarios 4DS y 6DS suponen un incremento de temperatura de 4°C y 6°C respectivamente. (Ingeteam, 2017b)

impulsar los vehículos eléctricos. Por lo mismo, se espera que en el año 2025 el consumo de este mineral haya aumentado en un 25%.

En Chile la Corfo e InvestChile están impulsando el desarrollo de la industria del litio, convocando a un proceso que busca darle valor agregado a la industria. En este proyecto existe una chilena interesada, de apellido Molymet, en desarrollar componentes para baterías de litio en el futuro, lo cual ratifica el interés por el tema (Mtonline, 2017).

Por otra parte, tener un sistema eléctrico apto para soportar los requerimientos energéticos que traen de la mano implementar este proyecto, es vital. En el último boletín publicado de “Energía 2050” en 2016 se indicaba como meta un sistema energético completamente bidireccional, en donde se puede producir y gestionar la energía desde “arriba hacia abajo” y desde “abajo hacia arriba”, alcanzando niveles de generación distribuida y gestión de demanda similar a la de otros países de la OECD.

Y bien, en noviembre de 2017 comenzó la operación la interconexión SIC (Sistemas Interconectados Central) y SING (Sistemas Interconectados del Norte Grande), dando inicio al sistema interconectado nacional.

El nuevo sistema se extiende por 3.100 km desde Arica a Chiloé, abasteciendo de electricidad a más del 97% de la población nacional. Tendrá una capacidad instalada aproximada de 24.000 MW y una demanda de 11.000 MW, representando el 99% de la generación del país (Coordinador Electrico Nacional, 2017). Provocando que aumente la seguridad del sistema del suministro eléctrico y reduzca los costos de operación del sistema eléctrico, dada la mayor competencia que se dará en la industria con el reforzamiento de la transmisión.

Este hecho es una contribución concreta a la diversificación de la matriz energética al facilitar la entrada de proyectos renovables, principalmente eólicos y solares que se ubican en el norte del país, que antes no podían poner disponible su energía.

3.2.1.4 Tendencias normalizadoras

Dentro de las normas que están circulando en el país, está la Ley N° 20.500, sobre Asociaciones y Participación Ciudadana en la Gestión Pública, la cual establece el derecho de las personas a participar en los distintos espacios de la gestión pública, acercando los gobiernos locales y la administración central a la ciudadanía. En cumplimiento de lo dispuesto en el artículo 70 de la ley antes mencionada, el Ministerio de Energía mediante la Resolución Exenta N° 32, de 22 de abril de 2015, aprobó la Norma General de Participación Ciudadana del Ministerio de Energía, en la que se establece, en su artículo 14, que el Ministerio pondrá en conocimiento, de oficio o a petición de parte, aquellas materias de interés ciudadano en las que se requiera conocer la opinión de las personas, las que podrán implementarse mediante consultas ciudadanas virtuales.

Ante esto nace la iniciativa del Ministerio de Energía de recabar la opinión de la ciudadanía respecto de la propuesta de Estrategia de Electromovilidad en Chile, con el fin de sistematizar los esfuerzos y articular a los diferentes actores relevantes, en pos de fomentar la introducción de tecnologías de mayor eficiencia energética en el mercado vehicular del país (Ministerio de energía, 2017)

En esta línea, el artículo tercero del D.L N° 2.224, de 1978, establece que le corresponde al Ministerio de Energía elaborar y coordinar los planes, políticas y normas para el buen funcionamiento y desarrollo del sector energético, y asimismo para el uso eficiente de la energía.

En concordancia con lo anterior, el Ministerio de Energía en su Política Nacional de Energía, aprobada mediante Decreto Supremo N° 148, de 2015, propone una visión del sector energético que sea confiable, sostenible, inclusivo y competitivo, con el fin de avanzar hacia una energía sustentable en todas sus dimensiones. En lo referente a transporte, el lineamiento estratégico N°34 establece el mejoramiento de la eficiencia energética de los vehículos y su operación, y fija como meta para el año 2050 que Chile haya adoptado los más altos estándares internacionales sobre eficiencia energética en los distintos modos de transporte.

3.2.1.5 Tendencias sociales y culturales

Considerar el comportamiento social del consumidor y tener presente que el factor social en la última década se ha convertido en un agente principal al momento de evaluar el entorno, sobre todo cuando la organización se encuentra inmersa en una sociedad a la cual debe considerar el perfil del público y sus decisiones de preferencia para actuar. Este elemento posee una fuerza potente que puede ser capaz de frenar un proyecto e incluso acabar uno ya establecido.

El comportamiento social del segmento de los consumidores verdes resulta bastante atractivo para las firmas, ya que presentan una alta lealtad de marca y de retailer, menor sensibilidad a los precios, y compran más seguido. Cabe destacar, que un consumidor verde está ligado a un cambio en las decisiones de compra, existiendo muchos individuos que declaran la importancia que tiene el medio ambiente para ellos, pero cuyo comportamiento de compra no se ve influenciado por la relevancia que le otorgan.

El “Green Shopper Study” realizado por GMA (Association of Food, Beverage and Consumer Products Companies) y Deloitte en el año 2009, se desarrolló en base a la población

estadounidense, y estableció distintos momentos en los cuales las empresas u organizaciones pierden oportunidades de venta de productos/servicios verdes, tal como se aprecia en la Figura

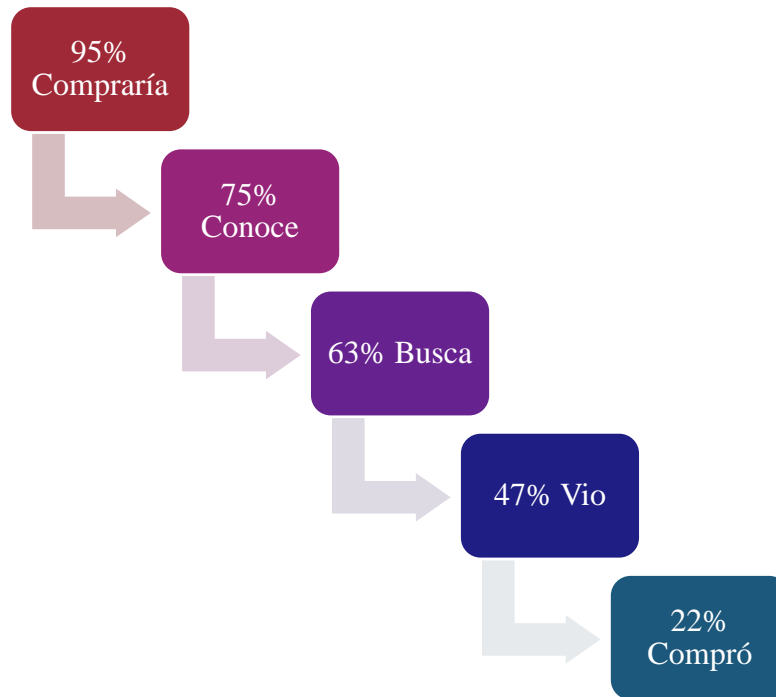


Imagen 10: Pérdidas de oportunidades en el patrón de compra.

Fuente: GMA/Deloitte, "Green Shopper Study".

Dichas pérdidas de venta se deben a la falta de conocimiento de la oferta verde existente, su disponibilidad y la motivación de los consumidores. Por ejemplo, la carencia de esta última, se ve reflejada considerando que un 47% de los consumidores vio un producto verde, pero sólo un 22% de estos lo compró, destacando un desinterés y desmotivación por adquirir dicho producto (URZÚA & SCRIVANTI, 2011).

Conocer las variables asociadas a un comportamiento amigable con el medio ambiente, es fundamental para que las organizaciones desarrollen una estrategia comunicacional efectiva, ayudando a determinar el mercado objetivo, mensaje a transmitir, ejecución y cómo será entregado. El factor comunicacional toma un gran peso para las firmas que deseen transmitirles a sus

consumidores, sus ofertas o propuestas medioambientales, ya que existe una desconfianza en cuanto a la veracidad de estos. Por lo tanto, la confianza existente en los mensajes transmitidos a los consumidores, determinará la incidencia que tengan en el comportamiento en cuanto a las decisiones de compra de los individuos. Además de lo anterior, destaca a su vez el efecto de la reputación ecológica de las firmas en las decisiones de compra.

Existe un segmento de estos usuarios que tienen baja disposición a pagar por el consumismo medioambiental, en comparación con la gran atención que ha tenido en los medios de comunicación el deterioro del medio ambiente. Los autores entregan tres motivos por los cuales los consumidores pueden no estar dispuestos a aumentar su consideración con el medio ambiente al momento de consumir. Dichos motivos son el costo de los productos y servicios verdes, la percepción de falencias en sus funcionalidades y en su calidad, y finalmente, la preocupación de que las distintas firmas estén utilizando el tópico medioambiental, sólo como una estrategia y truco para atraer más clientes, y que sus productos y servicios no poseen realmente las particularidades verdes que dicen tener (URZÚA & SCRIVANTI, 2011).

Respecto a la apreciación social que se tiene de los autos eléctricos, se puede destacar un grave problema social por parte de las personas respecto a su percepción del vehículo eléctrico y su autonomía. Ese miedo que tienen al respecto ha sido un gran impedimento para los que se encuentran aún desinformados o ignorar su realidad respecto a cuanto se trasladan diariamente, pues bien, en promedio las personas en las ciudades no se trasladan más de 50 kilómetros por día y por tanto con un modelo que tenga la autonomía de 250 km (que por ejemplo tiene el Nissan Leaf), es más que suficiente para andar.

3.2.2 Fuerzas del mercado

3.2.2.1 Segmento de mercado

Debido al incremento de las exigencias medio ambientales de los consumidores, las empresas se han visto enfrentadas al reto de modificar sus procesos productivos y a realizar una segmentación que les permita diseñar e implementar estrategias, con el fin de satisfacer las nuevas necesidades de los usuarios; es así como empiezan a denominar, dentro de su público objetivo, los llamados consumidores verdes.

El consumidor verde se define como aquellos que manifiestan comportamientos pro ambientales en diferentes etapas del proceso de consumo, o bien, como aquellos que convergen a la adquisición de productos ecológicos, y que aportan a la solución de un problema medioambiental.

En general son personas que están dispuestas a pagar un precio más alto por la adquisición de un producto verde ya que tienen el concepto de que un precio más alto está justificado por la calidad, bajo nivel de impacto ambiental y tienen en cuenta que el acceso a ellos (los puntos de venta por ejemplo) son mucho menor en comparación con productos que no se preocupan del sello verde, y esta minoría en el mercado eleva el precio. Cuentan con ingresos medios y altos (entre \$600.000 a \$2.000.000 de sueldo líquido mensual), lo cual les permite adquirir productos de esta categoría. Son usuarios que se basan de manera importante en aquellas experiencias de personas conocidas que hayan tenido relación con un producto determinado para tomar su decisión de compra, de manera que también se deduce la interacción de los consumidores con más personas que adquieren productos verde. Se considera como un adulto joven con una edad promedio de 35 años, a quienes les importa la calidad del producto y la observación en detalle de las características que tengan, debiendo cumplir con las exigencias y expectativas propias de la persona. En sí tienen

tendencia a visitar personalmente los mercados en el momento de hacer la compra. También se ven influenciados por la estética tanto de los productos como del lugar donde se venda.

Respecto a las modas, estos consumidores no se dejan llevar por lo que esté en el momento en la tendencia o en auge, debido a que sus decisiones se basan en relación al producto y no a la inclinación que tenga el mercado.

En cuanto a la comunicación de marketing, las redes sociales juegan un papel fundamental para estos consumidores, ya que las utilizan como medio principal para la adquisición de información sobre los productos verdes que se encuentran en el mercado.

Adicionalmente, son personas a las que les gusta estar actualizadas y que tienen una alta atracción por la tecnología. Uno de sus requerimientos es la actualización del producto y que pueda consultarse en fuentes confiables y de fácil acceso (Escobar, Gil, & Restrepo, 2015).

3.2.2.2 Necesidades y demandas

La necesidad de los usuarios definidos como “consumidores verdes” básicamente se concreta en tener disponible servicios y productos más amigables con el medio ambiente. De esta manera, en el país, la generación de productos verdes, arraigada a la legislación nacional y acuerdos internacionales; buen uso y conservación de la biodiversidad, responsabilidad ambiental, desechos y responsabilidades de tenencia de la tierra y uso de los recursos naturales, conlleva a la mitigación de la contaminación en los procesos productivos, esperando generar un valor agregado tanto para el cliente como para la organización, de manera que esta última pueda contar con una mejor imagen pública y a la vez, reciba incentivos reflejados en su disminución del pago de impuestos (Escobar et al., 2015).

Respecto a los potenciales usuarios, se requiere producir un cambio en los hábitos de consumo, para aquellos que utilizan vehículos convencionales, es necesario dar a conocer las ventajas que el uso de una nueva tecnología puede tener respecto a otras alternativas tecnológicas, cómo la mayor eficiencia en el uso de la energía, y junto con esto despejar dudas respecto a la autonomía, la disponibilidad de mano de obra calificada para la realización de las mantenciones de los vehículos y la infraestructura de carga. Así mismo, para mostrar las ventajas de una nueva tecnología, hay que contar con experiencias locales que puedan ser exhibidas como un ejemplo a seguir.

La escasez de puntos de recarga es uno de los mayores impedimentos percibidos por el público a la hora de adquirir un vehículo eléctrico. De hecho, la experiencia de usuario vista en distintos países (como en China, EEUU, Noruega, Francia, entre otros) reflejan que a medida que hay más estaciones de servicio, las ventas de autos eléctricos comienzan a crecer, pues bien, lo que necesita el público es estar seguro que podrá cargar su vehículo en estaciones de servicio, sobre todo considerando que en Chile no es lo habitual que las personas tengan un garaje propio para instalar su propio punto de recarga. Por otra parte, se tiene que considerar que los modelos que llegan a Chile tienen una autonomía que va desde los 150 km hasta los 280 km, dato importante a la hora de distribución por la zona donde se instalen los puntos de recarga.

Además se debe considerar los requisitos energéticos que trae de la mano el proyecto. La seguridad de suministro en el sistema energético en el largo plazo, está íntimamente relacionada con un sistema energético robusto y resistente a los cambios, que pueda proveer energía de acuerdo a los requerimientos del país. Es de vital importancia que éste cuente con la capacidad de responder ante condiciones críticas, por lo que el país deberá contar con planes de gestión de riesgos y

emergencias energéticas que aseguren la resiliencia y confiabilidad del sistema energético (Ministerio de Energía, 2015).

3.2.2.3 *Situación del mercado*

Una parte de la sociedad ha comenzado a concientizar el tema de contaminación ambiental, introduciendo cambios en los estilos de vida, provocando el surgimiento de una fuerte tendencia por preferir productos sustentables, y por ende, menos dañinos al ser humano y al medio ambiente. Gran cantidad de empresas de todos los sectores están cambiando su forma de manufacturar, comunicar y atraer al consumidor con sus productos, los cuales se están volviendo cada vez más ecológicos.

Internacionalmente, los vehículos eléctricos, son vistos como importantes contribuyentes a las metas de reducción de emisiones planteadas, ya que aumentan la eficiencia energética vehicular, aprovechando al mismo tiempo la reducción de GEI en la matriz eléctrica proveniente de la incorporación creciente de fuentes renovables, así mismo los vehículos eléctricos contribuyen a reducir las emisiones de contaminantes locales en zonas de alta exposición y a reducir los niveles de ruido. Actualmente hay diversos paneles internacionales que están trabajando en la estandarización requerida para que el desarrollo de los vehículos eléctricos sea más amplio en las diversas economías mundiales. La Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (UNECE) ha venido trabajando en promover el establecimiento de “Regulaciones Técnicas Globales para vehículos eléctricos”, en particular en los temas ambientales y de seguridad. Chile, como parte de la APEC, ha estado siguiendo de cerca el trabajo realizado por el foro Automotive Dialogue con el objetivo de construir una hoja de ruta, que permita avanzar aceleradamente en la adopción de la tecnología eléctrica en el parque vehicular. (Ministerio de energía; Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones; Ministerio del Medio Ambiente, 2016).

Respecto a la participación en el mercado de autos eléctricos en el país podemos hacer una línea de tiempo

- En 2008 se creó un incentivo bajo la Ley 20.259, la cual indicó que a los propietarios de vehículos híbridos inscritos en el Registro de Autos Motorizados entre el 1 de marzo de 2008 y el 31 de marzo del 2010 se les bonificaba con el pago del impuesto anual por permiso de circulación y además, se incluyó la cancelación de éste por los primeros cuatro años a partir de su inscripción en Registro de Vehículos Motorizados para vehículos cuyo precio haya sido inferior a 730 UF. Los vehículos de mayor valor recibieron la bonificación por dos años, en la medida que no superaran las 1.220 UF.
- La primera estación de carga rápida para autos eléctricos en Latinoamérica fue inaugurada en abril de 2011 en Santiago, a modo de preparación de la llegada desde Japón de los primeros vehículos i-MiEV de Mitsubishi. Las empresas participantes fueron Marubeni, Chilectra y Petrobas. La estación de carga rápida quedó conectada a un suministro de carga eléctrica de 75 kilovatios, permitiendo cargar los automóviles en treinta minutos hasta en 80%, para una autonomía de 130 kilómetros. Entretanto, una carga completa entregaría una autonomía de 160 kilómetros (Digital, 2011)
- El 3 de mayo de 2011 se realizó el lanzamiento oficial del Mitsubishi i-MiEV en Chile, vehículo 100% eléctrico, cero emisiones de CO₂ a un precio de US\$60.000. En esta instancia Chile se convirtió en el primer país de Sudamérica y el segundo del continente (luego de Costa Rica) en comercializarlo. Inicialmente estuvo limitado a 25 unidades (Ibarra, 2011).
- Para agosto de 2012, solo se habían vendido diez unidades. En agosto de 2014, Mitsubishi retiró el i-MiEV del mercado debido a sus bajas ventas e introdujo

la Outlander eléctrica a un precio más bajo de US\$54 000. Más tarde BMW introdujo el segmento eléctrico "i" con el i3 (US\$55.000) y el i8 (US\$225 000) mientras que Renault lanzó su vehículo cero emisiones (Z.E.), incluyendo el Fluence Z.E., la Kangoo y el Zoe. La marca francesa solo vendió 22 unidades en el mercado chileno.

- En 2015 se estimó que para el 2020 se espera que el 10% del parque automotriz a nivel mundial sea eléctrico. Bien los últimos análisis del mercado automotriz dan a conocer que las cifras están bastante alejadas a lo esperado, no obstante las cifras podrían sorprender para ese año ya que el crecimiento de autos eléctricos entre 2016 y 2017 fue 344% superior (en los primeros ocho meses del año pasado se vendieron 18 unidades y en igual periodo de 2017, la cifra llegó a 80).

Respecto a políticas internas, Chile fue el primer país latinoamericano en implementar un etiquetado obligatorio de eficiencia energética vehicular, el que a partir de febrero de 2013, da información a los compradores de los vehículos livianos nuevos, con motor diésel o gasolina, respecto a comparaciones del rendimiento energético de los vehículos nuevos. Esta herramienta, ha permitido entregar información muy útil al usuario, la que se pone a disposición de los usuarios a través de la página web del etiquetado: www.consumovehicular.cl.

A partir del 26 de junio de 2017, empezó la ampliación de la etiqueta de eficiencia energética vehicular, la que incluye además, a los vehículos medianos como camionetas y furgones, así como a los vehículos híbridos y eléctricos puros. La información de rendimiento energético se obtiene a partir del proceso de homologación y emisiones de dióxido de carbono, los que son entregados por el Centro de Control y Certificación Vehicular (3CV), del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, y han sido constatados en el proceso de

homologación vehicular (Ministerio de energía; Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones; Ministerio del Medio Ambiente, 2016).

Respecto a las estaciones para carga eléctrica, éstas se han ido masificando lentamente en el país. Actualmente en 2017 hay 16 centros de carga para uso público y están concentradas principalmente en Santiago (en Santiago Centro, Vitacura, Las Condes, Pudahuel, San Bernardo, Huechuraba y solo una en Viña del Mar). La realidad que vive Chile es alejada a nivel mundial, bien en 2016 ya existían más de 60.000 puntos de recarga disponibles para el público en Europa. Este hecho provocó en el extranjero un mayor incentivo a los usuarios por comprar vehículos eléctricos dado la gran disponibilidad para cargar el vehículo.

Ante estos antecedentes, se concluye que el mercado de vehículos eléctricos junto con el de electrolinerías está en una etapa introductoria en el país, teniendo como principal distribuidor de energía eléctrica a Chilectra, filial del Grupo Enersis, la cual atiende a 33 comunas de la Región Metropolitana.

Además de las iniciativas por parte de las empresas privadas, el sector público ya comienza a hacerse notar con nuevos proyectos para promover el uso de vehículos eléctricos. Por ejemplo, la Municipalidad de Las Condes planteó como incentivo para los conductores que adquieran automóviles eléctricos, descuentos a la hora de estacionarse en zonas de la comuna.

3.2.2.4 Cantidad de autos en circulación

La última cifra oficial del Instituto Nacional de Estadísticas (INE), muestra el creciente comportamiento de la cantidad de autos en circulación desde el año 2012 al año 2016.

Número de vehículos en circulación motorizados y no motorizados por año			
Año	Total	Motorizados	No motorizados
2012	3.973.913	3.885.581	88.332
2013	4.263.084	4.168.980	94.104
2014	4.568.664	4.468.450	100.214
2015	4.751.130	4.647.062	104.068
2016^{P/}	4.960.945	4.853.413	107.532

Tabla 3: Número de vehículos en circulación motorizados y no motorizados por año.

Fuente: Encuesta Anual de Parque Vehicular 2016, INE

P/: Cifras provisionales.

Nota 1: No motorizados corresponde al total de Otros sin motor (Transp. Particular) y remolques y semirremolques (Transp. Carga).

Nota 2: Los datos de la comuna de Isla de Pascua no se incluyen en el total nacional. Esto debido a su ubicación y porque los permisos de circulación otorgados por la municipalidad se encuentran exentos de impuesto y con validez de circulación solo en la isla.

Es más, específicamente para el año 2016, señaló que el parque de vehículos motorizados en el país por tipo de motor, corresponde a las siguientes cifras por región

Región	Total	Tipo de motor ^{/1}			
		Bencinero	Diésel	Gas ^{/2}	Eléctrico ^{/3}
TOTAL PAÍS ^{P/}	4.853.413	3.665.839	1.179.202	8.096	276
I de Tarapacá	121.033	77.457	43.133	441	2
II de Antofagasta	162.691	116.097	46.578	15	1
III de Atacama	91.523	62.118	29.396	6	3
IV de Coquimbo	203.014	149.592	53.339	71	12
V de Valparaíso	512.127	393.373	118.319	357	78
VI de O'Higgins	268.404	197.180	71.124	93	7
VII del Maule	327.251	239.873	87.214	144	20
VIII del Biobío	524.299	396.764	127.446	83	6
IX de La Araucanía	219.763	156.404	63.332	20	7
X de Los Lagos	214.901	148.280	66.612	8	1
XI de Aysén	37.288	20.973	16.311	2	2
XII de Magallanes y de la Antártica Chilena	67.085	43.908	21.214	1.963	-
XIII Metropolitana	1.939.751	1.554.336	382.033	3.246	136
XIV de Los Ríos	89.092	63.344	25.746	2	-
XV de Arica y Parinacota	75.191	46.140	27.405	1.645	1

Tabla 4: Número de vehículos en circulación motorizados y no motorizados por región.

Fuente: Encuesta Anual de Parque Vehicular 2016, INE

P/: Cifras provisionales.

Nota 1: La elaboración de esta cifra se ha efectuado de acuerdo a la información proveniente de las bases de datos municipales.

Nota 2: Incluye los vehículos informados por la municipalidad como: gas, dual, gas natural comprimido (GNC), gas licuado de petróleo (GLP).

Nota 3: Incluye los vehículos informados por la municipalidad como: eléctrico y gasolina/eléctrico (híbrido).

Nota 4: La clasificación de vehículos a gas por parte de las municipalidades, generalmente se realiza de acuerdo al motor de fábrica, combustible original o factura de compra del vehículo, según corresponda. Dado lo anterior, aquellos vehículos a los cuales se les ha realizado el procedimiento de "reconversión a gas" posteriormente a su inscripción en el Registros de Vehículos Motorizados pueden o no estar registrados como tales (vehículos a gas) por las municipalidades.

Nota 5: Los datos de la comuna de Isla de Pascua no se incluyen en el total nacional. Esto debido a su ubicación y porque los permisos de circulación otorgados por la municipalidad se encuentran exentos de impuesto y con validez de circulación solo en la Isla.

Ya en 2017, la Asociación Nacional Automotriz de Chile (ANAC), declaró que se han vendido 179 autos eléctricos a nivel nacional (entre 100% eléctricos e híbridos enchufables) con finalidad privada sin fin laboral (no incluye los taxis, autobuses y minibuses circulando por el país) (Pizarro, 2017).

3.2.2.5 *Electrolineras actuales*

Actualmente en Chile existen 16 electrolineras -o estaciones de servicio- ubicadas en diversos puntos de la ciudad de Santiago para su recarga.

ABB en Chile ha instalado nueve cargadores rápidos para automóviles con los tres protocolos de carga existentes en el mercado.

Tres de estos cargadores fueron instalados en colaboración con Enel. Uno de ellos se encuentra en la estación de servicio Shell del Cruce Lo Blanco en la Autopista Central, a la altura

de San Bernardo. Otro cargador se encuentra en la estación Petrobras de Avenida Vitacura con Américo Vespucio. Y el tercero está ubicado en el edificio corporativo de Enel.

A estos se suman los tres localizados en las estaciones de servicio de Copec de Costanera Norte y en Viña del Mar, operativos desde 2015, con lo cual se totalizan seis cargadores de 50 kW que están diseñados para una carga rápida, de entre 15 y 20 minutos.

También existen tres cargadores de 20 kW instalados por ABB Chile: uno en la compañía de arriendo de vehículos Awto y dos en las oficinas de ABB Chile, en las comunas de Ñuñoa y Las Condes, que al ser de menor potencia son utilizados como cargadores de estacionamiento. Esto está conectado con nuestra plataforma ABB Ability y el Internet de las cosas, ya que el cargador implica contar con una red de conexión eléctrica que une vehículo, cargador y computador (Revistaei, 2017).

La ubicación, el tipo de carga según la potencia del dispositivo y la cantidad de cargadores disponibles en el punto de carga, se presentan en la Tabla 6 a continuación.

Punto de carga	Dirección	Comuna	Potencia	Cantidad
Edificio Enel	San Isidro #85	Santiago	50 kW	1
Petrobras Vitacura Vespucio	Av. Américo Vespucio #1665	Vitacura	50 kW	1
Shell Los Dominicos	Av. Patagonia #75	Las Condes	50 kW	1
Copec Costanera Norte, Vitacura	Costanera Norte KM. 8	Vitacura	50 kW	1
Copec Costanera Norte, Pudahuel	Costanera Norte KM. 34	Pudahuel	50 kW	1
Copec Av. Libertad	Av Libertad #501	Viña del Mar	50 kW	1
Shell Autopista Central	Km 16, Ruta 5 Sur	San Bernardo	50 kW	1
Smarticity, Ciudad Empresarial	Av. del Parque #4980	Huechuraba	22 kW	1
Mac Iver, Santiago Centro	Mac Iver #424, esquina Merced	Santiago	22 kW	1
Bodegas San Francisco	Puerto Madero #9710	Pudahuel	22 kW	1
Moneda - Teatinos, Santiago Centro	Moneda #1326, esquina Teatinos	Santiago	22 kW	1
Mall Plaza Vespucio	Av. Vicuña Mackenna #7110	La Florida	7 kW	2
Mall Plaza Los Domínicos	Av. Padre Hurtado Sur #875	Las Condes	7 kW	2
Centro Parque Araucano	Presidente Riesco #5330	Las Condes	7 kW	7
Parque Arauco	Entrada Cerro Colorado, nivel 2	Las Condes	7 kW	2
Municipalidad de Vitacura	Bicentenario #3800	Vitacura	7 kW	2

Tabla 5: Ubicación electrolineras en Santiago, Chile.

Fuente: Enel distribución (Enel, 2017)

Los tiempos estimados de carga según el tipo de estación se describen en la Tabla 7.

Potencia	Tiempo (100%)
50 kW	25-35 minutos
22 kW	60-90 minutos
7 kW	3-4 horas
3,5 kW	6-8 horas

Tabla 6: Tiempos estimados de carga según tipo de estación.

Fuente Enel Distribución (Enel, 2017).

3.2.2.6 Brechas detectadas

- 1) **Asimetrías de información en el mercado nacional:** si bien, en los últimos años se ha desarrollado abundante información técnica, por parte de diversos actores nacionales e internacionales respecto a ventajas, características, normativas, proyecciones y estándares relacionados a la movilidad eléctrica, esta información no siempre está disponible en forma actualizada, sistematizada y en el nivel de detalle requerida por los diferentes tomadores de decisión. Esto se debe, entre otras causas, al continuo y acelerado desarrollo que ha tenido esta tecnología en los últimos años. Esto redundaría en desconocimiento a nivel de opinión pública de las alternativas tecnológicas de la electromovilidad, vehículos, sistemas de recarga, baterías., etc., no obstante que el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, su División de Normas y Operaciones, el Centro de Control y Certificación Vehicular (3CV), algunos importadores de autos eléctricos, Centros de investigación, Universidades y empresas privadas, han trabajado con Movilidad eléctrica desde 2011 y tienen un conocimiento destacado internacionalmente.
- 2) **Bajo impacto de incentivos para el despliegue de la movilidad eléctrica:** diversas iniciativas se han implementado en el país a modo de proyectos piloto para incentivar la

movilidad eléctrica/sustentable, entre ellas se pueden mencionar como ejemplo: concursos de taxis para entregar nuevas inscripciones para vehículos eléctricos, incentivo a taxis como parte del programa de renovación de taxis colectivos, impuesto verde a los vehículos motorizados, reducción permiso de circulación a vehículos híbridos, etc. Sin embargo, estas iniciativas no han tenido el impacto esperado en términos de provocar una masificación de la tecnología disponible en el país.

- 3) **Falta de regulación y estandarización:** una de las brechas que es clave resolver es la falta de regulación y de estándares en la industria de la movilidad, que promuevan el desarrollo de tecnologías más eficientes en el consumo de la energía como es la tecnología eléctrica. Las proyecciones de desarrollo de la movilidad eléctrica, pronostican un rápido desarrollo de esta industria, y por lo mismo se requiere un desarrollo acelerado de estándares y normativas que permitan facilitar la competencia en este mercado. La definición de estándares y regulaciones entregarán señales claras que el mercado requiere para desarrollar la infraestructura y el consiguiente desarrollo de la industria en el país.
- 4) **Limitaciones y costos de la tecnología/pocos incentivos financieros:** los vehículos eléctricos son sustancialmente más eficientes que aquellos que usan combustibles fósiles, sin embargo, la inversión inicial no alcanza a ser compensada con el ahorro de combustible. A lo anterior se debe agregar un aspecto que no deja de ser importante y se relaciona con la garantía que entregan los fabricantes a las baterías de los vehículos eléctricos, ya que no se garantizan las baterías por un plazo equivalente al necesario para la amortización de un vehículo eléctrico, lo que aumenta la brecha de costo con los vehículos tradicionales. Otro aspecto a considerar como brecha es la actual limitación tecnológica y de infraestructura,

relacionada a la autonomía de las baterías que restringe el uso de vehículo eléctrico a sectores urbanos que cuenten con la infraestructura para la recarga.

- 5) **Falta de capital humano capacitado:** un aspecto que se puede considerar también como parte de la brecha de limitaciones a la tecnología es la falta de capital humano capacitado tanto en infraestructura de carga, como en vehículos y personal de emergencias. Dado que el mercado nacional es aún incipiente, no existe infraestructura ni estándares, no hay incentivos para la capacitación de capital humano en estos temas, y viceversa, dado que no hay capital humano capacitado en estos temas, no hay incentivos para incrementar la oferta de vehículos porque el mercado no está preparado para recibir un aumento en la demanda (Ministerio de energía; Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones; Ministerio del Medio Ambiente, 2016).

3.2.3 Fuerzas de la industria

3.2.3.1 Proveedores

El principal actor como proveedor en este proyecto es el distribuidor de electricidad. Se abre un desafío en hacer un buen negocio con Chilectra que es uno de los principales distribuidores de esta y con empresas que alternativamente venden o son grandes potenciales a vender energías de fuentes renovables.

Por ejemplo, Heliplast son una empresa de tradición alemana, orientada a las energías renovables, principalmente fotovoltaica y representan las mejores marcas y productos, aunque sean más caras, satisfacer las necesidades energéticas reales del cliente a largo plazo. Dentro de los servicios que ofrecen esta, las asesorías y consultorías para sistemas fotovoltaicos, dimensionamientos de sistema (poseen sistemas computacionales de cálculo para determinar la cantidad óptima de módulos, reguladores, baterías e inversores necesarios para sistemas

fotovoltaicos, desde 12, 24, y 48 Volts-DC de corriente continua o 220 Volts-AC corriente alterna para distintas potencias, considerando los consumos y necesidades definidos por el cliente en cada proyecto), participación en proyectos e instalaciones, poseen una sala de venta con material en exhibición para que los clientes puedan conocer la gama de módulos fotovoltaicos y componentes (como reguladores de carga, inversores, cargadores de baterías, bombas de agua, lámparas de bajo consumo en 12 Volt y 220 Volt, bancos de baterías, entre otros), bodega y servicio técnico propio.

Por otra parte, existe la asociación chilena de energía solar, ACESOL, quien es la única asociación gremial que reúne a todos los públicos y empresas interesadas en promover el desarrollo de la energía solar en Chile, con el fin de impulsar el empleo masivo de la energía solar, apoyando una matriz diversificada y limpia; fomentar las ventajas de la utilización de la energía solar en todas las áreas de la economía; mantener información actualizada sobre los progresos en el área de investigación y desarrollo, apoyando los proyectos que apuntan a esta área; ayudar a crear conciencia ciudadana sobre la ventaja de aprovechar el gran potencial solar del cual dispone nuestro país; contribuir al desarrollo de normas, procedimientos y exigencias para la calidad de productos, sistemas y actividades de la industria, bajo los mejores estándares internacionales; impulsar la elaboración de manuales de buenas prácticas para el diseño, instalación y uso de los sistemas solares; incentivar a instituciones competentes para que realicen cursos de capacitación y perfeccionamiento para los técnicos y profesionales que se desempeñan en esta área; promover la gestión de incentivos que contribuyan a mejorar la calidad de vida de los sectores de escasos recursos a través de la energía solar y trabajar con las autoridades para generar políticas adecuadas (como netmetering, impulso de la generación distribuida, obligatoriedad de instalaciones solares

en viviendas sociales y sistemas de financiamiento) para contribuir a la masificación en el uso de la energía solar. También, que apunten a eliminar las barreras de acceso y licitaciones y proyectos.

También en Chile está Solar Energy International (SEI), organización de entrenamiento en energías renovables con más trayectoria en EEUU. SEI fue fundada en 1991 como una organización educativa sin fines de lucro dedicada a proveer entrenamiento técnico de punta a ingenieros, técnicos, jefes de proyectos, empresas desarrolladoras, servicios públicos, agencias de gobierno y comunidades interesadas en energía solar fotovoltaica (FV).

3.2.3.2 Inversores

Uno de los grandes inversores que se han presentado en el país son las empresas Chinas. Bien, en septiembre de 2017 una comitiva de empresarios chinos (Baic Group, JLD New Energy Technology, China Commodities and Technology Co., y World Capital Corporation) se reunieron con los ejecutivos de Corfo, con el objetivo de proponer un proyecto de extracción de litio que incluya la posterior producción de baterías de este material, sistemas avanzados de almacenaje energético junto con la creación de vehículos eléctricos dentro del territorio nacional.

El principal interesado y quien propuso el proyecto fue el grupo Baic Group ubicado en el primer tercio de las 500 compañías más grandes de la tierra, según la Revista Fortune y una de las líderes en fabricación de vehículos eléctricos de China. Esta iniciativa de inversión a diferencia de otras presentadas en el país en los últimos tiempos en esta área, podría constituir un verdadero hito en el proceso de desarrollo industrial de Chile porque conlleva además un fuerte componente de educación, capacitación, investigación y desarrollo en beneficio del conjunto de la sociedad chilena (Corporación de Fomento de la Producción, 2017).

Además, algunas de las grandes empresas que han hecho declaraciones públicas demostrando incentivo por ingresar al mercado de vehículos eléctricos en Chile son:

- Volvo quien introducirá un motor eléctrico a todos los modelos que se fabriquen desde el año 2019.
- Renault el cual pretende traer a Chile el modelo Kangoo ZE que tiene una autonomía de 240 km.
- Citroën quien en septiembre de 2017 ofreció la Berlingo Eléctrica, furgón con un motor de 30 kWh que tendrá una autonomía de 177 kilómetros y que requerirá de una carga completa de ocho horas, y una rápida de media hora para alcanzar su plena capacidad.

Por otra parte, respecto al fomento del mercado de electrolinerías, Enel Distribución ya trabaja en un plan de expansión y proyecta abrir próximamente la primera electrolinería en la VIII Región. Además el gerente de Mercado de Enel Distribución, Simone Tripepi, ha declarado que en el mediano plazo, esperan cubrir las rutas de La Serena-Santiago, Santiago-Viña y Santiago-Concepción, de manera que los autos tengan opciones de carga en el camino para trayectos más largos.

3.2.3.3 Competidores

Para este proyecto hay dos áreas de la competencia que tienen gran relevancia y están directamente enlazados, por una parte están las electrolinerías y por otra, los vehículos eléctricos. Ambos se encuentran en una etapa de introducción.

Para el caso de los vehículos eléctricos existe una competencia entre las marcas pero no ha de ser tan potente como se da en los vehículos convencionales. Marcas como Bmw, Byd, Mitsubishi, Renault, Hyundai, Nissan y Porsche tienen modelos disponibles en Chile para la venta.

Según datos de la Asociación Nacional Automotriz de Chile (ANAC), a mayo de 2017 los vehículos vendidos son:

- Vehículos eléctricos:

Vehículos	De 2005 a 2011	2012	2013	2014	2015	2016	Hasta Mayo de 2017	Acumulado de 2005 a Mayo de 2017
Bmw – I3	-	-	-	-	9	9	8	26
Byd – E6	-	-	-	1	2	-	-	3
Mitsubishi – Imiev	6	5	4	1	-	-	-	16
Renault – Kangoo Fase I E5	-	-	-	-	3	4	-	7
Renault – Fluence	-	-	-	-	-	6	8	14
Renault – Zoe	-	-	-	-	1	1	-	2
Hyundai – Ioniq	-	-	-	-	-	2	14	16
Nissan – Leaf	-	-	-	-	-	-	25	25

Tabla 7: Cantidad de vehículos eléctricos vendidos a mayo de 2017.

Fuente: ANAC

- Vehículos híbridos enchufables:

Vehículos	De 2005 a 2011	2012	2013	2014	2015	2016	Hasta Mayo de 2017	Acumulado de 2005 a Mayo de 2017
Mitsubishi - Outlander	-	-	-	11	19	-	-	30
Bmw – I8	-	-	-	3	1	4	1	9
Porsche – Cayenne S E Hybrid	-	-	-	-	3	5	1	9

Tabla 8: Cantidad de vehículos híbridos enchufables vendidos a mayo de 2017.

Fuente: ANAC

En general, la mayoría de los fabricantes están orientando sus estrategias para presentar sus primeros modelos completamente eléctricos para 2020 y desde ahí, masificar la tecnología para los consumidores.

Los grandes competidores actuales de servicios entregados por bencineras son:

- Shell con su sistema “e-pro” mecanismo de recarga rápida y lenta para vehículos eléctricos. El servicio está disponible en Los Dominicos y en la Autopista Central en Santiago.
- Voltex con su sistema de recarga rápida y disponible con conector Chademo, AC y DC, compatible con la mayoría de los vehículos eléctricos. Disponible en la Costanera Norte km 7,65, dirección oriente, Vitacura, Santiago; Costanera Norte km 33,75, conexión Ruta 68, Pudahuel, Santiago y en Av. Libertad, esquina 6 norte, Viña del Mar.
- Petrobras, la cual posee un cargador SGTE de 50 kW y se encuentra en Vitacura con Vespucio, Santiago. Este dispositivo fue instalado por la empresa Chilectra, inaugurada en abril de 2011.

Las empresas disponibles con oferta para Chile de cargadores para vehículos eléctricos son:

- ABB, dentro de sus productos, ofrecen servicios de recarga para la mayoría de vehículos eléctricos, tiene una gama amplia de productos: cargadores de carga rápida y media, multiestándar y monoestándar, calificados especialmente para carreteras y trayectos o concesionarios de vehículos eléctricos y emplazamientos comerciales.
- Ingeteam, entre sus productos de movilidad eléctrica ofrecen cargadores para entorno particular y vía pública en dos modalidades: carga rápida y lenta.
- Schneider Electric, el cual ofrece cargadores que leen la tarjeta que autoriza el acceso a la toma. El servicio de instalación puede ser de modos muy diversos: de forma gratuita sin identificación, de forma gratuita con identificación, o con identificación y cobro al usuario. Esta empresa actualmente no se encuentra con stock disponible de cargadores eléctricos para público general, trabajan directamente con empresas asociadas.
- BYD Chile fue la empresa que vendió al gobierno los dos buses eléctricos que circulan por Santiago actualmente, en la línea 516. Ellos ofrecen cargadores eléctricos pero ya no se encuentran con stock disponible para público general.

La principal competencia (en base a los dispositivos de carga) que se podría dar sería entre las bencineras que ofrecen el servicio de carga de vehículos eléctricos y entre las empresas privadas que venden dispositivos igual o de mejor calidad para suplir la demanda.

3.2.3.4 Productos sustitutos y poder negociador del cliente

Respecto a las fuentes de energía para los vehículos eléctricos actualmente no existe bien sustituto de las estaciones de carga. Los sustitutos se pueden ver al nivel de vehículo como tal, ya

que existen vehículos híbridos (electricidad – gasolina) y además existen vehículos propulsados por hidrógeno y pilas combustibles.

El poder de negociación del consumidor es mínimo, el mercado se regulara de forma natural bajo la ley de oferta y demanda una vez se comience a masificar en mayor medida el uso de los vehículos eléctricos donde que los precios podrán verse alterados, disminuyendo a medida que se adquieran más. La negociación por estaciones de carga se enlaza directamente con las empresas que suministran energía y con los vendedores de la tecnología.

3.2.4 Fuerzas macroeconómicas

3.2.4.1 Infraestructura económica

El alto costo de los vehículos eléctricos ha de ser una de las grandes barreras de adquisición, por ejemplo, el Nissan Leaf y el Hyundai Ioniq tienen un valor comercial que llega a unos \$24 millones aproximadamente. En tanto, el BMW I3 hatchback se comercializa desde los \$37 millones. El 2017 Renault bajo en más de 50% el precio del sedán Fluence ZE, de \$25.990.000 a \$12.600.000 para incentivar las ventas y así poder abrir el mercado, lo cual tuvo una buena aceptación por los clientes. Bien, no es lo ideal que solo las empresas tengan que intervenir para incentivar a las personas a la compra. Las autoridades están al tanto del alto costo que tiene un coche eléctrico y por tanto, actualmente se tiene en marcha una mesa de trabajo con la Anac enfocada en la búsqueda de incentivos fiscales para reducir sus costos de adquisición. La apuesta debe ir enfocada en la creación de subsidios por parte del Estado, dado el beneficio descontaminante que tiene el vehículo.

Bien, sin una red coherente de centros de recarga no se puede prosperar a que los usuarios compren vehículos eléctricos, por tanto se hace indispensable pensar en las electrolinerías y los puntos de recarga estratégicos.

Respecto al costo del usuario, por el hecho de poseer un dispositivo de carga actualmente no hay leyes que se asocien a algún costo por tenencia, ni en lugares públicos ni privados, solo implica el gasto de electricidad que tiene consigo y el aparato en sí (considerando el costo asociado a la instalación y mantención).

El gasto directo de adquirir un estación de carga depende del tipo de electrolinería a cargar, ya sea de recarga lenta, rápida o ambas. Las más económicas son la de recarga lenta que solo un dispositivo se puede encontrar entre \$370.000 a \$1.100.000 dependiendo de la empresa a la cual se le compre, por ejemplo en Chile se pueden adquirir por empresas como ABB. El punto de recarga rápido tiene un valor más alto en base al servicio que se le incluya y calidad del cargador. A esto habría que sumarle el costo de baterías de almacenamiento de energía, dado que la carga rápida puede dar lugar a fuertes picos de demanda que la red podría en ocasiones ser incapaz de atender. Por otro lado, el costo de carga para un vehículo con una batería de 30 kWh (estándar de autos que circulan en Santiago), con capacidad de recorrer aproximadamente 200 km, el precio de carga es de \$ 3.600, lo que implica un costo de \$ 18/km. Las cifras se contrastan con los \$ 16.500 por el mismo trayecto que requiere un auto convencional, en promedio.

En cuanto a la competitividad económica y la protección social para el acceso de los usuarios a la energía, hay desafíos por abordar. En la actualidad, el precio de la energía eléctrica en Chile figura entre los más elevados de América Latina, y se ubica en un rango intermedio con respecto a los países de la OCDE. Esta situación no sólo afecta a los consumidores finales y a las comunidades locales sino que a la economía en su conjunto y es, por ende, un freno para el

desarrollo del país. Para afrontar estos desafíos con visión de largo plazo, el país debe ser capaz de generar precios competitivos para su energía eléctrica (Ministerio de Energía, 2015).

Se espera que con la iniciación del proceso de la interconexión SIC-SING realizada en noviembre de 2017, será un impacto económico positivo, aumentará el PIB en el corto y largo plazo. Las estimaciones hablan de una expansión de US\$500 millones en el primer caso y de US\$1.600 millones en el segundo caso.

3.3 DESARROLLO DEL PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El desafío de este proyecto está enfocado en entregar una propuesta del costo asociado a instalar estaciones de carga de vehículos eléctricos en el estacionamiento de un centro comercial masivo con fuente de poder mixto para el suministro de energía, compuesto de la red eléctrica y de un sistema fotovoltaico instalado en el techo del recinto. Además se analizan las políticas públicas adecuadas para poder hacer factible de aplicar en el futuro.

La iniciativa de este proyecto va directamente relacionada en base a los antecedentes que han pasado fuera de Chile. Dado el panorama descrito en el marco teórico cuando se menciona la situación que abordan distintos países como China, EEUU, Reino Unido, Noruega y Francia, se concluye que el primer paso para masificar el mercado de vehículos eléctricos, es instalando una gran cantidad de electrolinerías a modo de generar confianza y estímulo en los usuarios.

La evaluación se hará en el centro comercial Espacio Urbano de dirección Av. Benidorm 961, Viña del Mar, Región de Valparaíso. Las coordenadas del sitio y el mapa del sector se indican a continuación:

- Latitud de 33,007 °S
- Longitud 71,5457 °O

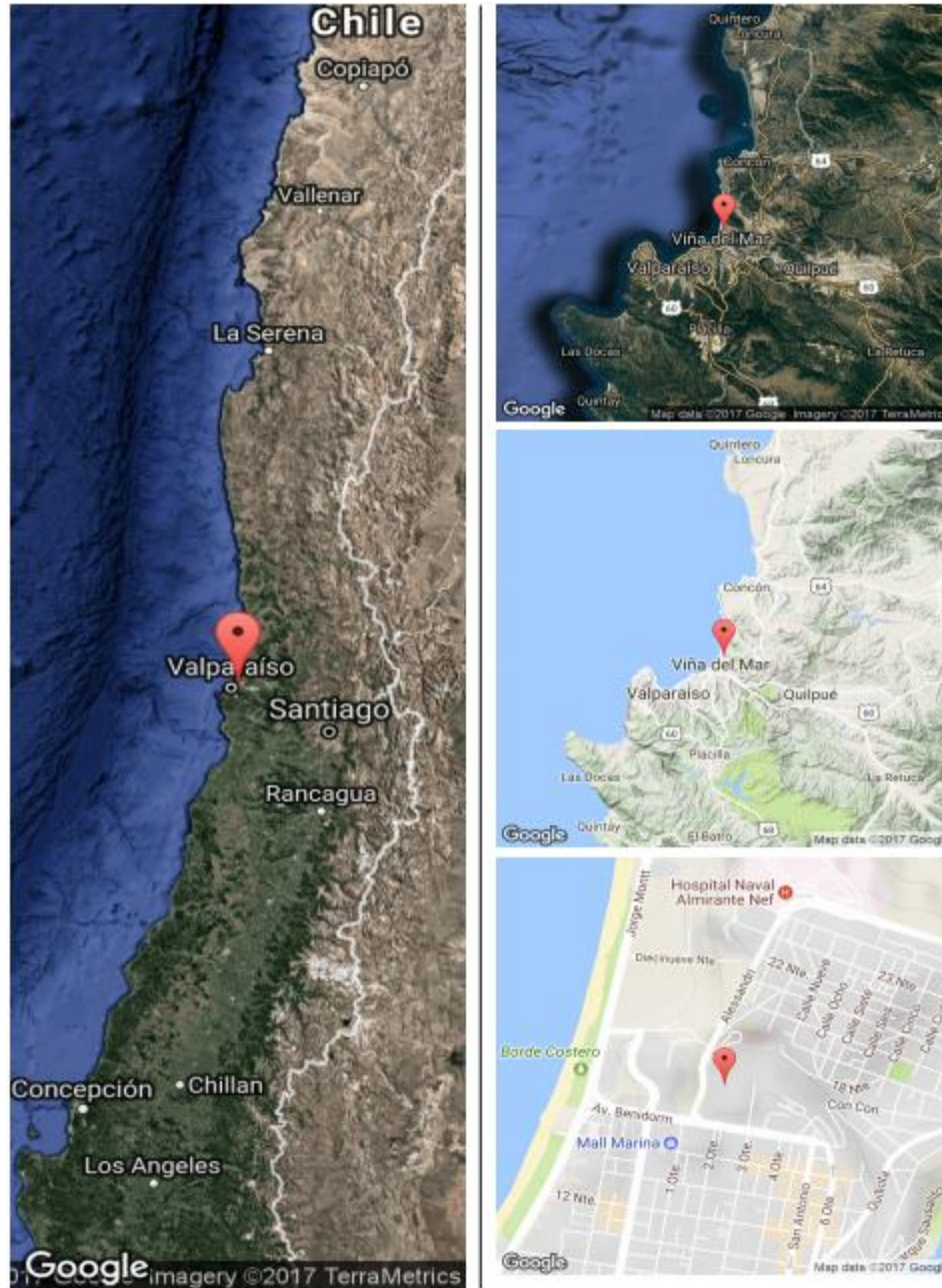


Imagen 11: Mapa del sitio seleccionado.

Fuente: (Explorador Solar de la Universidad de Chile, 2017a)

El recinto cumple con las condiciones básicas respecto a la estadía en tiempo ya que los usuarios que recurren a él y se estacionan en los sitios habilitados por el centro comercial, suelen estar mínimo 30 minutos en el mismo, tiempo suficiente para cargar gran parte de la batería del

vehículo con un cargador de carga media de 20 kW de potencia. Además, el proyecto garantiza un sello verde para la imagen del centro comercial Espacio Urbano.

Se analiza la instalación de 2 cargadores de vehículos eléctricos de 20 kW de potencia. El modelo evaluado para instalar es el Terra 23 CJG de la empresa ABB (el detalle de especificaciones se encuentra en el Anexo 4).

Este punto fue elegido estratégicamente dado que posee estacionamiento particular y además posee una disponibilidad espacial en su techo muy amplia (según cálculos con el programa Google Earth, se tiene disponible aproximadamente 10.000 m², lo cual da la factibilidad de instalar un arreglo fotovoltaico de gran dimensión). Se realizará una evaluación del costo de instalación de los paneles solares con todos los requerimientos que implica, a modo de poder ofrecer este servicio ya sea como apoyo a la red eléctrica con un tipo de red centralizado o como apoyo a la fuente de energía de los cargadores eléctricos.

El sistema de paneles solares debe ir con un inversor solar de conexión a red. Este consiste en un dispositivo básico en instalaciones de energía renovable, ya que su función reside en cambiar el voltaje de entrada de corriente continua a un voltaje simétrico de salida de corriente alterna, con la magnitud y frecuencia deseada por el usuario o diseñador. Su clasificación general se realiza en dos tipos: inversores monofásicos e inversores trifásicos.

El sistema fotovoltaico propuesto para la generación energética funciona bajo el siguiente esquema: en primera instancia los módulos fotovoltaicos obtienen la energía del sol y la convierten en energía CC. Luego el inversor de conexión a red convierte la energía CC de los módulos fotovoltaicos en energía CA que puede ser vendida a la red pública en caso de no requerirse, usada

por el recinto o aplicada cuando haya requerimiento de energía por parte de los cargadores eléctricos.

Con el Explorador Solar de la Universidad de Chile se obtienen los resultados de la sombra topográfica de la zona donde se evalúa la instalación fotovoltaica.

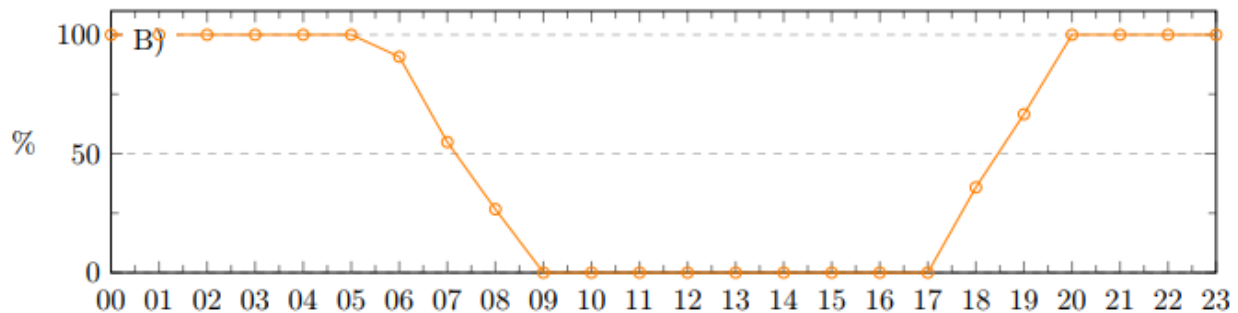


Imagen 12: Ciclo diario de frecuencia de sombras.

Fuente: (Explorador Solar de la Universidad de Chile, 2017a)

Se ha utilizado una base de datos de altura del terreno de 90 m de resolución y se ha considerado la topografía dentro de un radio de 180 km desde el sitio seleccionado para obtener las sombras proyectadas por los obstáculos topográficos en el entorno del sitio. Este análisis no considera el impacto de otro tipo de obstáculos como por ejemplo edificios, árboles, cables, etc.

En el gráfico se muestra que al día bajo las condiciones mencionadas, hay 8 horas sin sombra (de 09:00 a 17:00) lo cual es poco cercano a la realidad. Es más, según cálculos de expertos en el área en la zona central en promedio al año se tienen 4 horas diarias de luz sin nubosidad. Este valor se dejará como supuesto.

El problema se analiza en 3 partes. Se considera la evaluación en el caso crítico que se conecten ambos cargadores, por lo que el requerimiento de potencia llegará a ser de 40 kW. Se evalúan 3 escenarios de potencia entregada por el arreglo fotovoltaico: 15 kW, 30 kW, 50 kW.

La idea es utilizar la energía entregada por los paneles para cargar los cargadores, ya sea como apoyo a la energía requerida por estos y el restante, suministrado por la empresa eléctrica CONAFE, quienes son los proveedores de luz en la zona evaluada, o bien suministrar completamente de energía fotovoltaica los cargadores de vehículos.

Bien, esto es factible desde octubre de 2014, cuando entró en vigencia la Ley 20.571, que permite a particulares transformarse en generadores de energía, inyectar sus excedentes a la red eléctrica y recibir pago por ello. A nivel internacional, las regulaciones que fomentan este sistema compran la “energía alternativa” al mismo precio que paga cualquier usuario a las grandes distribuidoras y se conoce como Net Metering; cuando se paga menos por ella se llama Net Billing. En Chile, se aprobó este último, aunque la idea era incentivar las Energías Renovables No Convencionales a pequeña escala.

El costo de una instalación fotovoltaica en Chile se puede ver en el Anexo 9. El panel solar elegido para la evaluación es de la empresa Eolicasolar. El modelo es el panel solar Sun-L 250 Wp. El criterio de selección de este se puede ver en el Anexo 5. Los paneles tienen una dimensión altura, ancho y profundidad de 0,56 x 0,26 x 0,04 m. Por lo que su área superficial unitaria es de 1,456 m². Las características básicas de los escenarios se presentan en la Tabla 9.

	Potencia entregada	Unidades necesaria	Espacio ²
Primer escenario	15 kW	60 unidades	87,36 m ²
Segundo escenario	30 kW	120 unidades	174,72 m ²
Tercer escenario	50 kW	200 unidades	291,2 m ²

Tabla 9: Potencia entregada, unidades requeridas y espacio utilizado por cada arreglo fotovoltaico.

Fuente: Creación propia.

² Considerando un caso crítico de que se encuentren de forma horizontal.

Los paneles se definen fijos con un grado de inclinación de 29° (definido en el Anexo 7).

La distancia mínima entre las filas que formen los arreglos fotovoltaicos será de 0,53 m (el cálculo de la distancia se puede ver en el Anexo 8).

Respecto al inversor, el criterio de selección de éste se puede ver en el Anexo 6. Para cada caso se tendrá un inversor distinto con el requerimiento de potencia óptimo para soportar la potencia entregada por el arreglo fotovoltaico.

No obstante, se tiene considerado que el costo implicado del proyecto destruye el atractivo para la empresa, por lo que la propuesta va de la mano con políticas de Estado e iniciativas privadas.

En el desarrollo, lo primero que se propone es la selección del cargador a instalar en base a las características técnicas y el precio. La comparación entre modelos se puede ver en el Anexo 4. Luego se describe el detalle del panel solar elegido a la evaluación, para seguir con la selección del inversor en cada escenario. Una vez esto definido, se procede a explicar los tres escenarios en detalle con la cantidad de generación de energía entregada, los costos implicados y un análisis financiero por cada caso.

3.4 SELECCIÓN DEL CARGADOR PARA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS PARA LOS TRES ESCENARIOS

La cotización realizada y el detalle de las especificaciones técnicas se encuentran en el Anexo 4. El cargador seleccionado es el Terra 23 CJG. Tiene un valor de € 21.950 o bien, \$17.121.000³. Este cargador funciona para cargar tanto vehículos de CA como de CC, mediante la combinación de los estándares más utilizados (CCS, Chademo y CA rápida).

³ Considerando un valor de \$780 pesos por euro

El criterio de selección se basó principalmente en la cantidad de especificaciones adicionales que poseía el cargador, pues bien, este cubre para modelos de vehículos de las marcas: BMW, Volkswagen, GM, Porsche, Audi, Nissan, Mitsubishi, Peugeot, Citroen, Kia, Renault, Daimler, Tesla, Smart y Mercedes, cumpliendo completamente con toda la gama de autos que existen actualmente en Chile⁴. Además de poseer las entradas de carga de todos estos modelos.

La descripción de este es la siguiente:



<p>Empresa</p>	
<p>Terra 23 CJG</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Potencia de salida de 20kW • Tensión de 50 a 500 V CC • Corriente de 50 A • Cable CCS (Combo 2) + conector 3,9 m. • Funcionalidad Chademo 1.0 + cable y conector de 3.9 metros. • Cable de CA de 22 kW y conector de 3,9 metros. • Medición de CA básica en la salida de CA. Carga simultánea entre CA y CC (conexión a la red: mínimo 63 A)

Tabla 10: Especificaciones básicas del cargador Terra 23 CJG.

Fuente: Creación propia⁵

⁴ Los modelos que se encuentran en Chile son: Bmw – I3, Byd – E6, Mitsubishi – Imiev, Renault – Kangoo Fase I E5, Renault – Fluence, Renault – Zoe, Hyundai – Ioniq, Nissan – Leaf, Mitsubishi – Outlander, Bmw – I8, Porsche – Cayenne S E Hybrid

⁵ Datos obtenidos de la ficha técnica del producto, obtenido de la página de ABB. (ABB, 2017a)

3.5 SELECCIÓN DEL PANEL SOLAR A EVALUAR PARA LOS TRES ESCENARIOS

El panel solar elegido para la cotización es el Sun-L 250 W de la empresa Eolicasolar. Es un panel fotovoltaico policristalino que tiene un precio de \$128.000.- (Ver Anexo 2).


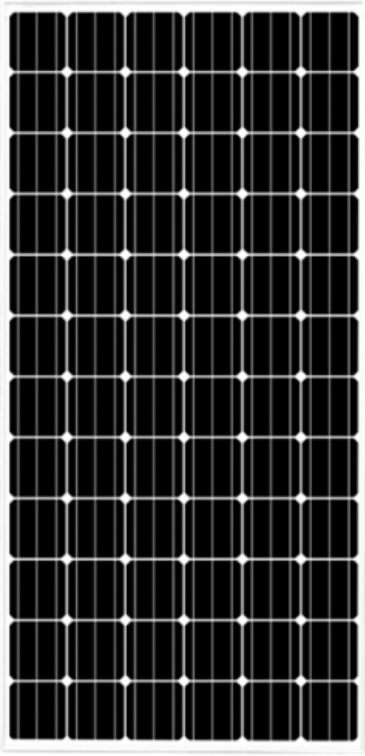
Empresa	
Descripción	Imagen del panel
<p>Potencia nominal – Pmax (Wp) 250 Wp</p> <p>Tensión en circuito abierto – Voc 37,7 VDC</p> <p>Voltaje Nominal 30,5 VDC</p> <p>Corriente nominal 8,2 A</p> <p>Eficiencia (%) de celda 17,3%</p> <p>Eficiencia (%) de panel 15.27%</p> <p>Tolerancia de potencia (%/Pmax). ±3</p> <p>Temp coeficiente Pmax -0,45% °C</p> <p>Temp coeficiente Voc -0,34% °C</p> <p>Temp Coef Isc 0.05% °C</p> <p>Temperatura operación nominal 46°C a 2°C</p>	

Tabla 11: Ficha técnica panel solar elegido para la evaluación.

Fuente: Creación propia⁶.

Respecto a la calidad y seguridad del mismo, posee una tolerancia positiva -0/+3%, 10 años de garantía mecánica y garantía en potencia hasta 90% y 25 años de hasta 80%.

⁶ Datos obtenidos de la página web de Eolicasolar.

Se decide distribuir los paneles en filas con 10 paneles solares para cada una de ellas. La distancia entre cada fila es de 0,512 m. El espacio de separación entre cada panel ha sido calculado en el Anexo 10.

3.6 SELECCIÓN DEL INVERSOR

La cotización y ficha técnica en detalle de los inversores se puede ver en el Anexo 6. A continuación se muestran los tres seleccionados para la evaluación.

Selección del inversor para el sistema; Potencia de 15 kW

Empresa	
Imagen del equipo	
Modelo	Inversor Sunny Trifásico 15000 W On Grid
Precio	\$3.197.000.-
Ficha Técnica	<p>Máx. potencia de entrada en CC: 15340 W</p> <p>Máx. tensión de entrada de CC: 1000 V</p> <p>Rango de tensión MPPT/ tensión de entrada nominal: 360 V a 800 V / 600 V</p> <p>Corriente nominal de entrada por string A / B: 33A/11^a</p> <p>Número de entradas independientes de MPPT / string por entrada MPPT: 2/A:5; B:1</p> <p>Potencia de salida continuada: 15000W</p> <p>Rango de tensión en CA: 160 V a 280 V</p> <p>Máx. salida de corriente: 24 A</p>

Eficiencia	Máxima eficiencia del 98.2% Seguimiento SMA OptiTrac Global Peak MPP para la mejor eficiencia de seguimiento de MPP
Seguridad	Triple protección con Optiprotect con su detector de falla de cadena de autoaprendizaje, fusible de cuerda electrónico y descargador de sobretensiones DC integrable (SPD tipo II)
Flexibilidad e Innovación	Diseño de sistema hecho a medida con Optiflex ⁷ Funciones de gestión de cuadrícula de vanguardia Potencia reactiva disponible las 24 horas, todos los días

Tabla 12: Características del inversor de 15 kW.

Fuente: Creación Propia⁸

Selección del inversor para el sistema; Potencia de 30 kW

Empresa	
Imagen del equipo	
Modelo	Inversor Sunny Tripower 30000TL-US
Precio	4.105 USD.- + costo de envío desde EEUU \$3.522.090 ⁹ .-

⁷ Optiflex es la tecnología que entrega flexibilidad del diseño con las dos entradas MPP en conexión con un amplio rango de voltaje de entrada, y lo hace para casi todas las configuraciones de módulos

⁸ Datos obtenidos de la ficha técnica del producto (SMA, 2017a)

⁹ Considerando un valor del dólar de \$660 pesos y un costo de envío del 30% del precio del equipo.

Ficha Técnica	<p>Máx. potencia de entrada en CC: 30800 W</p> <p>Máx. tensión de entrada de CC: 1000 V</p> <p>Número de entradas de MPPT: 2</p> <p>Rango de tensión nominal por MPPT: 500 V a 800 V</p> <p>Rango de tensión de operación para el MPPT: 150 V a 1000 V</p> <p>Máx. intensidad de entrada / por cada entrada del MPPT: 66 A / 33 A</p> <p>Potencia de salida continuada: 30000W</p> <p>Rango de voltaje en CA: 277 V a 480 V</p> <p>Máx. salida de corriente: 36,2 A</p>
Eficiencia	<p>Máxima eficiencia del 98.6%</p> <p>Gestión de sombras mediante OptiTrac™ Global Peak</p>
Seguridad	<p>Unidad de seguimiento de la corriente residual sensible a la corriente universal</p> <p>Sistema de detección de arcos voltaicos (según UL 1699B)</p>
Flexibilidad	<p>Dos seguidores del MPP independientes.</p>

Tabla 13: Características del inversor de 30 kW.

Fuente: Creación Propia¹⁰

¹⁰ Datos obtenidos de la ficha técnica del producto (SMA, 2017b)

Selección del inversor para el sistema; Potencia de 50 kW

Empresa	<p>The PowerStore</p> 
Imagen del equipo	
Modelo	Inversor Sunny Tripower Core1
Precio	6.231,34 USD.- + costo de envío desde EEUU \$5.346.490 ¹¹ .-
Ficha Técnica	<p>Máx. potencia de entrada en CC: 51000 W Máx. tensión de entrada de CC: 1000 V Rango de tensión nominal para cada MPPT: 500 V a 800 V Rango de tensión de operación para el MPPT: 150 V a 1000 V MPPT: 4 MPPT Máx. intensidad de entrada/por cada entrada del MPPT: 120 A / 20 A Potencia de salida continuada: 50000W Rango de voltaje en CA: 244 V a 305 V Máx. salida de corriente: 64 A</p>
Eficiencia	Máxima eficiencia: > 98%
Seguridad	Sistema Opticool de enfriamiento activo asegura el buen funcionamiento y máxima producción de energía.

¹¹ Considerando un valor del dólar de \$660 pesos y un costo de envío del 30% del precio del equipo.

Flexibilidad	La configuración y comunicación se logra con el asistente de puesta en marcha y el navegador de acceso basado en web de SMA a través de Wi-Fi con cualquier dispositivo móvil. Dos puertos Ethernet con Modbus TCP (incluyendo SunSpec) logran una excelente comunicación en grandes plantas. 6 MPPT independientes.
---------------------	---

Tabla 14: Características del inversor de 45 kW.

Fuente: Creación Propia¹².

3.7 RECURSO SOLAR DISPONIBLE EN EL SITIO DE INSTALACIÓN

Mediante el programa Explorador solar de la Universidad de Chile, se ha calculado la generación de energía dado el arreglo fotovoltaico elegido. Las características del sistema FV son:

Configuración	Fijo inclinado
Montaje	Open rack cell glassback
Inclinación	29°
Azimut ¹³	-16°
N° de celdas por panel	72
Voltaje máxima potencia	30,5 V
Corriente máxima potencia	8,2 A
Voltaje circuito abierto	37,7 V
Coef, temperatura voltaje	-0,34 %/°C
Corriente cortocircuito	8,3 A
Coef. temperatura corriente	0,05 %/°C

Tabla 15: Características del sistema fotovoltaico.

Fuente: Creación Propia¹⁴.

¹² Información obtenida de la ficha técnica del producto. (The PowerStore, 2017)

¹³ El azimut es el ángulo que forma un cuerpo celeste y el Norte, medido en sentido de rotación de las agujas de un reloj alrededor del horizonte del observador.

¹⁴ Datos del panel elegido para la evaluación, de la empresa Eolicasolar, modelo: panel solar Sun-L 250 Wp.

En el anexo 7 se encuentra el Reporte de la Generación de energía fotovoltaica, con las especificaciones geográficas, las sombras topográficas, la radiación (insolación mensual y el ciclo diario de radiación), la nubosidad de la zona, la temperatura y el viento que es un factor relevante al momento de calcular la eficiencia de las celdas fotovoltaicas.

3.8 ESCENARIO 1

3.8.1 Resultados de la generación eléctrica fotovoltaica instalando 60 paneles

Considerando el inversor con una eficiencia del 98,2% y pérdidas varias del equipo de un 10%¹⁵, se obtienen los siguientes resultados para la instalación de 60 paneles solares bajo las características mencionadas.

Capacidad instalada	15,01 kW
Total Diario	58,75 kWh
Total Anual	21,44 MWh
Factor de Planta ¹⁶	16%

Tabla 16: Resultados de la generación fotovoltaica.

Fuente: (Explorador Solar de la Universidad de Chile, 2017a)

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
MWh	2,32	2,0	1,97	1,58	1,22	1,17	1,28	1,48	1,77	2,13	2,2	2,34

Tabla 17: Promedio de la generación total en cada mes.

Fuente: (Explorador Solar de la Universidad de Chile, 2017a)

¹⁵ Este valor ha sido asignado ante un escenario lo más realista posible dado que no se conoce en terreno el sitio de instalación, solo se simula bajo el espacio disponible. De por sí, pueden existir pérdidas en la conexión de los paneles a los cargadores, mientras más distancia haya entre los paneles y los cargadores eléctricos, habrá más pérdida, además los cargadores también pierden un porcentaje de energía (aun que sea pequeño) y la condición de mantención de los paneles también podría afectar.

¹⁶ El factor de planta de una central eléctrica es el cociente entre la energía real generada por la central eléctrica durante un período (generalmente anual) y la energía generada si hubiera trabajado a plena carga durante ese mismo período, conforme a los valores nominales de las placas de identificación de los equipos. Es una indicación de la utilización de la capacidad de la planta en el tiempo.

Hora	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11
kWh	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,02	0,18	0,95	2,83	4,6	6,24
Hora	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
kWh	7,71	8,5	8,43	7,55	6,24	3,96	1,36	0,16	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabla 18: Promedio de la generación para cada hora.

Fuente: (Explorador Solar de la Universidad de Chile, 2017a)

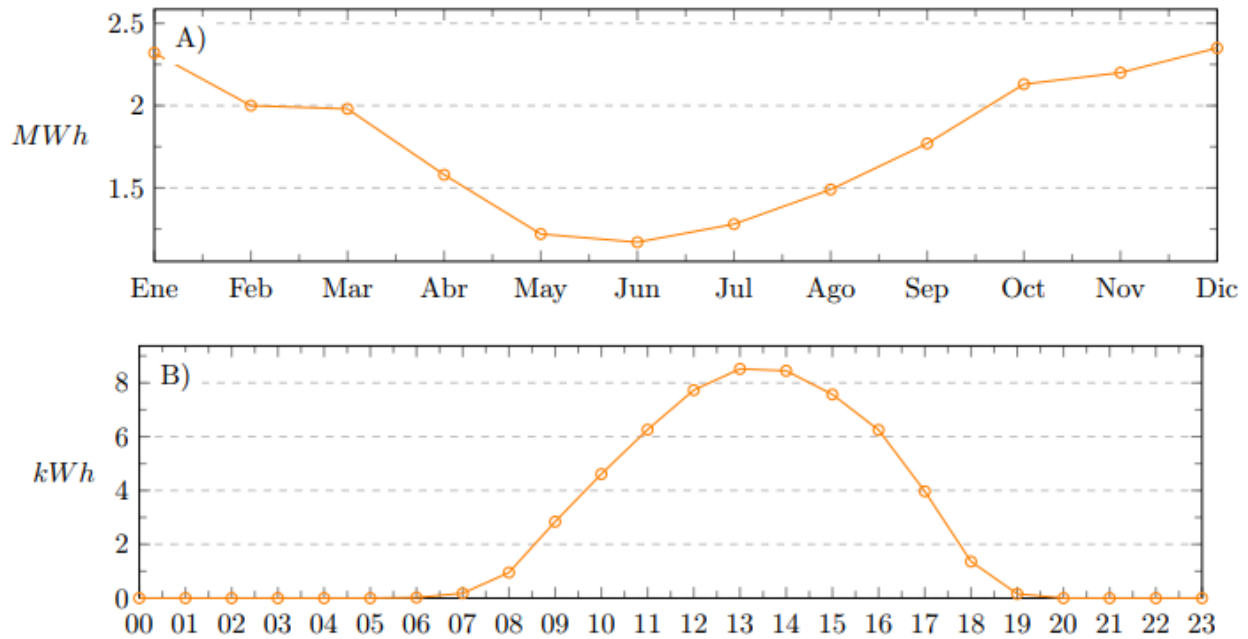


Imagen 13:A) Ciclo anual de generación, B) Ciclo diario de generación.

Fuente: (Explorador Solar de la Universidad de Chile, 2017a)

3.8.2 Descripción del arreglo fotovoltaico factible a instalar en el escenario 1

Considerando las características del panel solar:

- $P_{nom} = 250 W_p$
- $V_{nom} = 30,5 V_{cc}$
- $I_{nom} = 8,2 A$

Y del inversor para 15 kW de potencia:

- Potencia máx. de entrada: 15340 W
- $V_{nom} = 600 V_{ca}$
- Rango de voltaje de trabajo = 360 a 800 V
- Número de entradas independientes de MPPT/string por MPPT = 2 / A:5; B:1
- I_{nom} de entrada A/B = 33 A / 11 A
- I_{max} de salida = 24 A

Se puede calcular diversos arreglos factibles de instalar para cumplir con los requisitos del sistema. Particularmente deben cumplir con:

$$N_{serie} = \frac{V_{nom\ inversor}}{V_{nom\ panel}}$$

$$N_{paralelo} = \frac{I_{nom\ inversor}}{I_{nom\ panel}}$$

Por tanto, el número de arreglos posibles de instalar en serie es de 19 (600 V / 30,5 V), y en paralelo, 4 para la entrada A del inversor (33 A / 8,2 A) y 1 para la entrada B (11 A / 8,2 A).

Ante esto, se propone una solución factible de instalar de 3 string en paralelo en la entrada A del inversor, cada uno de 20 paneles conectados en serie. Con este arreglo se obtienen los siguientes resultados:

- Voltaje: $20 * 30,5 V = 610 V$
- Intensidad: $3 * 8,2 A = 24,6 A$
- Potencia: $24,6 A * 610 V = 15.006 W$

Cumpliendo con los requisitos básicos del sistema.

3.8.3 Costo asociado a la instalación del servicio en escenario 1

Equipo	Cantidad	Precio
Cargador para vehículo eléctrico	1 unidad	\$ 17.121.000
Paneles solares	60 unidades	\$ 7.680.000
Sistema de soporte para 2 paneles	30 unidades	\$ 2.880.000
Inversor de 15 kW	1 unidad	\$ 3.197.000
Cables ¹⁷	300 mt	\$ 180.000
Set Conectores MC4 (hembra y macho) ¹⁸	69 unidades	\$ 172.500
Fusible MC4 Línea DC 30 A FL-30A	1 unidades	\$ 5.600
Porta fusible MC4 línea s/ fusible KCN 40- FH	1 unidades	\$ 7.348
Contactador 32 A; 15kW	3 unidades	\$ 150.000
Interruptor automático trifásico 32A Legrand	1 unidad	\$ 25.650
Medidor bidireccional	1 unidad	\$ 300.000
Otros		\$ 600.000
Servicio de instalación¹⁹		\$ 3.915.000
TOTAL		\$ 37.234.098

Imagen 14: Detalle de costos asociados a la instalación del servicio en escenario 1.

Fuente: Creación Propia.

A modo de justificación del valor del costo total de instalación de este proyecto, en el Anexo 9 se presenta el estudio del Ministerio de Energía donde menciona que una instalación fotovoltaica de 15 kW de potencia bordea el precio de \$1.400.000 por cada kW instalado, en este

¹⁷ Bajo el supuesto que el inversor no va a quedar a más de 50 metros del arreglo fotovoltaico

¹⁸ Un precio estándar para cada conector con las especificaciones del sistema es de \$2.500.-.

¹⁹ Considerando el costo de mano de obra, costo por servicio de ingeniería, costos por tramitación de la autorización del sistema solar ante la SEC y ante la empresa distribuidora y costo del servicio de mantenimiento. El precio de todos estos servicios fue justificado con diversas empresas en el mercado chileno actual, quienes por el servicio completo, en promedio, cobran \$261 \$/W. Solo incluye la instalación fotovoltaica, para más adelante poder hacer el análisis financiero en el software RETScreen en donde se evalúa sin la compra ni el uso de los cargadores.

caso, el precio debiese estar cercano a \$21.000.000. Este valor depende directamente de la empresa que se contrate para la instalación además de la selección de los equipos, de igual modo el valor de este proyecto es bastante similar, cuando se le descuenta el precio de los cargadores de vehículos eléctricos se obtiene un costo total de \$20.113.098.

3.8.4 Análisis financiero para el escenario 1

De por sí, la electricidad exportada a la red de manera anual es de 21.021 kWh, por lo que diariamente entrega 57,59 kWh. Si un auto se conecta al cargador, considerando que en un inicio se mencionó como supuesto un consumo diario de 3 horas, el requerimiento sería de 120 kWh al día (conectados ambos cargadores de 20 kW de potencia cada uno).

Bajo la hipótesis que los cargadores se utilizan todos los días de la semana, la real compra de electricidad para este servicio sería la diferencia entre el consumo de los cargadores y la electricidad exportada por los paneles, osea 62,41 kWh. Lo cual, según los precios de la luz que se encuentran en el Anexo 12, tendría un valor de \$7.792 pesos.

Electricidad diaria exportada por el FV a la red	Consumo de los cargadores diario	Compra real de electricidad bajo escenario descrito ²⁰
57,59 kWh	120 kWh	62,41 kWh

Tabla 19: Análisis energía utilizada en escenario 1.

Fuente: Creación Propia

²⁰ Utilizando diariamente por 3 horas ambos cargadores de 20 kW de potencia cada uno.

Precio electricidad requerida por el cargador al día si es que no existe una inyección de energía por FV	Precio electricidad requerida por el cargador al día si es que se instala el arreglo FV	Ahorro real diario por tener un arreglo FV como apoyo al requerimiento energético
\$13.051	\$7.792	\$5.259

Tabla 20: Análisis de costo asociado a la energía utilizada en escenario 1.

Fuente: Creación propia.

Por tanto, al año el ahorro real bajo el escenario descrito sería de \$1.919.535 pesos.

Bien, para evaluar como sería el impacto de instalar el arreglo fotovoltaico y sus beneficios energéticos de esa zona, se ha utilizado el software de análisis energético RETScreen. Este análisis financiero no incluye el caso en que los cargadores estén en uso y tampoco incluye la compra del cargador, solo evalúa que tan conveniente es instalar un arreglo fotovoltaico a modo de ver con mayor precisión cuanto se demoraría en recuperar la inversión del proyecto vendiendo la energía al mismo precio al que se compra la energía a Conafe.

Los datos del proyecto, el modelo de energía, el análisis de costos y el análisis de reducción de emisiones se pueden ver en el Anexo 10.

El detalle del análisis financiero que incluye el resumen de costos/ahorros/ingresos del proyecto, renta por reducción de GEI y flujos de caja anuales, se encuentran en el Anexo 11.

Los parámetros financieros implementados son

- Tasas de escalamiento de combustibles: 5,0%
- Tasa de inflación: 2,2%
- Tasa de descuento: 15,0%

La renta anual de exportación de electricidad

- Electricidad anual exportada a la red: 21,021 MWh
- Tarifa de exportación de electricidad: 84.087,53 \$/MWh²¹

Considerando un tiempo de vida del proyecto de 10, 15 y 20 años, y no incluyendo la compra del cargador, la renta anual y como tal, la viabilidad financiera se presenta en el siguiente cuadro

Indicador financiero	Unidad	10 años	15 años	20 años
Renta por exportación de electricidad	\$	1.773.829	1.773.829	1.773.829
TIR antes de impuestos - capital	%	-3,6	2,5	5,1
TIR antes - impuestos - activos	%	-3,6	2,5	5,1
TIR luego de impuestos - capital	%	-3,6	2,5	5,1
TIR luego de impuestos - impuestos - activos	%	-3,6	2,5	5,1
Pago simple de retorno del capital	año	12,3	12,3	12,3
Repago - capital	año	> proyecto	12,3	12,3
Valor Presente Neto (VPN)	\$	-12.763.397	-11.321.002	-10.605.428
Ahorros anuales en ciclo de vida	\$/año	-2.543.133	-1.936.084	-1.694.339
Relación Beneficio-Costo		0,41	0,47	0,51
Cost. de produc. de energía.	\$/MWh	204.643,56	175.866,70	164.406,86
Costo de reducción de GEI	\$/tCO2	294.278	224.034	196.060

Tabla 21: Análisis financiero arreglo FV escenario 1.

Fuente: Creación propia, datos obtenidos del programa RETScreen.

²¹ Los precios que utiliza el software para llegar a este valor se encuentran en el Anexo 12.

Gráfico de flujo de caja acumulado en 20 años se muestran a continuación,

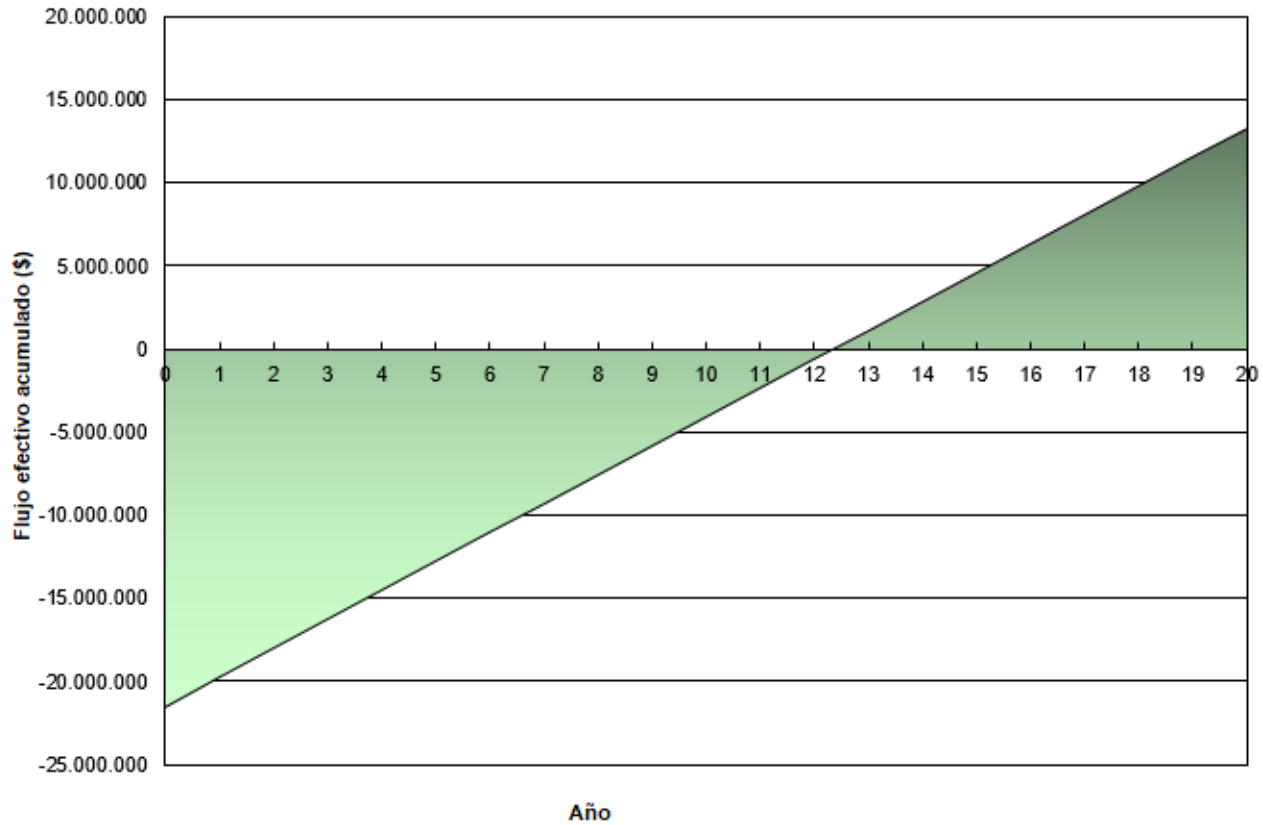


Imagen 15: Flujo de caja acumulado en 20 años en escenario 1.

Fuente: Imagen obtenida del software RETScreen.

La renta por reducción de GEI en 10, 15 y 20 años se presenta a continuación

Renta por reducción de GEI		10 años	15 años	20 años
Reducción neta GEI	tCO2/año	9	9	9
Reducción neta GEI - x años	tCO2	86	130	173

Tabla 22: Renta por reducción de GEI en escenario 1.

Fuente: Información obtenida con el software RETScreen.

3.9 ESCENARIO 2

3.9.1 Resultados de la generación eléctrica fotovoltaica instalando 120 paneles

Considerando el inversor con una eficiencia del 98,6% y pérdidas varias del 10% se obtienen los siguientes resultados para la instalación de 120 paneles solares.

Capacidad instalada	30,01 kW
Total Diario	118,0 kWh
Total Anual	43,15 MWh
Factor de Planta ²²	16%

Tabla 23: Resultados de la generación fotovoltaica en escenario 2

Fuente: (Explorador Solar de la Universidad de Chile, 2017b)

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
MWh	4,67	4,02	3,97	3,17	2,45	2,35	2,57	2,99	3,55	4,28	4,42	4,71

Tabla 24: Promedio de la generación total en cada mes en escenario 2.

Fuente: (Explorador Solar de la Universidad de Chile, 2017b)

Hora	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11
kWh	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,04	0,36	1,9	5,7	9,26	12,57
Hora	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
kWh	15,52	17,11	16,97	15,19	12,55	7,98	2,74	0,32	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabla 25: Promedio de la generación para cada hora en escenario 2.

Fuente: (Explorador Solar de la Universidad de Chile, 2017b)

²² El factor de planta de una central eléctrica es el cociente entre la energía real generada por la central eléctrica durante un período (generalmente anual) y la energía generada si hubiera trabajado a plena carga durante ese mismo período, conforme a los valores nominales de las placas de identificación de los equipos. Es una indicación de la utilización de la capacidad de la planta en el tiempo.

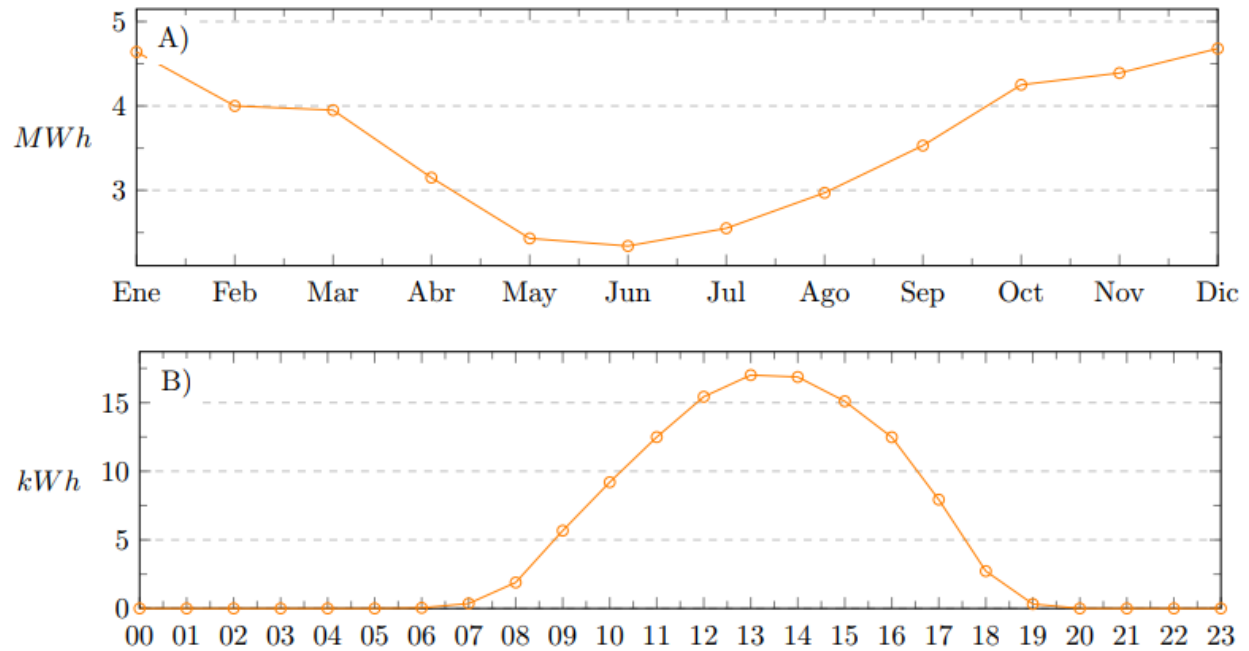


Imagen 16: A) Ciclo anual de generación, B) Ciclo diario de generación

Fuente: (Explorador Solar de la Universidad de Chile, 2017b)

3.9.2 Descripción del arreglo fotovoltaico factible a instalar en el escenario 2

Considerando las características del panel solar:

- $P_{nom} = 250 \text{ W}_p$
- $V_{nom} = 30,5 \text{ V}_{cc}$
- $I_{nom} = 8,2 \text{ A}$

Y del inversor para 30 kW de potencia:

- Potencia máx. de entrada = 30.800 W
- $V_{nom} = 800 \text{ V}_{ca}$
- MPPT = 2
- Rango de voltaje nominal por MPPT = 500 a 800 V

- I_{nom} de entrada por MPPT = 33 A
- I_{max} de salida = 36,2 A

Se puede calcular diversos arreglos factibles de instalar para cumplir con los requisitos del sistema. Particularmente deben cumplir con:

$$N_{serie} = \frac{V_{nom\ inversor}}{V_{nom\ panel}}$$

$$N_{paralelo} = \frac{I_{nom\ inversor}}{I_{nom\ panel}}$$

Por tanto, el número de arreglos posibles de instalar en serie es de 26 (800 V / 30,5 V), y en paralelo 4 (33 A / 8,2 A) por cada string.

Ante esto, se propone una solución factible de instalar de 3 string en paralelo en cada entrada del inversor (posee 2 entradas) y cada string con 20 paneles conectados en serie. Obteniendo los siguientes resultados:

- Voltaje: $20 * 30,5\text{ V} = 610\text{ V}$
- Intensidad: $3 * 8,2\text{ A} = 24,6\text{ A}$ (por cada string)
- Potencia: $2 * 24,6\text{ A} * 610\text{ V} = 30.012\text{ W}$

Cumpliendo con los requisitos básicos del sistema.

3.9.3 Costo asociado a la instalación del servicio en escenario 2

Equipo	Cantidad	Precio
Cargador para vehículo eléctrico	1 unidad	\$ 17.121.000
Paneles solares	120 unidades	\$ 15.360.000
Sistema de soporte	60 unidades	\$ 5.760.000
Inversor de 30 kW	1 unidad	\$ 3.522.090
Cables ²³	600 mt	\$ 360.000
Set Conectores MC4 (hembra y macho)	138 unidades	\$ 345.000
Fusible MC4 Línea DC 30 A FL-30A	2 unidades	\$ 11.200
Porta fusible MC4 línea s/ fusible KCN 40- FH	2 unidades	\$ 14.696
Contactores	3 unidades	\$ 150.000
Interruptor automático trifásico 32A Legrand	1 unidad	\$ 25.650
Medidor bidireccional	1 unidad	\$ 300.000
Otros		\$ 800.000
Servicio de instalación²⁴		\$ 7.830.000
TOTAL		\$ 51.599.636

Tabla 26: Detalle de costos asociados a la instalación del servicio en escenario 2.

Fuente: Creación propia.

²³ Bajo el supuesto que el inversor no va a quedar a más de 50 metros del arreglo fotovoltaico

²⁴ Considerando el costo de mano de obra, costo por servicio de ingeniería, costos por tramitación de la autorización del sistema solar ante la SEC y ante la empresa distribuidora y costo del servicio de mantenimiento. El precio de todos estos servicios fue justificado con diversas empresas en el mercado chileno actual, quienes por el servicio completo, en promedio, cobran \$261 \$/W. Solo incluye la instalación fotovoltaica, para más adelante poder hacer el análisis financiero en el software RETScreen en donde se evalúa sin la compra ni el uso de los cargadores

A modo de justificación del valor del costo total de instalación de este proyecto, en el Anexo 9 se presenta el estudio del Ministerio de energía donde menciona que una instalación fotovoltaica de 30 kW de potencia bordea el precio de \$1.220.000 por cada kW instalado, en este caso, el precio debiese ser alrededor de \$36.600.000. Este valor depende directamente de la empresa que se contrate para la instalación además de la selección de los equipos, de igual modo el valor de este proyecto es cercano pues cuando se le descuenta el precio de los cargadores de vehículos eléctricos se obtiene un costo total de \$34.478.000.

3.9.4 Análisis financiero bajo escenario 2

De por sí, la electricidad exportada a la red de manera anual es de 42.362 kWh, por lo que diariamente entrega 116,06 kWh. Si un auto se conecta al cargador, considerando que en un inicio se mencionó como supuesto un consumo diario de 3 horas, el requerimiento sería de 120 kWh al día (conectados ambos cargadores de 20 kW de potencia cada uno).

Bajo la hipótesis que se utilizan todos los días de la semana, la real compra de electricidad para este servicio sería la diferencia entre el consumo de los cargadores y la electricidad exportada por los paneles, osea 3,94 kWh. Lo cual, según los precios de la luz que se encuentran en el Anexo 12, tendría un valor de \$2.453 pesos.

Electricidad diaria exportada a la red	Consumo de los cargadores diario	Compra real de electricidad bajo escenario descrito ²⁵
116,06 kWh	120 kWh	3,94 kWh

Tabla 27: Análisis energía utilizada en escenario 2.

Fuente: Creación Propia.

²⁵ Utilizando diariamente por 3 horas ambos cargadores de 20 kW de potencia cada uno.

Precio electricidad requerida por el cargador al día si es que no existe una inyección de energía por FV	Precio electricidad requerida por el cargador al día si es que se instala el arreglo FV	Ahorro real diario por tener un arreglo FV como apoyo al requerimiento energético
\$13.051	\$2.453	\$10.597

Tabla 28: Análisis de costo asociado a la energía utilizada en escenario 2.

Fuente: Creación propia.

Por tanto, al año el ahorro real bajo el escenario descrito sería de \$3.867.905 pesos.

Bien, para evaluar como sería el impacto de instalar el arreglo fotovoltaico y sus beneficios energéticos de esa zona, se ha utilizado el software de análisis energético RETScreen. Este análisis financiero no incluye el caso en que los cargadores estén en uso y tampoco incluye la compra del cargador, solo evalúa que tan conveniente es instalar un arreglo fotovoltaico, a modo de ver con mayor precisión cuanto se demoraría en recuperar la inversión del proyecto vendiendo la energía al mismo precio al que se compra la energía a Conafe.

Los parámetros financieros implementados son

- Tasas de escalamiento de combustibles: 5,0%
- Tasa de inflación: 2,2%
- Tasa de descuento: 15,0%

La renta anual de exportación de electricidad

- Electricidad anual exportada a la red: 42,362 MWh
- Tarifa de exportación de electricidad: 84.087,53 \$/MWh²⁶

²⁶ Los precios que utiliza el software para llegar a este valor se encuentran en el Anexo 12.

Considerando un tiempo de vida del proyecto de 10, 15 y 20 años, y no incluyendo la compra del cargador, la renta anual y como tal, la viabilidad financiera se presenta en el siguiente cuadro

Indicado financiero	Unidad	10 años	15 años	20 años
Renta por exportación de electricidad	\$	3.562.109	3.562.109	3.562.109
TIR antes de impuestos - capital	%	-6,2	0,4	3,2
TIR antes - impuestos - activos	%	-6,2	0,4	3,2
TIR luego de impuestos - capital	%	-6,2	0,4	3,2
TIR luego de impuestos - impuestos - activos	%	-6,2	0,4	3,2
Pago simple de retorno del capital	año	14,5	14,5	14,5
Repago - capital	año	>proyecto	14,4	14,5
Valor Presente Neto (VPN)	\$	-29.712.381	-24.506.314	-21.273.756
Ahorros anuales en ciclo de vida	\$/año	-4.835.553	-3.221.938	-2.498.807
Relación Beneficio-Costo		0,42	0,53	0,59
Cost. de produc. de energía.	\$/MWh	198.326,12	160.144,94	143.074,65
Costo de reducción de GEI	\$/tCO2	278.638	185.657	143.988

Tabla 29: Análisis financiero arreglo FV escenario 2.

Fuente: Creación propia, datos obtenidos del programa RETScreen.

Con el programa solo se logra proyectar el proyecto hasta 50 años donde se tiene un TIR de 6,6%, un pago simple de retorno del capital de 14,5 años, el VPN es de -\$16.282.348, los ahorros mensuales son de -1.642.224 \$/año, el costo de producción de energía es de 122.854,05 \$/MWh y el costo de reducción de GEI es de 94.629 \$/tCO2.

Respecto a la relación beneficio-costo a los 40 años alcanza 0,68 y no vuelve a aumentar (por lo menos considerando hasta los 50 años).

El proyecto con el escenario de instalación de 30 kW no presenta un real atractivo, más aun considerando que para esta evaluación, el precio al cual se esta vendiendo la energía es al mismo precio de compra de la misma (se ha supuesto que se implementa un sistema Net Metering para incentivar la inversión del mismo). Pues bien, si evaluamos con el real escenario actual en Chile que es el sistema Net Billing donde el precio de compra de energía por parte de CONAFE es aproximadamente la mitad del precio que ellos la venden, y por tanto, el escenario se empeora.

Gráfico de flujo de caja acumulado en 20 años se muestran a continuación,

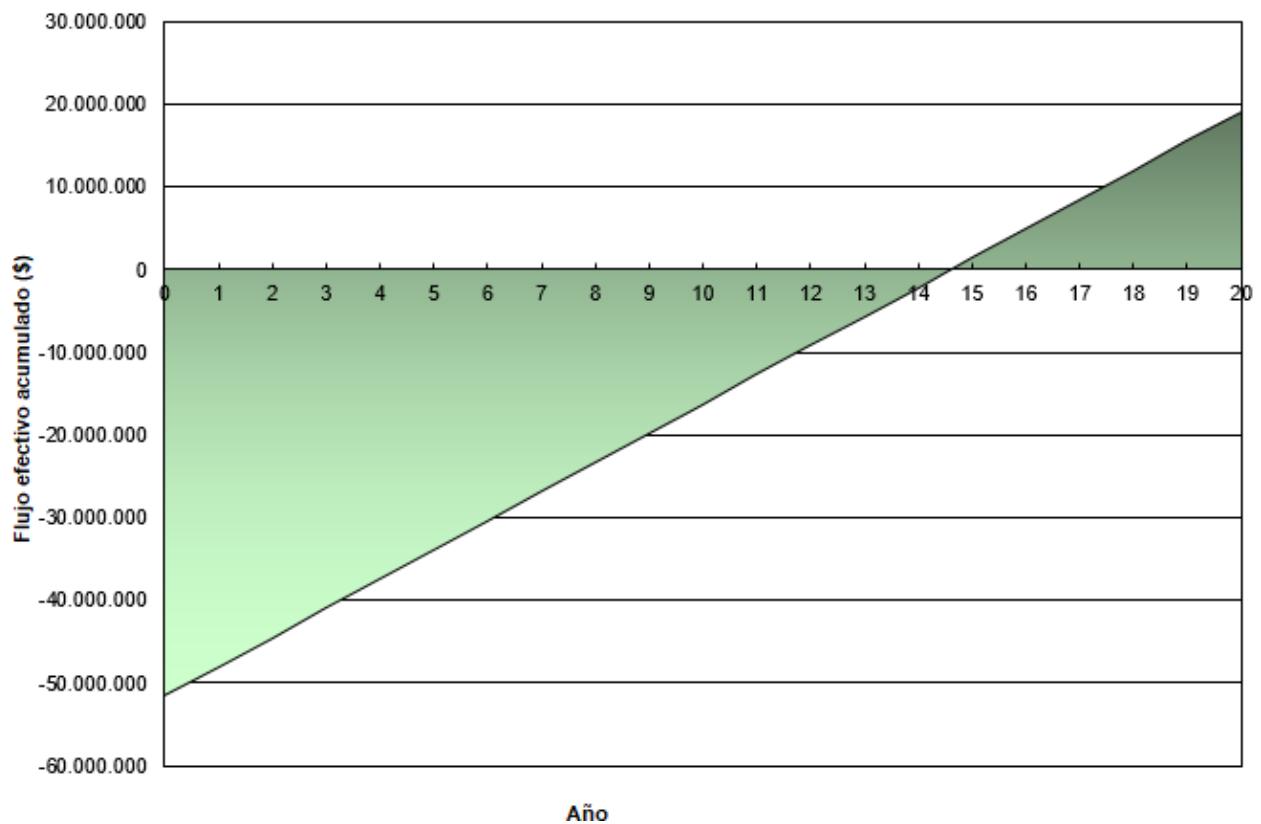


Imagen 17: Flujo de caja acumulado en 20 años en escenario 2.

Fuente: Imagen obtenida del software RETScreen.

La renta por reducción de GEI en 10, 15 y 20 años se presenta a continuación

Renta por reducción de GEI		10 años	15 años	20 años
Reducción neta GEI	tCO ₂ /año	17	17	17
Reducción neta GEI - x años	tCO ₂	174	260	347

Tabla 30: Renta por reducción de GEI en escenario 2.

Fuente: Información obtenida con el software RETScreen.

3.10 Escenario 3

3.10.1 Resultados de la generación eléctrica fotovoltaica instalando 200 paneles

Considerando el inversor con una eficiencia del 98,0% y pérdidas del 10% se obtienen los siguientes resultados para la instalación de 200 paneles solares.

Capacidad instalada	50,02 kW
Total Diario	167,11 kWh
Total Anual	60,88 MWh
Factor de Planta ²⁷	16%

Tabla 31: Resultados de la generación fotovoltaica en escenario 3..

Fuente: (Explorador Solar de la Universidad de Chile, 2017c)

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
MWh	5,71	4,92	4,87	4,02	3,27	3,15	3,48	3,98	4,61	5,41	5,45	5,93

Tabla 32: Promedio de la generación total en cada mes.

Fuente: (Explorador Solar de la Universidad de Chile, 2017c)

²⁷ El factor de planta de una central eléctrica es el cociente entre la energía real generada por la central eléctrica durante un período (generalmente anual) y la energía generada si hubiera trabajado a plena carga durante ese mismo período, conforme a los valores nominales de las placas de identificación de los equipos. Es una indicación de la utilización de la capacidad de la planta en el tiempo.

Hora	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11
kWh	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,08	0,69	3,4	9,47	14,17	17,92
Hora	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
kWh	21,04	22,54	22,31	20,39	17,72	12,09	4,39	0,56	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabla 33: Promedio de la generación para cada hora.

Fuente: (Explorador Solar de la Universidad de Chile, 2017c)

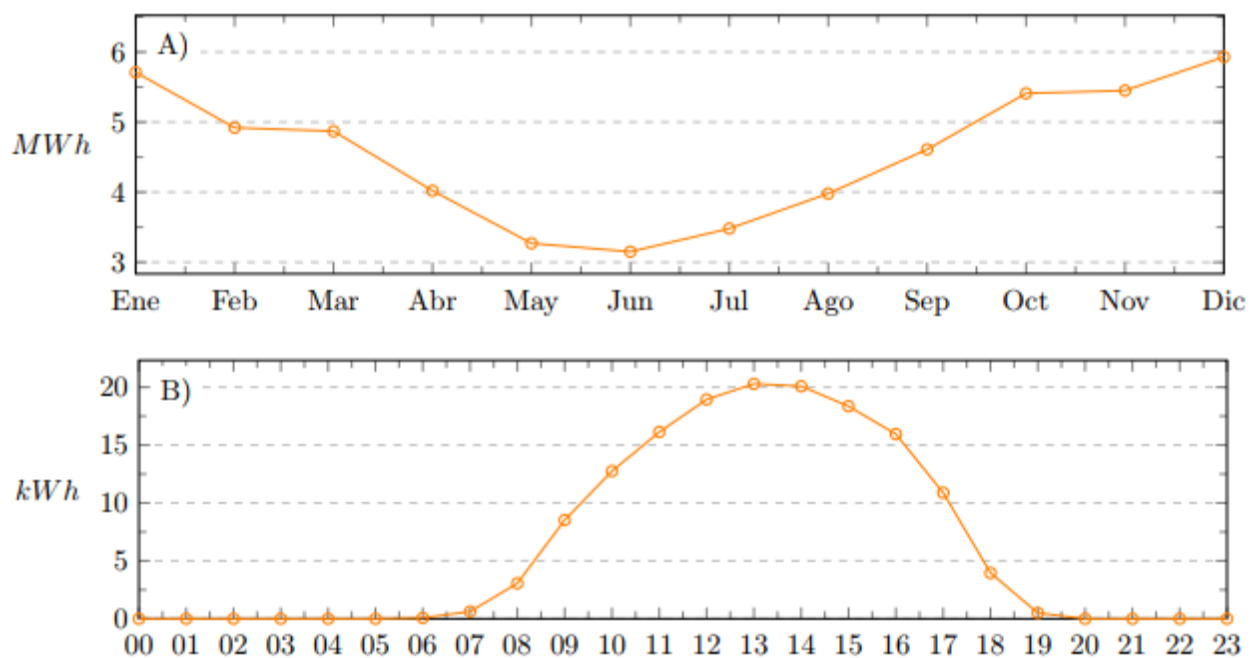


Imagen 18: A) Ciclo anual de generación, B) Ciclo diario de generación.

Fuente: (Explorador Solar de la Universidad de Chile, 2017c).

3.10.2 Descripción del arreglo fotovoltaico factible a instalar en el escenario 3

Considerando las características del panel solar:

- $P_{nom} = 250 \text{ W}_p$
- $V_{nom} = 30,5 \text{ V}_{cc}$
- $I_{nom} = 8,2 \text{ A}$

Y del inversor para 50 kW de potencia:

- Potencia máx. de entrada = 51.000 W
- $V_{nom} = 800 \text{ V}_{ca}$
- MPPT = 6
- Rango de voltaje nominal por MPPT = 500 a 800 V
- I_{nom} de entrada por MPPT = 20 A
- I_{max} de salida = 64 A

Se puede calcular diversos arreglos factibles de instalar para cumplir con los requisitos del sistema. Particularmente deben cumplir con:

$$N_{serie} = \frac{V_{nom\ inversor}}{V_{nom\ panel}}$$

$$N_{paralelo} = \frac{I_{nom\ inversor}}{I_{nom\ panel}}$$

Por tanto, el número de arreglos posibles de instalar en serie es de 26 (800 V / 30,5 V), y en paralelo 2,4 (20 A / 8,2 A) por cada string. Ante esto, se propone una solución factible para la instalación correspondiente a: en las primeras 2 entradas, instalar en cada una 2 string en paralelo y en las otras 4 entradas, 1 string (el inversor posee 6 entradas) y cada string de 25 paneles conectados en serie., siendo en total 8 string para este arreglo. Se obtienen los siguientes resultados:

- Voltaje: $25 * 30,5 \text{ V} = 762,5 \text{ V}$
- Intensidad: $2 * 8,2 \text{ A} = 16,4 \text{ A}$ (por cada string)
- Potencia: $762,5 \text{ V} * 8,2 \text{ A} * 8 = 50.020 \text{ W}$

Cumpliendo con los requisitos básicos del sistema.

3.10.3 Costo asociado a la instalación del servicio en escenario 3

Equipo	Cantidad	Precio
Cargador para vehículo eléctrico	1 unidad	\$ 17.121.000
Paneles solares	200 unidades	\$ 25.6400.000
Sistema de soporte	100 unidades	\$ 9.600.000
Inversor de 50 kW	1 unidad	\$ 5.346.490
Cables ²⁸	1000 mt	\$ 600.000
Set Conectores MC4 (hembra y macho)	216 unidades	\$ 540.000
Fusible MC4 Línea DC 20 A FL-20A	6 unidades	\$ 33.600
Porta fusible MC4 línea s/ fusible KCN 40- FH	6 unidades	\$ 44.088
Contactores	3 unidades	\$ 150.000
3x20A trifásico Interruptor automático Legrand	1 unidad	\$ 30.060
Medidor bidireccional	1 unidad	\$ 300.000
Otros		\$ 1.000.000
Servicio de instalación²⁹		\$ 13.050.000
TOTAL		\$ 73.415.238

Tabla 34: Detalle de costos asociados a la instalación del servicio en escenario 3.

Fuente: Creación Propia.

A modo de justificación del valor del costo total de instalación de este proyecto, en el Anexo 9 se presenta el estudio del Ministerio de energía donde menciona que una instalación fotovoltaica de 50 kW de potencia bordea el precio de \$1.200.000 por cada kW instalado, en este caso, el precio debiese ser alrededor de \$60.000.000. Este valor depende directamente de la empresa que se contrate para la instalación además de la selección de los equipos, de igual modo

²⁸ Bajo el supuesto que el inversor no va a quedar a más de 50 metros del arreglo fotovoltaico

²⁹ Considerando el costo de mano de obra, costo por servicio de ingeniería, costos por tramitación de la autorización del sistema solar ante la SEC y ante la empresa distribuidora y costo del servicio de mantenimiento. El precio de todos estos servicios fue justificado con diversas empresas en el mercado chileno actual, quienes por el servicio completo, en promedio, cobran \$261 \$/W Solo incluye la instalación fotovoltaica, para más adelante poder hacer el análisis financiero en el software RETScreen en donde se evalúa sin la compra ni el uso de los cargadores.

el valor de este proyecto es cercano, cuando se le descuenta el precio de los cargadores de vehículos eléctricos se obtiene un costo total de \$56.294.238.

3.10.4 Análisis financiero bajo escenario 3

De por sí, la electricidad exportada a la red de manera anual es de 70.174 kWh, por lo que diariamente entrega 192,257 kWh. Si un auto se conecta al cargador, considerando que en un inicio se mencionó como supuesto un consumo diario de 3 horas, el requerimiento sería de 120 kWh al día (conectados ambos cargadores de 20 kW de potencia cada uno).

Bajo la hipótesis que se utilizan todos los días de la semana, la energía entregada suple completamente el requerimiento de los cargadores. La electricidad excedente se venderá a la red de CONAFE (o será utilizada dentro del mismo centro comercial, en otro artefacto que ellos deseen, pero se analizará para el caso que la venda a CONAFE)

Lo que se venda será la diferencia entre la electricidad exportada por los paneles y el consumo de los cargadores, osea 72,26 kWh. Lo cual, según los precios de la luz que se encuentran en el Anexo 12, equivaldría a una ganancia diaria de \$8.691 pesos, bajo una política de venta de electricidad Net Metering. Si fuese bajo la política actual en Chile, Net Billing, la ganancia sería de alrededor de \$4.346 pesos.³⁰

Electricidad diaria exportada a la red	Consumo de los cargadores diario	Compra real de electricidad bajo escenario descrito ³¹
192,26 kWh	120 kWh	0 kWh

Tabla 35: Análisis energía utilizada en escenario 3.

Fuente: Creación propia.

³⁰ Para mayor información de estos cobros tarifarios, ver Anexo 12.

³¹ Utilizando diariamente por 3 horas ambos cargadores de 20 kW de potencia cada uno.

Precio electricidad requerida por el cargador al día si es que no existe una inyección de energía por FV	Precio electricidad requerida por el cargador al día si es que se instala el arreglo FV	Ganancia real diario por tener un arreglo FV como apoyo al requerimiento energético ³²
\$13.051	\$0	\$8.691

Tabla 36: Análisis de costo asociado a la energía utilizada en escenario 3.

Fuente: Creación propia.

Por tanto, al año bajo este arreglo fotovoltaico y el escenario descrito de consumo del cargador, se tendría una ganancia de \$3.172.215 pesos bajo una política de Net Metering, de ser calculado bajo la legislación actual, la ganancia anual sería al borde de \$1.586.108 pesos.

Bien, para evaluar como sería el impacto de instalar el arreglo fotovoltaico y sus beneficios energéticos de esa zona, se ha utilizado el software de análisis energético RETScreen. Este análisis financiero no incluye el caso en que los cargadores estén en uso y tampoco incluye la compra del cargador, solo evalúa que tan conveniente es instalar un arreglo fotovoltaico, a modo de ver con mayor precisión cuanto se demoraría en recuperar la inversión del proyecto vendiendo la energía al mismo precio de compra que establece Conafe.

Los parámetros financieros implementados son

- Tasas de escalamiento de combustibles: 5,0%
- Tasa de inflación: 2,2%
- Tasa de descuento: 15,0%

La renta anual de exportación de electricidad

- Electricidad anual exportada a la red: 70,174 MWh

³² Bajo una política de Net Metering. De ser la política actual en Chile, de Net Billing, sería \$4.346

- Tarifa de exportación de electricidad: 84.087,53 \$/MWh³³

Considerando un tiempo de vida del proyecto de 10, 15 y 20 años, y no incluyendo la compra del cargador, la renta anual y como tal, la viabilidad financiera se presenta en el siguiente cuadro

Indicador financiero	Unidad	10 años	15 años	20 años
Renta por exportación de electricidad	\$	5.900.722	3.562.109	3.562.109
TIR antes de impuestos - capital	%	-3,8	2,4	5,0
TIR antes - impuestos - activos	%	-3,8	2,4	5,0
TIR luego de impuestos - capital	%	-3,8	2,4	5,0
TIR luego de impuestos - impuestos - activos	%	-3,8	2,4	5,0
Pago simple de retorno del capital	año	12,4	12,4	12,4
Repago - capital	año	>proyecto	12,4	12,4
Valor Presente Neto (VPN)	\$	-37.078.619	-28.454.640	-23.099.828
Ahorros anuales en ciclo de vida	\$/año	-6.034.374	-3.741.039	-2.713.297
Relación Beneficio-Costo		0,49	0,61	0,69
Cost. de produc. de energía.	\$/MWh	170.079,67	137.398,77	122.753,05
Costo de reducción de GEI	\$/tCO2	209.908	130.133	94.383

Tabla 37: Análisis financiero arreglo FV escenario 3.

Fuente: Creación propia, datos obtenidos del programa RETScreen.

³³ Los precios que utiliza el software para llegar a este valor se encuentran en el Anexo 12

A los 50 años de vida del proyecto el TIR es de 7,9%, una relación beneficio-costos de 0,80, el pago simple de retorno del capital de 12,4 años, el VPN es de -\$14.831.437, los ahorros mensuales son de -1.495.887 \$/año, el costo de producción de energía es de 105.404,49 \$/MWh y el costo de reducción de GEI es de 52.035 \$/tCO₂.

Al igual que en el escenario 2, no se alcanza a llegar a una relación beneficio-costos mayor a 1, ni a un alto TIR por lo que se pierde el atractivo del proyecto.

Respecto a la relación beneficio-costos a los 47 años alcanza 0,8 y no vuelve a aumentar (por lo menos considerando hasta los 50 años).

Nuevamente, el proyecto bajo una instalación de 50 kW no presenta un real atractivo, más aun considerando que para esta evaluación, el precio al cual se está vendiendo la energía es al mismo precio de compra de la misma, de igual modo como se mencionó en el escenario 2. No obstante, no se debe olvidar que estos escenarios son una simulación de un sistema propuesto para aumentar la rentabilidad de este proyecto (implementación de un sistema Net Metering para la venta de energía). La compra e instalación del cargador eléctrico es otro gasto que no está incluido en el cálculo del TIR. Por último destacar que el software solo piensa en generar y vender toda la energía a ese precio para analizar la inversión, no considera el hecho de que el cargador utilizará gran parte de la energía producida por el FV y en caso de haber excedente, éste será vendido a la compañía eléctrica Conafe o bien, utilizada por el mismo centro comercial.

Gráfico de flujo de caja acumulado en 20 años se muestran a continuación,

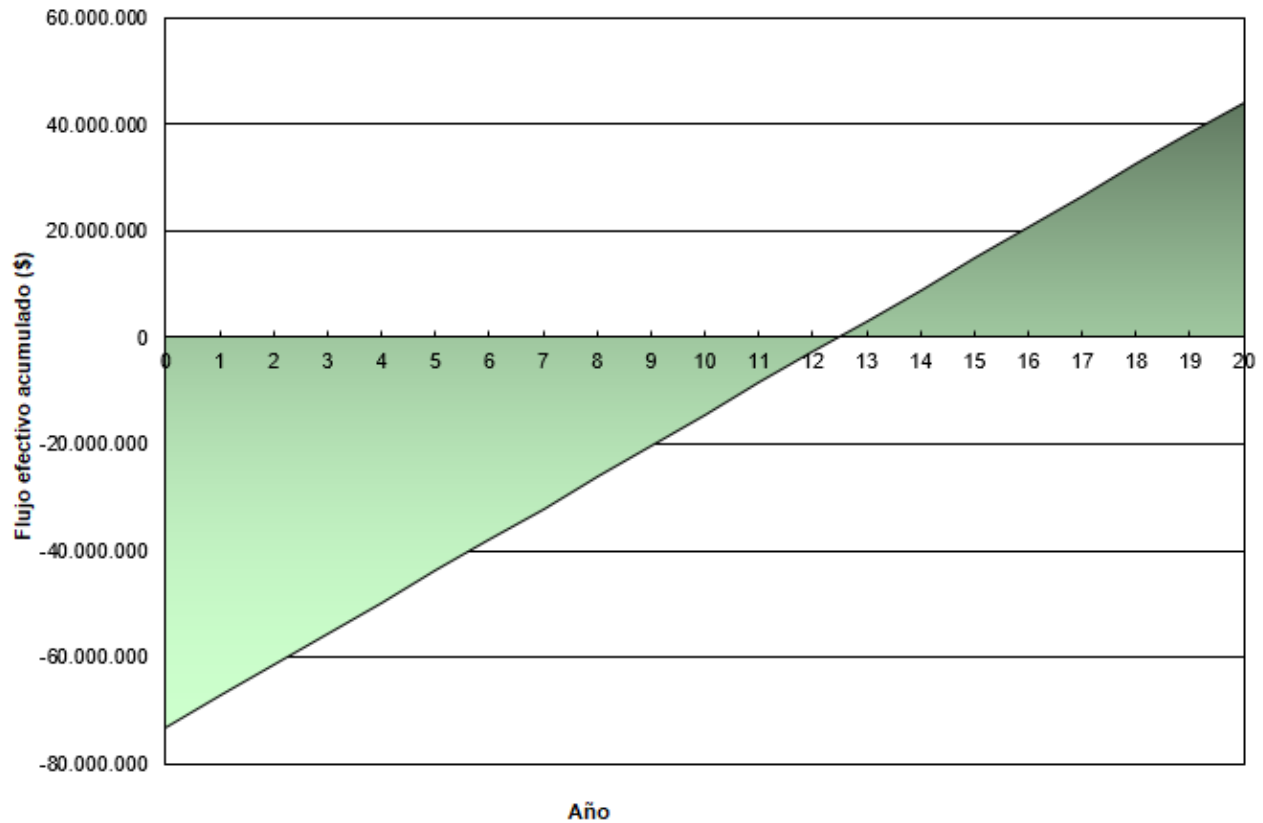


Imagen 19: Flujo de caja acumulado en 20 años en escenario 3.

Fuente: Imagen obtenida del software RETScreen.

La renta por reducción de GEI en 10, 15 y 20 años se presenta a continuación

Renta por reducción de GEI		10 años	15 años	20 años
Reducción neta GEI	tCO ₂ /año	29	29	29
Reducción neta GEI - x años	tCO ₂	287	431	575

Tabla 38: Renta por reducción de GEI en escenario 3.

Fuente: Información obtenida con el software RETScreen.

4 CAPITULO IV: RESULTADOS

4.1 RESULTADOS DE LA INSTALACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto se evalúa en el centro comercial Espacio Urbano de dirección Av. Benidorm 961, Viña del Mar, Región de Valparaíso.

Se propone la instalación de dos cargadores de vehículos eléctricos de 20 kW de potencia cada uno. El tipo de energía que estos recibirán, las unidades de paneles que se utilizarán para entregar el requerimiento de potencia, el espacio neto que estos usarán y el costo del proyecto, se mencionan en la siguiente tabla bajo tres escenarios:

Escenario	Tipo de energía	Unidades necesarias de paneles	Espacio utilizado solo por paneles	Costo total del proyecto
1	Convencional y renovable	60 unidades	87,36 m ²	\$37.234.098
2	Convencional y renovable	120 unidades	174,71 m ²	\$51.599.636
3	Renovable	200 unidades	291,2 m ²	\$73.415.238

Tabla 39: Resumen de los resultados por escenario.

Fuente: Creación Propia.

Los paneles se definen con un grado fijo de inclinación de 29° (cálculo en Anexo 7) y deberán ir separados con una distancia entre ellos de 0,53 m (cálculo en Anexo 8).

La selección de los equipos más relevantes de este proyecto son:

- **Cargador:** El modelo evaluado para instalar es el Terra 23 CJG de la empresa ABB (el detalle de especificaciones se encuentra en el Anexo 4).

- **Panel Solar:** El panel solar elegido para la evaluación es de la empresa Eolicasolar. El modelo es el panel solar Sun-L 250 Wp. El criterio de selección de este se puede ver en el Anexo 5.
- **Inversores:** Para el inversor con capacidad de potencia de 15 kW el modelo es el Inversor Sunny Trifásico 15000 W On Grid, para el inversor con capacidad de potencia de 30 kW el modelo es el Inversor Sunny Tripower 30000TL-US y para el inversor con capacidad de potencia de 50 kW el modelo es el Inversor Sunny Tripower Core1

En el escenario 1, se propone un arreglo fotovoltaico con una capacidad instalada de 15 kW, que anualmente entrega 21,44 MWh según el programa “Explorador Solar” de la Universidad de Chile, o 21,021 MWh según el software RETScreen. El factor de planta bajo las características del panel y del inversor elegido es de 16%. El arreglo puede ser instalado de distintas formas, una configuración factible para conseguir la potencia requerida y a la vez respetar las capacidades del inversor, corresponderá a 3 string en paralelo en la entrada A del inversor cotizado, y cada string de 20 paneles conectados en serie.

Además, la electricidad diaria exportada por el arreglo fotovoltaico a la red es de 57,59 kWh, los cargadores requerirán de 120 kWh al día³⁴ por lo que se debería comprar 62,41 kWh diarios, lo cual tiene un precio de \$7.792 pesos. El ahorro anual que se conseguiría de esta instalación como apoyo al requerimiento energético de los cargadores eléctricos es de \$1.919.535 pesos.

En el escenario 2, se propone un arreglo fotovoltaico con una capacidad instalada de 30 kW, que anualmente entrega 43,15 MWh según el programa “Explorador Solar” de la Universidad

³⁴ Bajo un escenario hipotético que ambos cargadores se utilizan 3 horas diarias, los 7 días de la semana.

de Chile, o 42,362 MWh según el software RETScreen. El factor de planta es de 16%. Un arreglo factible para conseguir las necesidades del sistema en términos de potencia y capacidades del inversor corresponde a 3 string en paralelo en cada entrada del inversor cotizado (posee 2 entradas) y cada string de 20 paneles conectados en serie.

Además, la electricidad exportada por el arreglo fotovoltaico a la red es de 116,06 kWh diariamente, los cargadores requerirán de 120 kWh al día³⁵ por lo que se comprarían 3,94 kWh diarios, que tienen un precio de \$2.453 pesos. El ahorro anual que se conseguiría de esta instalación como apoyo al requerimiento energético de los cargadores eléctricos es de \$3.867.905 pesos

En el escenario 3 hay una sobredimensión de la potencia entregada por el arreglo fotovoltaico para cubrir con la necesidad de los cargadores, se propone un arreglo con una capacidad instalada de 50 kW que entrega anualmente 70,174 MWh según el software RETScreen. El factor de planta es de 16%. Un sistema de instalación factible para conseguir las necesidades del sistema en términos de potencia y capacidades del inversor es instalando en las primeras 2 entradas, en cada una, 2 string en paralelo y en las otras 4 entradas, 1 string (el inversor posee 6 entradas) y cada string de 25 paneles conectados en serie., siendo en total 8 string para este arreglo.

Además, la electricidad exportada por el arreglo fotovoltaico a la red es de 192,257 kWh diariamente y dado que los cargadores requerirán de 120 kWh al día, se tendría un excedente que podría ser utilizado por el mismo centro comercial o vendido a la red. Bajo este último escenario, el precio de venta dependería bajo que escenario se evaluara. Pues bien, en este proyecto una de las propuestas políticas es hacer un cambio de ley para que se pase de un sistema Net Billing a uno Net Metering. Si fuese así el ahorro anual que se tendría por vender el excedente de energía del

³⁵ Bajo un escenario hipotético que ambos cargadores se utilizan 3 horas diarias, los 7 días de la semana.

arreglo sería de \$3.172.215 pesos, y bajo la legislación actual solo se ahorrarían \$1.586.108 pesos al año.

No obstante, se tiene considerado que el costo implicado del proyecto destruye el atractivo para la empresa dueña del centro comercial, por lo que la propuesta va de la mano con políticas de Estado e iniciativas privadas.

4.2 RESULTADOS DE PROPUESTAS SOCIALES Y POLÍTICAS A IMPLEMENTAR PARA FOMENTAR LA RENTABILIDAD DEL PROYECTO

A modo de propuesta personal a nivel político y social, se debe destacar que considerando que los encargados de regular o desregular el sistema, prohibir o aceptar ciertas prácticas o incluso, llegar a actuar como una posible amenaza, son el gobierno y las autoridades fiscalizadoras.

Considerando que los principales incentivos de política para trasladar a los clientes hacia los vehículos eléctricos son tres: las subvenciones directas, incentivos fiscales y de combustible y ahorro de costos de mantenimiento y tomando en cuenta la experiencia en el extranjero que mostró que mientras más electrolineras se instalen, se incentiva el uso de vehículos eléctricos en la sociedad.

Se propone:

- Fomento a los espacios de uso público para instalar cargadores de VE, por ejemplo, reduciendo impuestos a los recintos que posean puntos de recarga para el auto eléctrico y/o publicidad directa para el local (ya sea un centro comercial, gasolinera, hotel, etc) que tengan instalado los cargadores.
- Subvención directa a las instituciones que deseen invertir en cargadores eléctricos en zonas de uso público.

- Parquímetros gratuitos para vehículos eléctricos en las ciudades.
- Estacionamientos preferenciales. Se deben coordinar diversos actores públicos (como mínimo el Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones) y privados para promover la existencia de estacionamientos preferenciales idealmente con estaciones de carga. Pensados por ejemplo en los aeropuertos y centros comerciales masivos
- Considerando que ya existe un cargador en Viña del Mar y en Santiago hay varios, un incentivo sería que el peaje fuese gratuito para el viaje de ida y vuelta entre la región metropolitana y V región. Esto en el futuro se podría expandir por todo Chile
- Pago de matrícula reducido por vehículo eléctrico
- Exención del impuesto de aduana “ad valorem” de los vehículos híbridos, eléctricos, PHEV y eventualmente de celdas de combustible por un período de al menos 10 años (también se podría evaluar una exención del IVA).
- Ampliar el incentivo de la ley 20.259 para vehículos eléctricos, y prorrogarlo al menos por 5 años más.

Respecto a las campañas directas a la sociedad:

- Educación cívica en los niveles de educación preescolar, básica y media, para formar personas conscientes e informadas y promover una cultura energética y de nuevas tecnologías menos invasivas en el medio ambiente. Además de una educación superior que permita desarrollar competencias técnicas y profesionales, que faciliten la captura de valor y potenciales externalidades positivas para los territorios donde tiene lugar el desarrollo energético, promoviendo simultáneamente la innovación en Chile.
- Campañas hacia la ciudadanía con la finalidad de hacer un cambio de la barrera psicológica existente hoy en día respecto a lo que realmente utilizan a diario al transportarse y la

autonomía del vehículo, a modo de capturar a la mayor cantidad de potenciales usuarios y así, contribuir a la expansión de mercado

Respecto a la tarifa de la luz bajo la venta de energía por sistemas renovables, con el sistema Net Billing que existe en Chile incorporado en la Ley n° 20.571, se debe mencionar que busca como fin promover la posibilidad de autoabastecerse de electricidad en las residencias y a la vez permitir vender los excedentes a las compañías eléctricas, pero es una medida que carece de un real impacto que promueva el uso de energía renovables y el autoconsumo en los hogares/recintos públicos (ver Anexo 12 para mayor detalle). Termina siendo un precario incentivo económico para la implementación de sistemas residenciales/privados, pues el precio de compra al ser un poco más de la mitad del precio de la electricidad que se cobra habitualmente, genera una recuperación de la inversión en un plazo excesivamente largo. Además el cliente debe velar por realizar los trámites respectivos para evaluar la posibilidad de conexión al sistema de distribución, y generar un contrato con la empresa respectiva, procesos que pueden volverse engorrosos y terminar por entorpecer el objetivo de la ley. Por último, se hace indispensable generar mayores incentivos por parte de las autoridades, quienes deberían subsidiar el acceso de las personas a los equipos de energías renovables y facilitar el proceso de tramitación de la medida, ya que como se ha demostrado en otros países, puede convertirse en una práctica que libera presión a los sistemas eléctricos mediante el autoconsumo, y que puede llegar incluso a convertirse en un actor importante de la matriz energética del país.

Por tanto el Ministerio de Energía debe trabajar en conjunto con las empresas generadoras y distribuidoras de electricidad. Será vital para la rentabilidad de proyectos de este tipo, donde se implementan fuentes de energía renovable que pueden ser utilizadas como apoyo al requerimiento energético de cargadores de vehículos eléctricos.

Idealmente sería cambiar el sistema de Net billing a Net metering, así las entidades, ya sean empresas privadas u organizaciones no gubernamentales, se incentivarían a implementar sistemas de energías renovables para sus clientes.

Respecto al análisis de políticas de Estado, para masificar el uso de vehículos eléctricos, se debe destacar que la propuesta de electromovilidad realizada por el ministerio de energía ha propuesto 5 líneas de acción claves para acelerar la introducción de tecnologías más eficientes en el parque vehicular:

1) Necesidades de información en el mercado

Deben existir actores del mercado activos y proactivos para realizar las inversiones necesarias para poder incorporar a la flota vehicular del país vehículos más eficientes en el uso de la energía. Para que esto ocurra es necesario tener a disposición información sistematizada y actualizada para los diversos actores que intervienen en la toma de decisión para incluir tecnología más eficiente en el transporte. Se sugiere

- **Página web actualizada a tiempo real con los avances tecnológicos:** La misión de esta plataforma es tener información de todas las novedades de alternativas tecnológicas disponibles en el mercado nacional y en los mercados internacionales. Deberá contener información básica como por ejemplo: costo de los vehículos disponibles en el mercado nacional e internacional, consumo de energía, emisiones de contaminantes, prestaciones, en cuanto a cantidad de carga o pasajeros que puedan transportar, infraestructura de carga de energía requerida, costos de infraestructura, personal de operación y mantención de vehículos e infraestructura requeridos y costos de capacitación de ese personal.

- **Poner a disposición pública un estudio de impactos globales por la masificación de tecnologías vehiculares:** a modo de identificar por ejemplo, cómo afecta a la economía de Chile el uso de Litio y Cobre para vehículos eléctricos, cuantificar los efectos a largo plazo de la masificación de tecnologías más eficientes para los vehículos y los beneficios ambientales de los usos de diversas tecnologías respecto a contaminantes locales, emisiones de GEI y ruido y reconocer el potencial de desarrollo del país y la (re) utilización de alternativas tecnológicas para las baterías eléctricas
- **Recopilación de información respecto de las redes de carga e infraestructura:** tener a disposición un seguimiento de la tecnología de soporte respecto de la gran variedad de estaciones de recarga ya sea para carga lenta, media o rápida. Junto con generar una aplicación para los usuarios donde puedan localizar puntos de carga.
- **Participación del país con grupos extranjeros** participación en grupos internacionales de estandarización, desarrollo tecnológico y difusión de tecnologías eficientes a modo de generar retroalimentación para Chile.

2) Regulación y estandarización

Se está trabajando en un proyecto de ley de eficiencia energética, donde el Ministerio de Energía y Transporte y Telecomunicaciones tendrá la facultad de establecer estándares de eficiencia energética vehicular.

Respecto a las normas, se evaluarán e instaurarán por lo menos las relacionadas con la estandarización de redes de carga para vehículos eléctricos, procedimientos de prueba para la medición del consumo energético y seguridad de las instalaciones de los vehículos. Además se espera abordar normativas para facilitar la instalación de puntos de carga en viviendas nuevas, en

centros comerciales y estacionamientos públicos. Esto se logrará entre el Ministerio de Energía con el sector privado, adaptando normas internacionales a la realidad nacional.

Y por último, la implementación de un sistema de identificación de vehículos eléctricos que sean plenamente identificables por fiscalizadores y equipos de emergencia, ya que estos vehículos están eximidos de restricción vehicular y además por un tema de seguridad, pues en caso de accidentes, es necesario para el personal de emergencia, bomberos y/o rescatistas a modo de saber cómo actuar.

3) Formación de capital humano

La formación de capacidades para nuevas tecnologías vehiculares e infraestructura asociada será un trabajo en conjunto entre el Ministerio de Energía y los centros de formación técnicas. La implementación de vehículos eléctricos en el país tiene como prerequisite para su buen funcionamiento tener profesores preparados e infraestructura adecuada para entregar formación a los conductores, mecánicos y técnicos de infraestructura eléctrica.

Además, se planea capacitar a las instituciones de emergencia y asistencia técnica para que el personal de rescate, como bomberos, esté preparado para enfrentar las emergencias relacionadas con vehículos e infraestructura asociada a vehículos eléctricos.

4) Difusión de tecnologías vehiculares eficientes

A modo de difusión, el Ministerio de energía pretende crear una mesa de trabajo público-privada que permita la articulación de actores que puedan ser promotores de tecnología eficientes como la movilidad eléctrica, y trabajar de manera coordinada en los ámbitos de desarrollo de información al mercado, regulación y estandarización, formación de capital humano y difusión de tecnologías vehiculares eficientes. Además, se incluirá el fomento de la electromovilidad en las

campañas de eficiencia energética que desarrollan el Ministerio de Energía y la Agencia Chilena de Eficiencia Energética (ACHEE) junto con apoyar decididamente la iniciativa de la fórmula E en Chile, puesto es una vitrina que permitirá difundir en Chile las ventajas de la electromovilidad, y también despejar dudas e inquietudes respecto a la confiabilidad, prestaciones, autonomía y seguridad de los vehículos eléctricos. Las alternativas son variadas y de diverso impacto, aún el Ministerio no concreta como lo desarrollará, pero ciertamente plataformas con mayor visibilidad permitirán mostrar de manera más efectiva las bondades de esta tecnología.

5) Incentivos transitorios para el despliegue de la electromovilidad

La mantención de la política de incentivos del Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones destinada a la renovación de taxis colectivos a lo largo del país debe ajustarse para profundizar dicha política. Además de seguir incorporando los buses eléctricos para el sistema de transporte público.

5 CAPITULO V: CONCLUSIONES

La propuesta inicial parte de evaluar la instalación de una estación de carga para vehículos eléctricos que posea 2 cargadores, considerando la implementación de una fuente de inyección de energía fotovoltaica.

Para darle factibilidad al proyecto se proponen diversas políticas, mayoritariamente con intervención del Estado. Estas son principalmente en base al análisis de los principales 5 países con mayor uso del VE: China, EEUU, Noruega, Reino Unido y Francia. Dentro de los incentivos implementados en cada uno de estos países, se repiten ciertos factores como por ejemplo, el hecho que tuvo para la sociedad tener una gran cantidad de electrolinerías disponibles en las ciudades, lo cual generó seguridad en ellos e incentivó la compra y uso de vehículos eléctricos.

De aquí nace la idea de generar otro centro de recarga de VE en Viña del Mar, dado que la Región de Valparaíso es la segunda del país con mayor cantidad de autos eléctricos (seguida de Santiago). Además que en Chile, en septiembre de 2017 se contabilizaron 16 electrolinerías, 15 de ellas en Santiago y una en Viña del Mar. A modo de facilitar más el tránsito en este tramo, se crea el incentivo de instalar esta tecnología.

Para abordar el problema se presentan 3 escenarios. En todos ellos se seleccionó el mismo tipo de cargador de vehículo³⁶, el mismo panel solar³⁷ y un inversor para cada uno de los escenarios³⁸, además de otros instrumentos técnicos que se requieren para la instalación (sistemas

³⁶ Modelo Terra 23 CJG de la empresa ABB que tiene un costo estimado de \$17.121.000

³⁷ Modelo Sun-L 250 W de la empresa Eolicasolar, que por unidad cuestan \$128.000

³⁸ Para el inversor con capacidad de potencia de 15 kW el modelo es el Inversor Sunny Trifásico 15000 W On Grid, para el inversor con capacidad de potencia de 30 kW el modelo es el Inversor Sunny Tripower 30000TL-US y para el inversor con capacidad de potencia de 50 kW el modelo es el Inversor Sunny Tripower Core1

de soporte para los paneles, cables, conectores, fusibles y portafusibles, contactores, interruptores y un medidor bidireccional) además de considerar el servicio de instalación del arreglo fotovoltaico.

El costo de los materiales para cada arreglo considerando el servicio de instalación y la compra de los cargadores está en el borde de \$37.232.000, \$51.600.000 y \$73.415.000. Estos valores son referenciales para poder estimar el valor que costarían subvenciones efectivas para incentivar la puesta en marcha de proyectos de este tipo.

Para el análisis financiero se ha hecho el supuesto de que se utilizaran los dos cargadores por 3 horas diarias, los 7 días de la semana, produciendo un gasto energético diario de 120 kWh que trae un costo anual aproximadamente de \$4.760.000.

En el escenario 1, la electricidad diaria exportada por el arreglo fotovoltaico es de 57,59 kWh, por lo que para suplir la demanda de los cargadores bajo el escenario descrito, se ha de comprar 62,41 kWh. El hecho de tener el arreglo FV con las características de potencia, produce que al año se ahorren \$1.919.535 pesos. Además, para medir la rentabilidad del arreglo fotovoltaico en esta zona se hizo uso del software RETScreen, en donde no se considera la compra de los cargadores para vehículos eléctricos y por tanto, tampoco considera el consumo de estos, solo evalúa el escenario en que todo lo producido por el FV es inyectado a la red. El proyecto es evaluado para 10, 15 y 20 años y bien, el TIR luego de impuestos fue positivo a los 15 años, con un valor de 2,5%, no obstante la relación beneficio-costos fue de 0,47 lo cual al ser menor a 1 es bastante desalentador. El pago simple de retorno del capital es de 12,3 años.

Respecto al escenario 2, la electricidad exportada a la red de forma diaria es de 116,06 kWh, quedando un requerimiento de 3,94 kWh al día. El ahorro anual por instalar el sistema FV en esta zona para abastecer de energía el requerimiento energético de la estación de carga está al borde de

\$3.868.000 pesos. Con el software RETScreen se obtuvo que el indicador TIR luego de impuestos es de 0,4% a los 15 años y recién a los 50 años del proyecto se espera un TIR de 6,6% que sigue siendo bastante bajo. La relación beneficio-costo, considerando un tiempo de vida del proyecto de 40 años, es de 0,68 y no vuelve a aumentar (por lo menos hasta los 50 años que es el máximo periodo que permite evaluar el software). Al ser un valor menor a 1 genera que sea poco atractivo la inversión. El pago simple de retorno del capital es de 14,5 años.

Y por último, en el escenario 3 se presenta un caso distinto pues la electricidad exportada a la red diariamente es mayor al requerimiento de los cargadores por lo que aquí se puede suplir la demanda y además vender la electricidad sobrante (o utilizarla en la misma empresa, pero se evalúa el caso que se venda para obtener un parámetro de ganancia). Diariamente el FV produce 192,26 kWh quedando un excedente de 72,26 kWh lo cual al año equivale a una ganancia de \$3.172.215 si es que se vende bajo una política Net Metering o de \$1.586.108 pesos si es que es vendida bajo la actual política que rige en Chile, Net Billing. En el análisis financiero evaluado con el software RETScreen, bajo las mismas condiciones aplicadas en el escenario 1 y 2, a los 15 años se obtiene un valor de TIR de 2,4%, una relación beneficio-costo de 0,61 y un pago simple de retorno del capital de 12,4 años. A los 47 años de vida del proyecto se obtiene una relación beneficio-costo de 0,8 y no vuelve a aumentar (por lo menos hasta los 50 años, valor máximo que permite evaluar el software).

Finalmente se ve que ninguno de los 3 escenarios presenta una relación beneficio-costo mayor a 1, ni siquiera evaluando el proyecto con una duración de 50 años. Junto con que el indicador TIR tampoco supera el 10% en ningún caso.

Por tanto el proyecto será factible a medida que las autoridades comiencen a aplicar políticas que incentiven este tipo de inversiones. Por ejemplo subvencionar a los particulares que

deseen hacer instalaciones de energías renovables, ya sea de pequeña o gran magnitud, junto con cambiar el sistema de venta de energía de Net Billing a Net Metering para incentivar a las empresas y a la comunidad en general a que comiencen a planear e instalar proyectos energéticos para la autosustentabilidad, contribuyendo a la reducción de GEI y el gasto de consumo de energía.

Por otra parte, dentro de las propuestas en apoyo a la electromovilidad en el país, se propone crear políticas de reducción de impuestos a los recintos con puntos de recarga para vehículos eléctricos y subvencionar la inversión en publicidad de estos mismos. Junto con una subvención directa a la primera inversión de los cargadores eléctricos que estén en zonas públicas y reducir el pago de matrícula a los VE (el monto de esta subvención dependerá del tipo de cargador, pero de ser de carga media debiera ser menor o igual de 17 millones que es el valor promedio de estos).

En las ciudades se propone que existan parquímetros gratuitos para los VE, estacionamientos preferenciales en donde el Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones estaría directamente involucrado y peajes gratuitos entre zonas donde ya haya puntos, por ejemplo en el tramo Santiago-Valparaíso.

Otras medidas más a largo plazo han de ser implementar en la educación básica y/o media secciones donde se desarrolle profundamente temas sobre la cultura energética y tecnologías menos invasivas con el medio ambiente. De esta forma incentivar a los menores el interés por esta área. Además, en el corto plazo se va a requerir una gran cantidad de personal capacitado en tecnologías relacionadas con la electromovilidad, con las competencias técnicas y profesionales y así estar preparados para los requerimientos de mantención y reparación que se demanden en un futuro no muy lejano en el país.

6 ANEXO 1: MODOS DE RECARGA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO

El modo de carga está relacionado con los protocolos de comunicación entre el punto de recarga y el vehículo. Este depende del nivel de comunicación entre infraestructura de recarga y vehículo eléctrico. Los modos con numeración más alta corresponden, en términos generales, a infraestructuras con un nivel de protocolos de comunicación más elevados. El protocolo de comunicación impacta en el nivel de control del proceso de carga entre infraestructura de recarga y vehículo eléctrico. Los modos de carga disponibles van del nivel 1 al nivel 4 (Endesa, 2017a).

Modo 1: Corriente alterna

La carga es en base a la toma de corriente monofásica de uso no exclusivo (por el lado de la pared tenemos un enchufe convencional, pero no exclusiva para vehículos eléctricos). La conexión del vehículo eléctrico a la red de corriente alterna tiene una intensidad máxima permitida de hasta 16 A y una tensión inferior a 250 V. Este tipo de instalación permite una potencia máxima de 3,7 kW.

Existe una variante con corriente trifásica de 400 V y 11 kW de potencia máxima. En el lado del vehículo nos encontramos con un conector específico, que depende del modelo elegido por el fabricante. El modo 1 es considerado un modo de recarga ideal para pequeños vehículos eléctricos, como bicicletas, ciclomotores o cuadriciclos, en garajes privados, pero no es aconsejable para coches eléctricos debido al sobrecalentamiento de la instalación en usos tan continuados (hasta 8 horas) y a su falta de protección. En EEUU está prohibido su uso por razones de seguridad, ya que muchas instalaciones no poseen toma de tierra (Electromovilidad, 2017).

Modo 2: Corriente alterna

La carga es en base de toma de corriente de uso no exclusivo, pero en este caso el cable lleva incluido el sistema de protección. La conexión se realiza mediante un cable especial que cuenta con un piloto de control entre el vehículo y la clavija, además de un sistema de protección diferencial. Esto permite verificar si está correctamente conectado a la red, elegir la velocidad de carga y activar/desactivar la recarga. La intensidad máxima teórica permitida es de 32 A, siendo 16 A lo habitual. La tensión y potencia máxima son similares al Modo 1. Este modo también tiene una variante en trifásica con 400 V y alrededor de 22 kW.

En la actualidad es el modo más habitual en la recarga vinculada, ya que la mayoría de los fabricantes incluyen de serie el cable con la unidad de carga al comprar el vehículo. Por razones de seguridad, no se suele sobrepasar los 10-13 V (muchos países no permiten mayores intensidades de corriente para periodos de tiempo tan elevados). (Electromovilidad, 2017).

Modo 3: Corriente alterna

Toma de corriente especial de uso exclusivo para la recarga del vehículo eléctrico. Se trata de un terminal de recarga, también llamado SAVE (Sistema de Alimentación del Vehículo Eléctrico) o “Wall Box”, donde las funciones de control y protección está del lado de la instalación fija de forma permanente. Ambos extremos del cable cuentan con conectores específicos. Puede alcanzar una potencia máxima de 7,4 kW en tensión monofásica y hasta 22 kW en trifásica, con una corriente máxima de 32 A por fase, al igual que en modo 2.

La diferencia fundamental entre modo 3 y modo 2 está en la comunicación: el modo 3 de recarga se realiza mediante un cargador específicamente diseñado para la recarga de vehículos eléctricos, el cual debe incorporar las protecciones en la propia infraestructura de carga y un conector específico (Tipo 1, Tipo 2 o Tipo 3) que permite una serie de funciones adicionales

como la comprobación permanente de la toma a tierra, verificación de conexión correcta, activación y desactivación de carga, así como la posibilidad de seleccionar una potencia de recarga en función de las preferencias del usuario o las necesidades específicas del vehículo.

Modo 4: Corriente continua

En este modo el vehículo eléctrico se conecta a la red de Baja Tensión a través de una estación de recarga, también llamada “electrolinera”, que mediante un cargador externo realiza la conversión de corriente alterna a continua. Debido a esto, a que la conversión se realiza fuera del vehículo, se ahorran problemas como el calentamiento o la pérdida de energía. Las funciones de control y protección, así como el cable de recarga, están instalados en la parte de la infraestructura de forma permanente. Al igual que el Modo 3, el cable tiene en sus extremos conectores específicos, estando en la mayoría de los casos el conector del lado de la infraestructura integrado en la estación.

Pensado para la recarga rápida, llegando a soportar actualmente potencias de recarga que oscilan entre los 22 kW y los 50 kW. Al igual que el modo 3 de recarga, el modo 4 también incluye las protecciones necesarias en la infraestructura. También incluye las funciones adicionales de comunicación del modo 3: la comprobación permanente de la toma a tierra, verificación de conexión correcta, activación y desactivación de carga, así como la posibilidad de seleccionar una potencia de recarga en función de las preferencias del usuario o las necesidades específicas del vehículo.

Este modo de recarga se realiza en estaciones de recarga rápida en corriente continua con conectores Chademo o CCS.

7 ANEXO 2: TIPO DE CONECTORES DE ENTRADA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO

El tipo de conector está relacionado con la configuración del conector, e influyen en la compatibilidad de punto de recarga con el vehículo eléctrico. No existe una estandarización en los conectores. Hay distintos modelos y marcas, con distintas configuraciones y características técnicas.

Los diferentes tipos de conectores son:

- **Enchufe Schuko:** Es el conector más común utilizado por todos los aparatos eléctricos habituales en los domicilios europeos, también es común para algunas motocicletas y bicicletas, incluso en algún autos eléctricos como el Twizy, pero no es recomendable para la recarga de otros coches eléctricos, porque la intensidad máxima para la que están preparados en la mayoría de casos es 10 A, con intensidad máxima de corriente de 16A. Es usado por los Modos 1 y 2, en el lado de la pared. Debido a esto, este conector está más extendido en motos y bicicletas eléctricas.
- **Conector Tipo 1 (SAE J1772):** Este conector es el standard japonés para la recarga en corriente alterna (también adoptado por los americanos, y aceptado en la UE). La parte de conexión eléctrica es la típica de una toma de corriente monofásica: fase, neutro y tierra. Está diseñado para tensiones de hasta 250 V. La máxima intensidad a la que puede operar es de 32 A en monofásico, lo que permite una potencia máxima de 7,4 kW

Es el conector más usado en los vehículos eléctricos debido a que es el estándar del mercado americano desde 2010, apto para los modelos Opel Ampera, Nissan Leaf, Testa Roadster, Nissan ENV200, Mitsubishi Outlander, Mitsubishi iMiev, Peugeot iON, Citroën C-Zero,

Renault Kangoo ZE (tipo 1), Renault Fluence Z.E, Ford Focus electric, Toyota Prius Plug in, Smart ForTwo electric drive, BMW ActivE, Honda Fit EV, KIA SOUL EV, entre otros.

- **Conector Tipo 2 (IEC 62196-2 o Mennekes):** Es un conector alemán, aunque no es específico para vehículos eléctricos es muy habitual su uso en ellos. Es homologado como standard Europeo. El conector tipo 2 permite desde cargas monofásicas a 16 A hasta trifásicas a 63 A, lo que se traduce en potencias desde 3,7 kW hasta 44 kW respectivamente y voltajes de 100 V a 500 V. Este conector de corriente alterna, modo 2 y especialmente modo 3 es el que viene en modelos como el BMW i3, i8, BYD E6, Renault Zoe, Tesla Model S, Volvo V60 plug-in hybrid, VW Golf plug-in hybrid, VW E-up, Audi A3 E-tron, Mercedes S500 plug-in, Porsche Panamera, o el Renault Kangoo ZE
- **Conector Tipo 3:** Este tipo de conector fue creado en 2010 por la asociación EV Plug Alliance de la que forman parte empresas como Scame, Schneider Electric y Legrand, pero ha perdido la batalla con respecto al modelo anterior, y está en desuso. La potencia máxima que se puede adquirir es de 22 kW.

Dentro de este modelo de conector podemos distinguir dos variantes:

- 3A preparado para soportar cargas monofásicas a 16 A (fase, neutro, tierra y pin de control)
 - 3C permite cargas monofásicas o trifásicas a 32 A (3 fases, neutro, tierra y pines de control y presencia)
- **Conector CCS (Combo2, IEC-62196-3):** es una propuesta creada por alemanes y norteamericanos, adaptado en Europa para carga en corriente continua. Se trata de un conector combinado compuesto que permite que por el lado del auto tengamos sitio para un Tipo 1 o Tipo 2. Ofrece la posibilidad de cargar el vehículo en los modos 2, 3 y 4 a través de una sola

toma. La potencia máxima a la que puede operar en AC es de 43 kW y de hasta 100 kW (actualmente solo 50kW) en DC. Además, permite hasta 200 A. Fabricantes como Audi, BMW, Daimler, Porsche y Volkswagen incorporan ya este tipo de conector.

- **Conector Chademo:** es el estándar de los fabricantes japoneses. Está pensado para recarga rápida en corriente continua, es decir, en modo 4, que puede llegar a proporcionar hasta 50 kW de potencia con una intensidad que puede llegar hasta los 125 A. Es capaz de suministrar corriente continua de hasta 200 A y 500 V. Es el equipado para coches como el Nissan Leaf, Nissan ENV200, Mercedes Clase B EV, Mitsubishi Outlander, Mitsubishi iMiev, Peugeot iON, Citroën C-Zero, Fiat 500e, Subaru Plug-in Stella y Micro-vett Fiorino o el KIA SOUL EV.

8 ANEXO 3: IMPACTO DEL TIPO DE RECARGA EN LA VIDA ÚTIL DEL MOTOR ELÉCTRICO

Es común leer advertencias sobre si se ve afectada la vida útil de la batería al momento de aplicar cargas rápidas. En el Laboratorio Nacional de Idaho en Estados Unidos, fue hecho un estudio comprobando que la carga rápida para el vehículo eléctrico no genera gran impacto. Todas las pruebas fueron realizadas en Phoenix, Arizona, uno de los estados en los que más calor hace en verano, condición que afecta el rendimiento y vida útil de la batería, por lo que se ha ajustado el climatizador de los vehículos en 22 grados centígrados.

La muestra fue analizando cuatro Nissan leaf año 2012. La metodología fue recargando dos de ellos con cargas lentas y los otros dos con cargas rápidas. A los vehículos se les sometió a pruebas de medida de la capacidad de su batería a los 10.000, 20.000, 30.000 y 40.000 millas (16.000, 32.000, 48.000 y 64.000 km respectivamente).

Los cuatro coches fueron conducidos por cuatro conductores que se fueron alternando en la conducción de los vehículos durante toda la prueba. Además se esperaba una descarga del vehículo hasta que el indicador marcaba menos de 5 km de autonomía, antes de volver a ser cargados de nuevo.

Con respecto a los tipos de recarga, la carga lenta se efectuó con una tensión de 220V y 3,3kW lo cual llevaba un tiempo aproximado de unas cinco horas. La carga rápida se efectuaba con un cargador que suministraba una tensión en continua de 440V y 50kW, suficiente para en 30 minutos llevar la batería hasta el 80% de su capacidad.

Los resultados que se obtuvieron demostraron que la degradación de la capacidad de la batería era similar en los cuatro coches a las 10.000 millas, 16.093 km, en torno a un 6%. A las

30.000 millas, 48.280 km, la degradación de las baterías de los coches cargados de forma lenta era del 14% mientras que las de los otros dos coches, cargados de forma rápida era un 3% más alta, del 17%.

Al final de la prueba, es decir a las 40.000 millas, algo más de 64.370 km, el promedio de la degradación de las baterías de los dos primeros coches era de un 22% y la de los otros dos, recargadas de forma rápida, era de un 25%, apenas un 3% más. Es decir, la degradación de una batería no depende de la naturaleza de la recarga específicamente.

En su trabajo completo, el investigador Matt Shirk detalló los kilómetros que se podían hacer con cada carga en cada uno de los vehículos y al final la conclusión a la que se llega es que las baterías se degradan más por el hecho de descargarlas casi por completo antes de cada carga que por el método de carga que se emplee.

Otro de los factores que también influyen de manera negativa sobre el rendimiento de las baterías es la temperatura ambiental y el hecho de haberse realizado las pruebas en Arizona ha contribuido en gran medida a la degradación de la batería de lo que otro tipo de estudios han confirmado: tan solo un 10% de degradación de la batería tras 1.500 ciclos de carga-descarga (Otero, 2014).

9 ANEXO 4: COTIZACIÓN DE CARGADORES ELÉCTRICOS

ABB: La cotización realizada con la empresa ABB, ha sido de los cargadores multiestándar ideales para instalar en **concesionarios de vehículos eléctricos y emplazamientos comerciales**, que pueden cargar un vehículo eléctrico en el transcurso de 60 a 120 minutos, con muy pocos requisitos de potencia de entrada. Todos los cargadores pueden combinarse con sistemas completos de autorización de usuario, pago y conectividad de red. Para el proyecto solo se cotizan aquellos dispositivos de carga media con entrada de carga más utilizada en el mercado chileno. Estos son los modelos Terra CJG y Terra 23 CJ.

El modelo Terra 23 CJ es óptimo para cargar vehículos con compatibilidad para CCS y Chademo. Puede instalarse sin problemas junto a una red de carga lenta de CC ya existente. Tiene un precio³⁹ de **€ 18.950 // \$14.781.000**



Por otra parte el modelo Terra CJG es óptimo para cargar tanto vehículos de CA como de CC, mediante la combinación de los estándares más utilizados (CCS, Chademo y CA rápida).

³⁹ Calculando un valor del euro de \$780 pesos chilenos

Puede cargar simultáneamente entre CA y CC (conexión a la red: mínimo 63 A). El precio⁴⁰ es de
€ 21.950 // \$17.121.000




Las especificaciones generales de ambos:

- Temperatura de operación: -10°C a +50°C
- Temperatura de almacenamiento -40°C a +70°C
- Factor de potencia (carga completa): > 0,96
- Eficiencia: 94% a potencia de salida nominal
- Sistema RFID: ISO / IEC14443A / B, ISO / IEC15693, FeliCa™ 1, modo lector NFC, LEGIC Prime y Advant
- Conexión a red: GSM / CDMA / 3G modem, 10/100 Base-T Ethernet
- Protección: IP54
- Soporte de interfaz OCPP
- Soporte de ethernet y módem 3G
- Dimensiones: 525 x 760 x 1900 mm

⁴⁰ Calculando un valor del euro de \$780 pesos chilenos

- Peso: 400 kg

Y las especificaciones de cada uno de ellos muestran a continuación:

Empresa			
Especificaciones	C (opcional)	J (opcional)	G (opcional)
Estándar de carga	CCS	Chademo	Type 2 cable
Máx. potencia de salida	20 kW	20 kW	22 kW
Rango de voltaje de salida	50-500 V cc	50-500 V cc	400 V +/- 10%
Máx. corriente de salida	60 A cc	60 A cc	32 A
Estándar de conexión	EN61851-23 / DIN 70121 C	Chademo 1.0	EN61851-1:2010
Tipo de conector/socket	Combo-2	CHAdEMO / JEVs G105	IEC62196 mode-3 type-2
Longitud del cable	3,9 m	3,9 m	
Marcas de automóviles compatibles	BMW, Volkswagen, GM, Porsche, Audi	Nissan, Mitsubishi, Peugeot, Citroen, Kia	Renault, Daimler, Tesla, Smart, Mercedes

INGETEAM: Los modelos que ofrece son el dispositivo Ingerev Garage Basic con finalidad de uso privado, y tres modelos más ideales para uso público: Ingere City, Ingerev City Duo (ambas de carga media) e Ingerev Rapid 50 (carga rápida). Se analizan los de carga media ideales para uso público.

El modelo Ingerev Gity posee las siguientes características

- Recarga de vehículos según los modos 1, 2 y 3 de la norma IEC 61851.
- Identificación mediante tarjetas RFID.
- Medida de la potencia y de la energía transferida según contador MID.
- Restricción de acceso a las tomas de energía a usuarios no autorizados.
- Autonomía de funcionamiento en casos de fallo de suministro eléctrico.
- Indicación de estado por medio de señalización luminosa.
- Display LCD multi-idioma con texto personalizable.
- Regulación de potencia de carga.
- Comunicación con otras estaciones de carga y con un Centro de Control.
- Compatible con protocolo OCPP.
- Posibilidad de configuración para carga diferida.
- Pintura con acabado anti-graffiti.
- Comunicaciones y software: las estaciones de carga INGEREV CITY permiten de serie la interconexión con otras estaciones de la gama INGEREV mediante el protocolo RS-485, en grupos de hasta 10 estaciones encadenadas.
- Mediante el añadido de un hardware módem, es posible conectar remotamente a través de redes Ethernet o GPRS/3G, e integrar en un centro de control cualquier estación de carga INGEREV, o un grupo de ellas. Las estaciones INGEREV soportan el protocolo OCPP y son capaces de integrarse en los entornos de control de la mayoría de gestores de carga.
- Dimensiones (alto x ancho x fondo) 1.255(2) x 257 x 254 mm 756 x 257 x 254 mm
- Peso 30 kg y 25 kg

Y el modelo Ingerev City Duo se caracteriza por:

- Posibilidad de cargar dos vehículos de forma simultánea.
- Recarga de vehículos según los modos 1, 2 y 3 de la norma IEC 61851.
- Identificación mediante tarjetas RFID.
- Medida de la potencia y de la energía transferida según contador MID.
- Restricción de acceso a las tomas de energía a usuarios no autorizados.
- Autonomía de funcionamiento en casos de fallo de suministro eléctrico.
- Indicación de estado por medio de señalización luminosa.
- Display LCD multi-idioma con texto personalizable.
- Regulación de potencia de carga.
- Comunicación con otras estaciones de carga y con un Centro de Control.
- Compatible con protocolo OCPP.
- Posibilidad de configuración para carga diferida.
- Pintura con acabado anti-graffiti.
- Comunicaciones y software: Las estaciones de carga INGEREV CITY Duo permiten de serie la interconexión con otras estaciones de la gama INGEREV mediante el protocolo RS-485, en grupos de hasta 10 estaciones encadenadas.
- Mediante el añadido de un hardware módem, es posible conectar remotamente a través de redes Ethernet o GPRS/3G, e integrar en un centro de control cualquier estación de carga INGEREV, o un grupo de ellas.
- Las estaciones INGEREV soportan el protocolo OCPP y son capaces de integrarse en los entornos de control de la mayoría de gestores de carga.
- Autonomía de operación (sin alimentación AC) 1 hora modo batería Carcasa Poliuretano – Antigraffiti


- Dimensiones (alto x ancho x fondo) 1.455 X 257 X 254 mm
- Peso 40 kg

La empresa online “Su Energía Solar” vende estos equipos en los siguientes precios: 3.100 euros (\$2.418.000) y 4.800 euros (\$3.744.000), ambos con iva incluido. Habría que sumar el precio de envío desde Madrid, España.

En Chile existe una sucursal en Santiago de INGETEAM que podrían traer estos equipos pero no fue factible lograr una comunicación efectiva con ellos para ver la posibilidad de hacer factible el negocio y cuanto sería el precio de venta en Chile si es que traen esta tecnología, por lo que se descarta la posibilidad de comprar cualquiera de estos dos modelos.

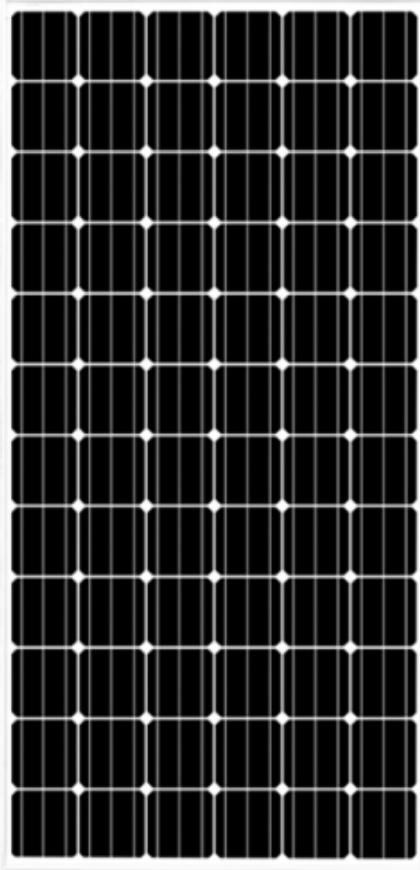
10 ANEXO 5: COTIZACIÓN DE PANELES SOLARES

Para la elección del panel solar se ha calculado la cantidad de paneles solares necesarios para alcanzar la potencia de 15 kW en base a la potencia que entregan por unidad y luego según esto el precio final alcanzado ante el requerimiento. Los cálculos se presentan en la tabla siguiente:

Empresa Eolicasolar			
Modelo	Precio por unidad de potencia entregada	Precio por 15 kW	Cantidad de paneles requeridos para 15 kW
Panel solar Eodelta 100 W	\$68.000	\$10.200.000	150
Panel Solar Jinko 270 W	\$138.000	\$7.728.000	56
Panel Solar Jinko 320 W	\$151.000	\$7.097.000	47
Panel Solar Sun-L 200	\$131.000	\$9.825.000	75
Panel Solar Sun-L 250 Wp	\$112.000	\$6.720.000	60

El panel elegido corresponde al modelo Sun- L 250 Wp⁴¹. Este modelo por cada panel tiene una dimensión altura, ancho y profundidad de 56x26x4 cm. Por lo que su área superficial unitaria es de 1,456 m².



⁴¹ Los datos fueron obtenidos de la página <https://eolicasolar.cl/productos/panel-solar-sun-l-250-wp/>

Descripción	Imagen del panel
<ul style="list-style-type: none"> • Potencia nominal – Pmax (Wp) 250 Wp • Tensión en circuito abierto – Voc 37,7 VDC • Voltaje Nominal 30,5 VDC • Corriente nominal 8,2 A • Corriente corto circuito 8,3 A • Eficiencia (%) de celda 17,3% • Eficiencia (%) de panel 15.27% • Nodo By pass 3% • Tolerancia de potencia (%/Pmax). ± 3 • Temp coeficiente Pmax -0,45% °C • Temp coeficiente Voc -0,34% °C • Temp Coef Isc 0.05% °C • Temperatura operación nominal 46°C a 2°C 	

Respecto a la calidad y seguridad del mismo, posee una Tolerancia positiva -0/+3%, 10 años de garantía mecánica y garantía en potencia hasta 90% y 25 años de hasta 80%.

11 ANEXO 6: COTIZACIÓN DE INVERSORES

11.1 PARA 15 kW

Inversor para el sistema, potencia de 15 kW	
Empresa	
Imagen del equipo	
Modelo	Inversor Sunny Trifásico 15000 W On Grid
Código	On Grid ON-GRID STP 15000TL-30
Costo	\$3.197.000.-
Valores de entrada (CC)	
Máx. potencia en corriente continua	15340 W
Máx. voltaje de entrada	1000 V
Rango de voltaje MPPT / voltaje de entrada nominal	360 V a 800 V / 600 V
Mín. voltaje de entrada / voltaje de entrada inicial	150 V / 188 V
Corriente nominal de entrada por string A / B	33 A / 11 A
Máx. corriente de entrada por string, entrada A1 / entrada B1	40 A / 12,5 A
Máx, corriente de corto circuito de entrada A / entrada B	50 A / 17 A
Número de entradas independientes de MPPT / string por entrada de MPPT	2 / A:5; B:1
Valores de salida (CA)	
Potencia nominal (a 230 V y 50 Hz)	15 kW

Max. Potencia aparente en CA	15 VA
Voltaje nominal en CA	3 / N / PE; 220 / 380 V 3 / N / PE; 230 / 400 V 3 / N / PE; 240 / 415 V
Rango de voltaje en CA	160 V a 280 V
Frecuencia/rango de CA	50 Hz / 44 Hz a 55 Hz 60 Hz / 54 Hz a 65 Hz
Máx. salida de corriente	24 A
THD (total harmonic distortion)	≤ 3%
Fases de entrada / fases de conexión	3/3
Máx. eficiencia / eficiencia europea	98,2% / 97,8%
Seguridad	Triple protección con Optiprotect con su detector de falla de cadena de autoaprendizaje, fusible de cuerda electrónico y descargador de sobretensiones DC integrable (SPD tipo II).
Certificados y aprobaciones (otros disponibles bajo pedido)⁴²	AS 4777, BDEW 2008, C10/11:2012, CE, CEI 0-16, CEI 0-21, EN 504382, G59/3, IEC 60068-2, IEC 61727, MEA 2013, IEC 62109-1/2, NEN EN 50438, PPC, PPDS, RD 1699, RD 661/2007, SI4777, UTE C15-712-1, VDE 0126-1-1, VDE-AR-N 4105, VFR 2013, VFR 2014

⁴² No se aplica a todos los apéndices nacionales de EN 50438

Inversor para el sistema, potencia de 15 kW	
Empresa	<i>Ingeteam</i>
Imagen del equipo	
Modelo	Inversor Red 15000W Trifásico INGECON Sun 3PLAY 15TL
Costo	3.096,93 € + Costo de envío desde España \$2.415.605.- ⁴³ + Costo de envío desde España
Valores de entrada (CC)	
Rango pot. Campo FV recomendado	15,5 – 20,1 kW
Corriente Máxima	30/20 A
Entradas con conectores FV (Disponibles conectores dobles para conectar dos cables por cada entrada)	3/2
Valores de salida (CA)	
Potencia nominal	15 kW
Máxima temperatura a potencia nominal	55 °C
Corriente máxima	22 A
Tensión nominal	400 V
Rango de tensión	187-528 V

⁴³ Considerando un valor del euro de \$780 pesos.

Factor de potencia ajustable	Si. $S_{\text{máx}}=15 \text{ kVA}$ // $Q_{\text{máx}}=15 \text{ kVAR}$
Rendimiento	
Eficiencia máxima	98,5%
Eficiencia europea	98,3%
Datos generales	
Caudal de aire	200 m ³ /h
Consumo en stand-by (Consumo desde el campo fotovoltaico)	10 W
Consumo nocturno	1 W
Temperatura de funcionamiento	-25°C a 65°C
Humedad relativa (sin condensación)	0-100%
Grado de protección	IP65
Marcado	CE



Inversor para el sistema, potencia de 15 kW	
Empresa	
Imagen del equipo	
Modelo	Inversor Red FRONIUS Symo 15-3-M light 15kW

Costo	3.075,65 € + Costo de envío desde España \$2.400.000.- ⁴⁴ + Costo de envío desde España
Valores de entrada (CC)	
Mínima tensión de entrada ($U_{dc \text{ mín}}$)	200 V
Tensión CC mínima de puesta en servicio ($U_{dc \text{ arranque}}$)	200 V
Tensión de entrada nominal ($U_{dc,r}$)	600 V
Máxima tensión de entrada ($U_{dc \text{ máx.}}$)	1000 V
Rango de tensión MPP ($U_{mpp \text{ mín.}} - U_{mpp \text{ máx.}}$)	320-800 V
Número de seguidores MPPT	2
Número de entrada CC	3+3
Máxima salida del generador FV ($P_{dc \text{ máx.}}$)	22,5 kW peak
Valores de salida (CA)	
Potencia nominal ($P_{ac,r}$)	15.000 W
Máxima potencia de salida	15.000 VA
Máxima corriente de salida ($I_{ac \text{ máx.}}$)	21,7 A
Acoplamiento a la red (rango de tensión)	3-NPE 400 V / 230 V o 3-NPE 380 V / 220 V (+20 % / -30 %)
Frecuencia (rango de frecuencia)	50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)
Coeficiente de distorsión no lineal	1,5%
Factor de potencia	0-1 ind./cap.
Rendimiento	

⁴⁴ Considerando el valor del euro de \$780 pesos.

Eficiencia máxima	98%
Eficiencia europea	97,8%
Datos generales	
Dimensiones (altura x anchura x profundidad)	725 x 510 x 225 mm
Peso	34,8 kg
Tipo de protección	IP66
Clase de protección	1
Categoría de sobretensión (CC/CA)	1+2/3
Consumo nocturno	< 1 W
Concepto de inversor	Sin transformador
Refrigeración	Refrigeración de aire regulada
Instalación	Instalación interior y exterior
Margen de temperatura ambiente	-40 - +60 °C
Humedad de aire admisible	0 - 100 %
Máxima altitud	2.000 m / 3.400 m (rango de tensión sin restricciones / con restricciones)
Tecnología de conexión CC	6 x CC+ y 6 x CC bornes roscados 2,5 - 16 mm ²
Tecnología de conexión principal	5 polos CA bornes roscados 2,5 - 16 mm ²

11.2 PARA 30 kW

Inversor para el sistema, potencia de 30 kW	
Empresa	
Imagen del equipo	
Modelo	Inversor Sunny Tripower 30000TL-US
Código del modelo	STP30000TL -US- 10
Costo	4.105 USD.- + costo de envío desde EEUU \$2.709.300 ⁴⁵ .- + costo de envío desde EEUU
Valores de entrada (CC)	
Máx. potencia en corriente continua	30800 W
Máx. voltaje de entrada	1000 V
Rango de tensión nominal por MPPT ⁴⁶	500 V a 800 V
Rango de tensión de operación para MPPT	150 V / 1000 V
Tensión de CC mínima / tensión de partida del MPPT	150 V / 188 V
Número de entradas de MPPT	2
Máx. intensidad de entrada / por cada entrada del MPPT	66 A / 33 A
Valores de salida (CA)	
Potencia nominal	30 kW

⁴⁵ Considerando un valor del dólar de \$660.

⁴⁶ MPPT = seguimiento de máximo punto de potencia.

Max. Potencia aparente en CA	30 VA
Fases de salida / conexiones de linea	3/3-N-PE
Rango de voltaje en CA	480 V / 277 V WYE
Frecuencia nominal	50 Hz
Frecuencia/Rango de la red de CA	50 Hz, 60 Hz / -6 Hz...+5 Hz
Máx. salida de corriente	36,2 A
Factor de potencia a potencia nominal / desplazamiento ajustable	1 / 0.0 de avance ... 0.0 de retraso
THD (total harmonic distortion)	≤ 3%
Máx. eficiencia / eficiencia europea	98,6% / 98,0%
Seguridad	Unidad de seguimiento de la corriente residual sensible a la corriente universal. Sistema de detección de arcos voltaicos (según UL 1699B). Equipado para fallas a tierra en todas la entradas y un AFCI integrado para una instalación eléctrica segura
Certificados y aprobaciones	UL 1741, UL 1998, UL 1699B, IEEE 1547, FCC Part 15 (Class A & B), CAN/CSA C22.2 107.1-1

Inversor para el sistema, potencia de 30 kW	
Empresa	Ingeteam
Imagen del equipo	



Modelo	Inversor Red 30kW Ingecon Sun Smart
Costo	11.317,80 € ⁴⁷ + costo de envío desde España \$8.827.884 ⁴⁸ + costo de envío desde España
Valores de entrada (CC)	
Rango pot. campo FV recomendado	26-33 kW
Rango de tensión MPPT	300-550 V
Máx. tensión	600 V
Máx. corriente	87 A
Número de entradas	2
MPPT	1
Valores de salida (CA)	
Potencia nominal	25 kW
Corriente máxima	78 A
Frecuencia nominal	50/60 Hz
Rendimiento	
Eficiencia máxima	96,1%
Eficiencia europea	95,5%
Datos generales	
Refrigeración por aire	674 m ³ /h
Consumo en stand-by (consumo desde el campo fotovoltaico)	30 W
Consumo nocturno	1 W

⁴⁷ Precio incluye iva, precio sin iva es de 9.353,55 €

⁴⁸ Considerando un valor del euro de \$780 pesos

Temperatura de funcionamiento	-15°C a 65°C
Altura máxima	3000 m
Humedad relativa (sin condensación)	0-95%
Grado de protección	NEMA 3R


11.3 PARA 50 kW

Selección del inversor para el sistema; Potencia de 50 kW	
Empresa	The PowerStore 
Imagen del equipo	
Modelo	Sunny Tripower Core1
Precio	6.231,34 USD.- + costo de envío desde EEUU \$4.112.684 ⁴⁹ .- + costo de envío desde EEUU
Valores de entrada (CC)	
Máx. potencia de entrada	51000 W
Voltaje máximo	1000 V
Rango de tensión para MPPT ⁵⁰ nominal	500 V a 800 V
Rango de tensión de operación para MPPT	150 V / 1000 V
Tensión de CC mínima / tensión de partida del MPPT	150 V / 188 V

⁴⁹ Considerando un valor del dólar de \$660 pesos.

⁵⁰ MPPT=seguimiento de máximo punto de potencia.

Número de entradas de MPPT/string por MPPT de entrada	6 / 2
Máx. corriente de entrada / Máx. corriente de entrada por MPPT	120 A / 20 A
Valores de salida (CA)	
Potencia nominal	50000 W
Max. Potencia aparente en CA	53000 VA
Voltaje nominal en CA	480 V / 277 V WYE
Rango de voltaje en CA	244 V a 305 V
Frecuencia nominal	50 Hz
Frecuencia/rango de CA	50 Hz, 60 Hz / -6 Hz... +5Hz
Máx. salida de corriente	64 A
THD (total harmonic distortion)	< 3%
Fases de entrada / fases de conexión	1 / 0.0 de avance ... 0.0 de retraso
Máx. eficiencia / eficiencia europea	>98%

Inversor para el sistema, potencia de 50 kW	
Empresa	<i>Ingeteam</i>
Imagen del equipo	
Modelo	Inversor Red 50kW Ingecon Sun Smart
Costo	19.053,57 € ⁵¹ + costo de envío desde España

⁵¹ Precio incluye iva, precio sin iva es de 15.746,75 €

	\$14.861.785 ⁵² + costo de envío desde España
Valores de entrada (CC)	
Rango pot. Campo FV recomendado	52-65 kW
Rango de tensión MPP	405-750 V
Máx. tensión	900 V
Corriente Máxima	130 A
Número de entradas	4
MPPT	1
Valores de salida (CA)	
Potencia nominal	55 kW
Corriente máxima	93 A
Tensión nominal	400 V
Frecuencia nominal	50/60 Hz
Rendimiento	
Eficiencia máxima	96,3%
Eficiencia europea	94,3%
Datos generales	
Refrigeración por aire	2600 m ³ /h
Consumo en stand-by (consumo desde el campo fotovoltaico)	30 W
Consumo nocturno	1 W
Temperatura de funcionamiento	-20°C a +65°C)

⁵² Considerando un valor del euro de \$780 pesos

Humedad relativa (sin condensación)	0-95%
Grado de protección	IP20

Selección del inversor para el sistema; Potencia de 50 kW	
Empresa	The PowerStore 
Imagen del equipo	
Modelo	ABB string inverters Trio Solar Inverter , 50 TL, OUTD 50 kW
Precio	6.681,133 USD.- + costo de envío desde EEUU \$4.409.678 ⁵³ .- + costo de envío desde EEUU
Valores de entrada (CC)	
Máx. potencia de entrada	51200 W
Voltaje máximo	1000 V
Tensión nominal	610 V
Rango de tensión de operación para MPPT	480-800 V
Tensión de partida de entrada	360 V a 500 V (por defecto 420 V)
Número de entradas de MPPT	1
Máx. corriente de entrada / Máx. corriente de cortocircuito	110 A /160 A
Valores de salida (CA)	
Potencia nominal	50000 W
Max. Potencia aparente en CA	50000 VA

⁵³ Considerando un valor del dólar de \$660 pesos.

Voltaje nominal en CA	400 V
Rango de voltaje en CA	320 V a 480 V
Frecuencia nominal	50 Hz
Máx. salida de corriente	77 A
THD (total harmonic distortion)	< 3%
Factor de potencia nominal y rango ajustable	> 0.995, 0 ... 1 inductivo / capacitivo con Smax máximo
Máx. eficiencia / eficiencia europea	98,3% / 98,0%

12 ANEXO 7: REPORTE DE LA GENERACIÓN DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA

Mediante el programa online “Explorador Solar” de la Universidad de Chile, se obtiene el siguiente reporte.

El modelo utilizado para la transferencia radiactiva en cielo despejado es el modelo CLIRAD-SW, el cual considera las interacciones de la radiación con la atmósfera por bandas espectrales de manera independiente. El modelo utiliza datos de temperatura, humedad y aerosoles de reanálisis meteorológicos y datos climatológicos de CO₂, CH₄ y O₃. La información para la nubosidad que se ha utilizado proviene de los satélites GOES-EAST para los años 2004 a 2016. Con esta base de datos se ha identificado la nubosidad y sus características radiactivas, y a través de un modelo empírico se ha modificado el resultado obtenido para una atmósfera con cielo despejado para adaptarlo a una condición de cielo nublado.

A continuación se presentan los resultados del cálculo de la generación del sistema fotovoltaico evaluado, de acuerdo a los parámetros ingresados, el impacto de la radiación incidente y las condiciones meteorológicas en el sitio de interés. Además se muestra información sobre la radiación (global, directa y difusa) incidente en el panel de acuerdo a las características del arreglo fotovoltaico escogido, la radiación incidente en un plano horizontal y los promedios de la nubosidad, temperatura y la velocidad del viento en el sitio seleccionado.

12.1 SITIO

Nombre	Espacio Urbano
Dirección	Av. Benidorm 961, Viña del Mar, Región de Valparaíso
Latitud	33.007°S
Longitud	71,5457°O
Elevación	26 m

Tabla 40: Ubicación del sitio seleccionado

Fuente: Creación Propia.

12.2 SOMBRAS TOPOGRÁFICAS

Se ha utilizado una base de datos de altura del terreno de 90 m de resolución y se ha considerado la topografía dentro de un radio de 180 km desde el sitio seleccionado para obtener las sombras proyectadas por los obstáculos topográficos en el entorno del sitio. Este análisis NO considera el impacto de otro tipo de obstáculos como por ejemplo edificios, árboles, cables, etc.

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
%	45,83	45,98	53,6	56,31	61,51	62,5	62,5	59,0	52,84	49,60	43,92	43,14

Tabla 41: Porcentaje de tiempo con sombras cada mes en horario diurno

Fuente: (Explorador Solar de la Universidad de Chile, 2017a).

Hora	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11
%	100	100	100	100	100	100	90,75	54,87	26,66	0	0	0
Hora	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
%	0	0	0	0	0	0	35,84	66,59	100	100	100	100

Tabla 42: Porcentaje del año con sombras en cada hora

Fuente: (Explorador Solar de la Universidad de Chile, 2017a).

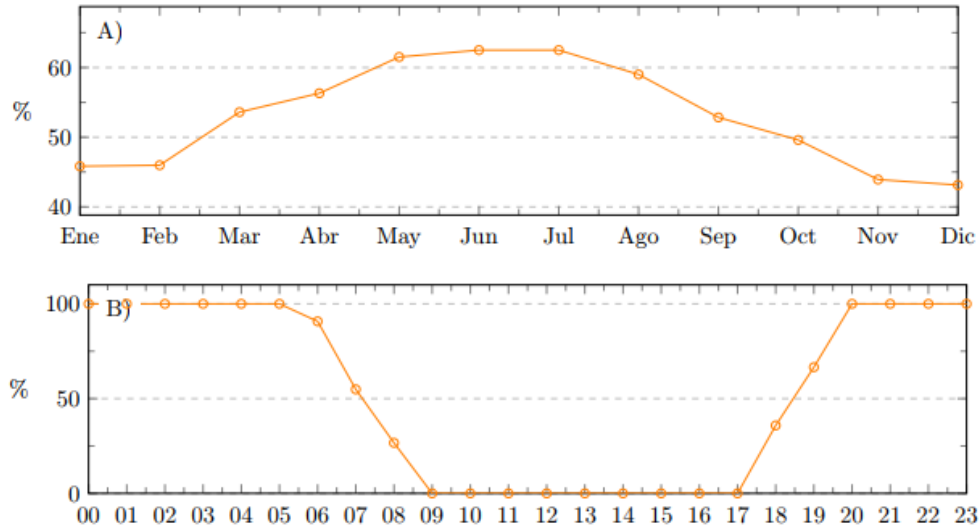


Imagen 20:A) Ciclo anual de frecuencia de sombras, B) Ciclo diario de frecuencia de sombras.

Fuente: (Explorador Solar de la Universidad de Chile, 2017a).

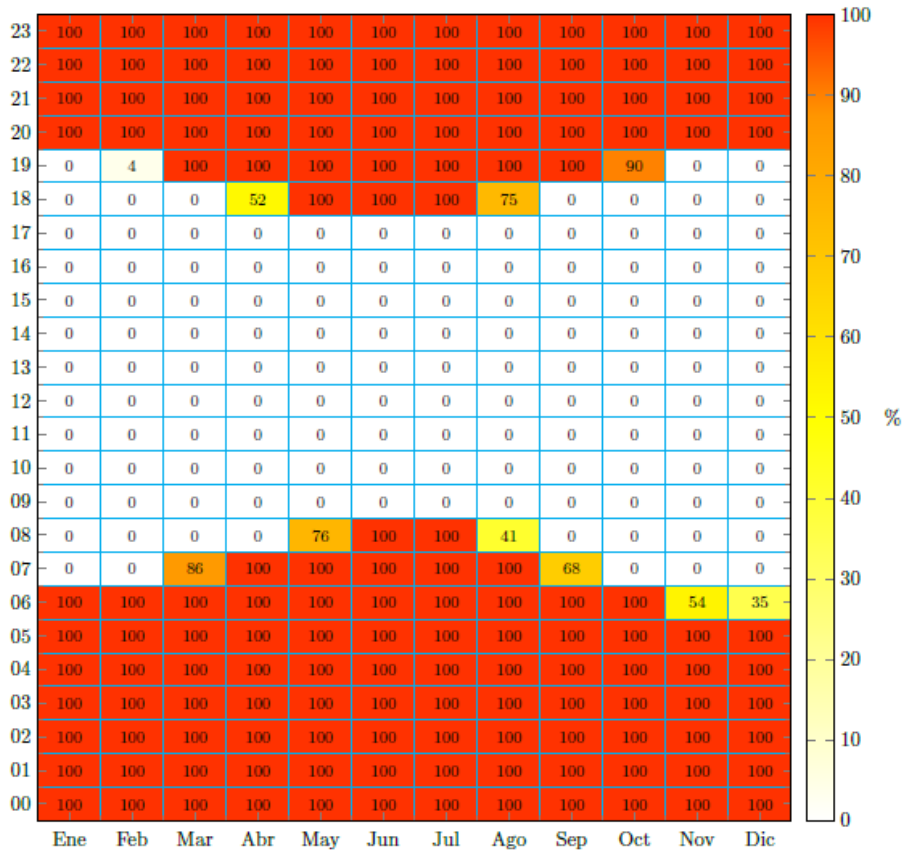


Imagen 21: Porcentaje de la hora con sombras durante cada mes.

Fuente: (Explorador Solar de la Universidad de Chile, 2017a)

12.3 RADIACIÓN

Las siguientes tablas y gráficos muestran los promedios de la radiación global, directa y difusa incidente sobre un plano horizontal y sobre un plano orientado hacia el norte, con una inclinación igual a la latitud del sitio.

Se presentan los promedios mensuales de la insolación diaria en unidades de kWh/m²/día.

Mes	Ene	Feb	Mar	Abril	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Directa ⁵⁴	5,39	4,72	3,73	2,66	1,65	1,59	1,75	2,32	3,28	4,36	5,16	5,65
Difusa ⁵⁵	1,6	1,47	1,29	1,04	0,88	0,74	0,79	0,97	1,22	1,43	1,58	1,62
Global ⁵⁶	6,99	6,19	5,02	3,7	2,53	2,33	2,54	3,29	4,5	5,79	6,74	7,27

Tabla 43: Radiación incidente en el plano horizontal.

Fuente: (Explorador Solar de la Universidad de Chile, 2017a).

Mes	Ene	Feb	Mar	Abril	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Directa	4,66	4,6	4,32	3,73	2,76	2,93	3,06	3,44	4,07	4,51	4,64	4,73
Difusa	1,47	1,35	1,18	0,96	0,8	0,68	0,73	0,89	1,12	1,32	1,46	1,49
Suelo	0,14	0,12	0,1	0,07	0,05	0,05	0,05	0,06	0,09	0,11	0,13	0,14
Global	6,27	6,07	5,6	4,76	3,61	3,66	3,84	4,39	5,28	5,94	6,23	6,36

Tabla 44: Radiación incidente en un plano con inclinación igual a la latitud del sitio

Fuente: (Explorador Solar de la Universidad de Chile, 2017a)

⁵⁴ La radiación directa es la que llega directamente del sol.

⁵⁵ La radiación global es la radiación que recibe un metro cuadrado de una superficie horizontal. Es el resultado de la suma de la radiación directa, de la radiación dispersa o difusa y de la radiación reflejada.

⁵⁶ La radiación global es la radiación que recibe un metro cuadrado de una superficie horizontal. Es el resultado de la suma de la radiación directa, de la radiación dispersa o difusa y de la radiación reflejada.

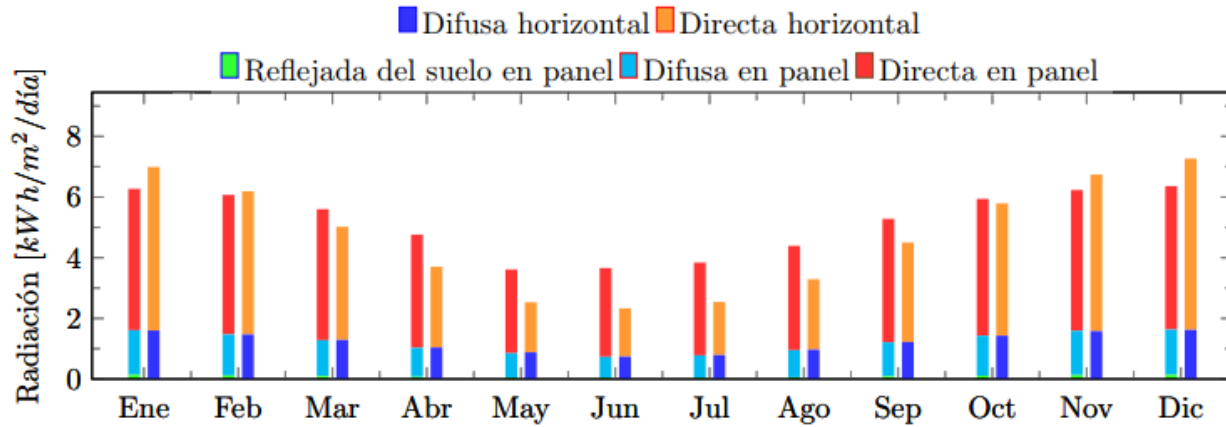


Imagen 22: Promedio mensual de la insolación diaria incidente en un plano horizontal y en un plano inclinado separada de sus componentes directa, difusa y reflejada del suelo

Fuente: (Explorador Solar de la Universidad de Chile, 2017a)

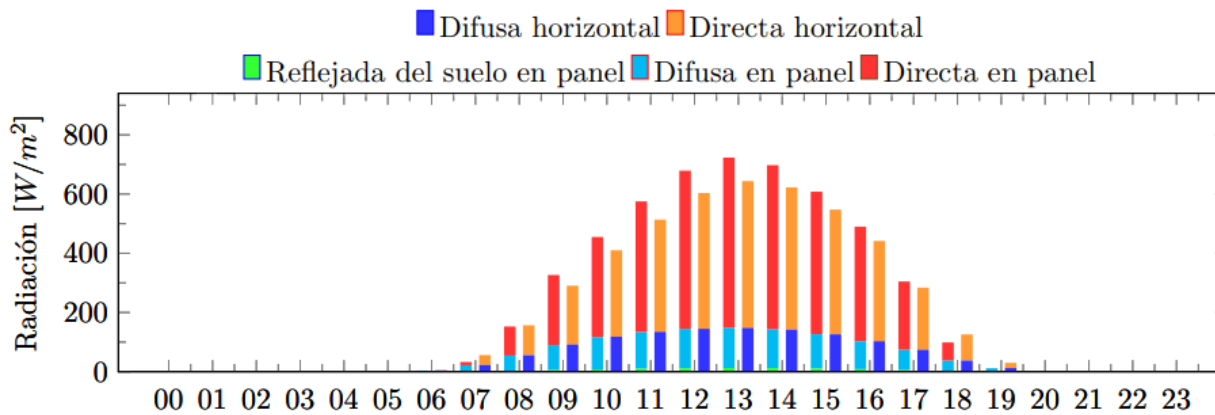


Imagen 23: Promedio horario de la radiación global instantánea incidente en un plano horizontal y en un plano inclinado, separada en sus componentes directa, difusa y reflejada en el suelo

Fuente: (Explorador Solar de la Universidad de Chile, 2017a)

12.4 NUBOSIDAD

La nubosidad es la componente atmosférica que remueve mayor cantidad de radiación incidente. A partir de imágenes del satélite geostacionado GOES, se ha calculado la frecuencia de nubosidad para cada hora y mes. Debido a que para la mayor parte del país se utilizan las imágenes del canal visible en la detección de nubosidad, el dato solo está disponible para las horas diurnas.

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
%	14,57	14,24	13,8	14,52	15,7	11,76	12,23	14,72	14,26	14,58	15,52	14,55

Tabla 45: Porcentaje del mes con nubosidad diurna

Fuente: (Explorador Solar de la Universidad de Chile, 2017a).

Hora	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11
%	0	0	0	0	0	0	0,27	10,62	20,55	37,31	44,29	42,62
Hora	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
%	38,22	35,14	32,93	31,01	23,48	16,84	7,63	0,04	0	0	0	0

Tabla 46: Porcentaje de la hora con nubosidad. Los ceros corresponden a horas donde no hay datos de nubosidad

Fuente: (Explorador Solar de la Universidad de Chile, 2017a).

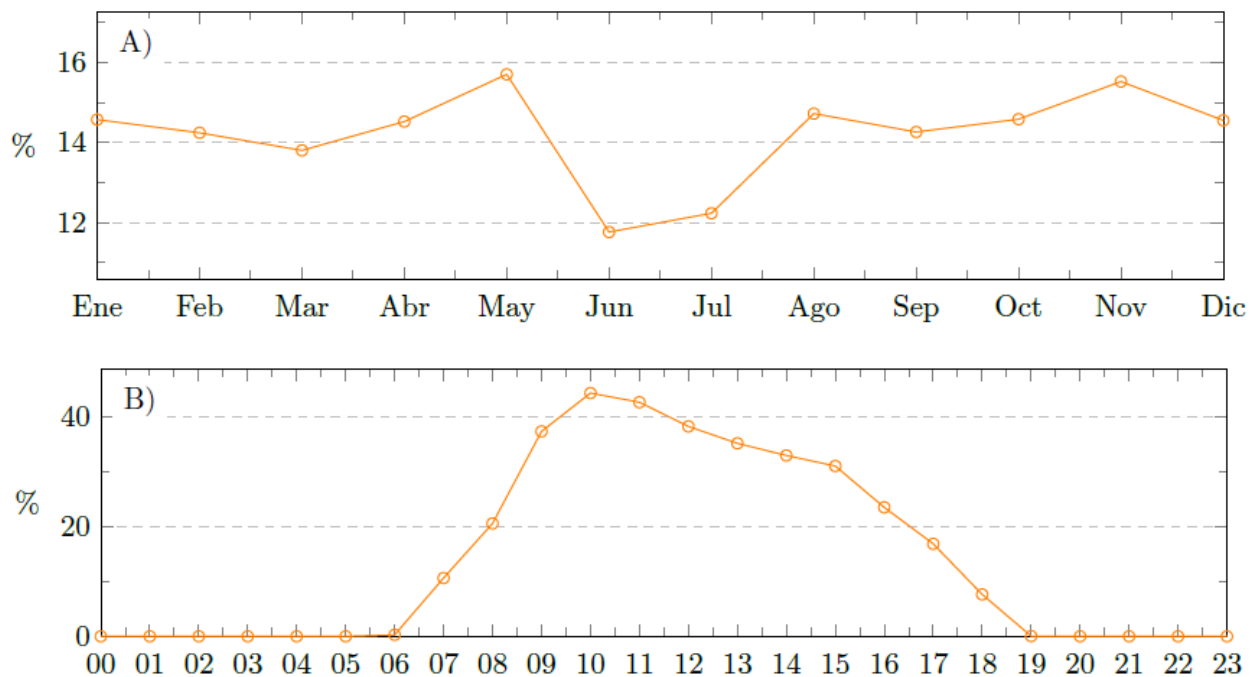


Imagen 24:A) Ciclo anual de frecuencia de nubosidad diurna, B) Ciclo diario de frecuencia de nubosidad.

Fuente: (Explorador Solar de la Universidad de Chile, 2017a)

12.5 TEMPERATURA

La temperatura ambiental afecta la eficiencia de las celdas fotovoltaicas. Las estimaciones de temperatura que se muestran en este capítulo están basadas en los resultados del Explorador Eólico, los cuales se basan en las simulaciones hechas con el modelo meteorológico WRF a 1 km de resolución para el año 2010.

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
°C	17,85	18,19	17,43	15,96	14,14	14,36	12,6	12,33	13,06	14,25	15,99	16,42

Tabla 47: Temperatura promedio mensual

Fuente: (Explorador Solar de la Universidad de Chile, 2017a)

Hora	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11
°C	12,56	12,04	11,55	11,15	10,79	10,49	10,22	11,08	12,38	14,04	15,89	17,85
Hora	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
°C	19,14	20,24	21,04	21,2	20,78	19,97	18,48	16,93	15,57	14,5	13,69	13,18

Tabla 48: Temperatura promedio para cada hora

Fuente: (Explorador Solar de la Universidad de Chile, 2017a).

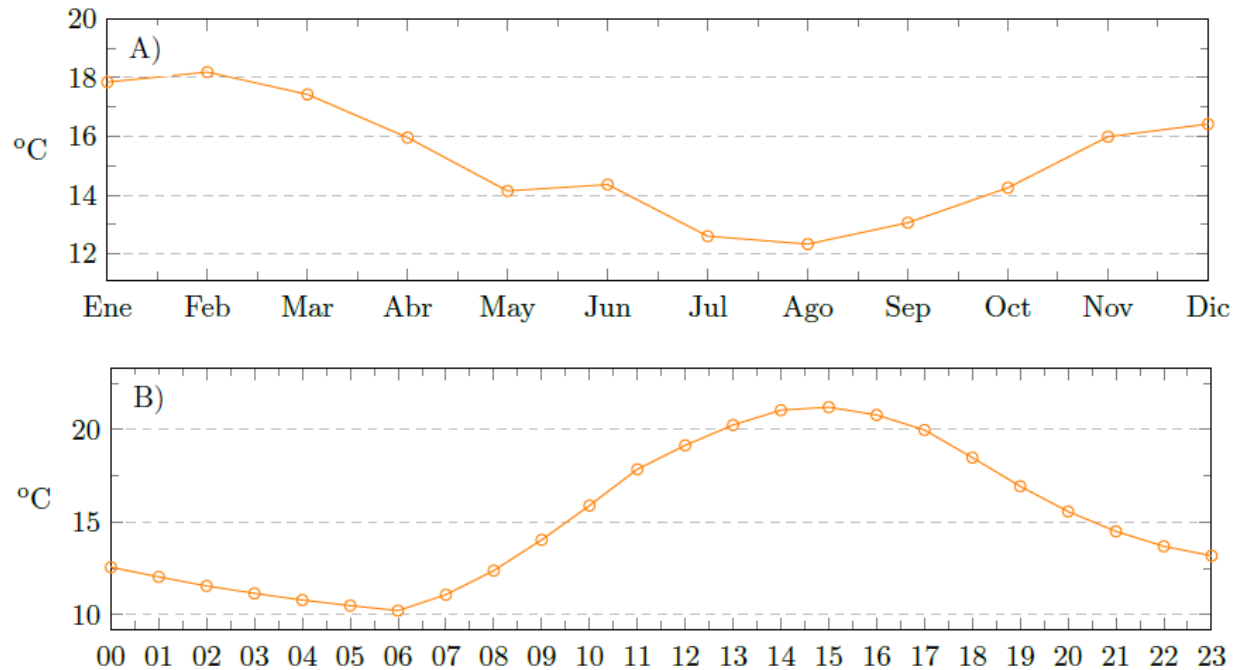


Imagen 25: A) Ciclo diario de temperatura media, B) Ciclo anual de la temperatura media

Fuente: (Explorador Solar de la Universidad de Chile, 2017a).

12.6 VIENTO

La velocidad del viento interviene en el enfriamiento de las celdas fotovoltaicas, y por lo tanto en su eficiencia, además puede afectar la integridad del montaje de los paneles. Las estimaciones de viento aquí presentadas corresponden a los resultados del Explorador Eólico para una altura de 5,5 metros, calculados con el modelo WRF a 1 [km] de resolución para el año 2010.

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
m/s	1,49	1,56	1,17	1,29	1,38	1,59	1,65	1,64	1,66	1,52	1,53	1,97

Tabla 49: Promedio mensual de la magnitud del viento

Fuente (Explorador Solar de la Universidad de Chile, 2017a)

Hora	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11
m/s	1,01	0,97	0,97	0,92	0,9	0,91	1,12	1,13	1,19	1,26	1,47	1,82
Hora	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
m/s	2,33	2,42	2,52	2,29	2,09	1,97	1,38	1,5	1,7	1,75	1,7	1,57

Tabla 50: Promedio de la magnitud del viento para cada hora

Fuente: (Explorador Solar de la Universidad de Chile, 2017a)

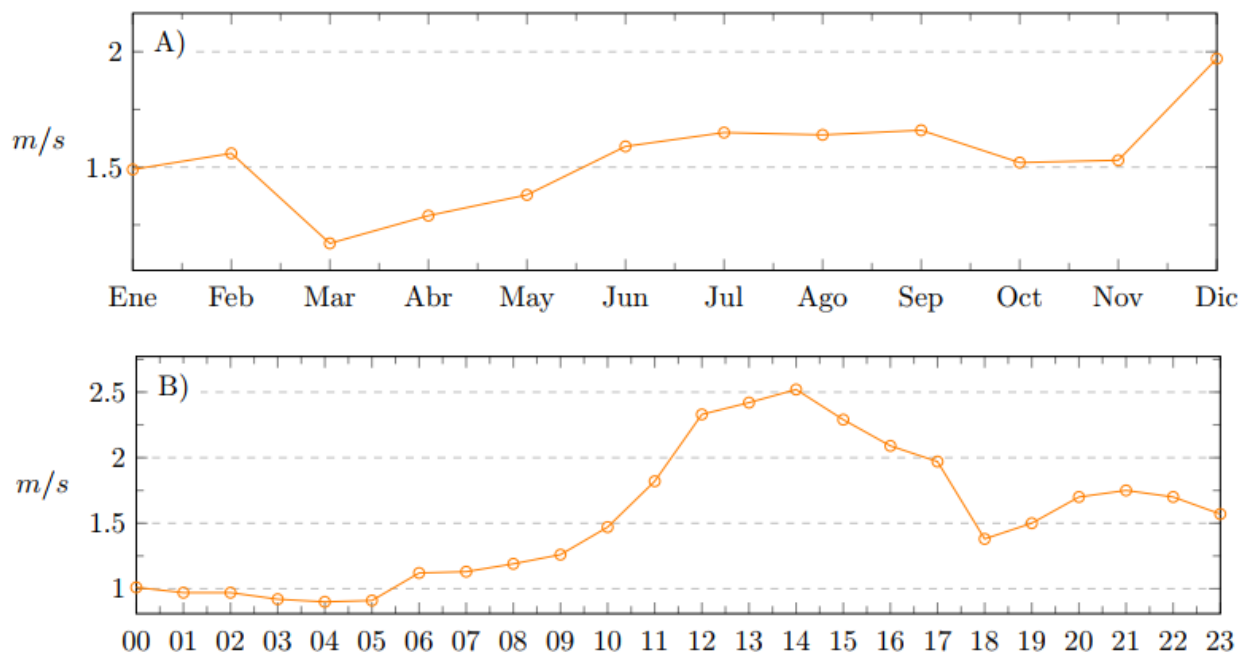


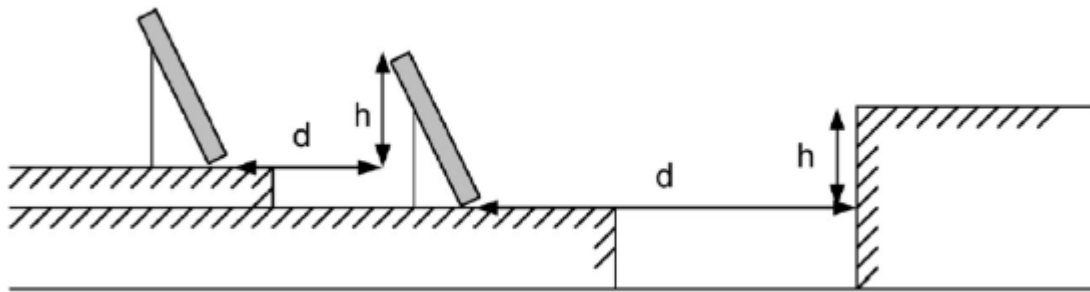
Imagen 26: A) Ciclo diario de la magnitud del viento, B) Ciclo anual de la magnitud del viento

Fuente: (Explorador Solar de la Universidad de Chile, 2017a)

13 ANEXO 8: CÁLCULO DE LA DISTANCIA ENTRE PANELES SOLARES

Se decide hacer 6 filas de 10 paneles solares cada una. La distancia entre filas de paneles solares para evitar la pérdida de producción por el efecto del sombreado es calculado de la siguiente forma:

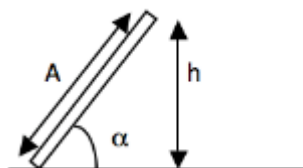
La distancia “d”, medida sobre la horizontal, que hay que dejar viene marcada por la latitud del lugar de instalación, ya que en función de este parámetro varía el ángulo de incidencia solar. Esta distancia deberá garantizar un mínimo de cuatro horas de sol en torno al mediodía del solsticio de invierno.



La expresión a utilizar para el cálculo de la distancia d:

$$d = \frac{h}{\tan(61 - \text{latitud})}$$

Si la altura del obstáculo de delante, se corresponde con la altura de la fila de paneles, calculamos este dato en base a la longitud del panel y su inclinación



$$h = A * \sin \alpha$$

La latitud del centro comercial es de -33,0070 y la longitud es de -71,5457. Con el explorador solar de la universidad de Chile se calcula que el ángulo óptimo es de 29°

$$h = 0,56 * \sin 29$$

$$h = -0,371635$$

Con esto podemos proceder al cálculo de la distancia “d”

$$d = \frac{-0,371635}{\tan(61 - 33,0070)}$$

$$d = 0,512 \text{ m}$$

14 ANEXO 9: COSTO DE UNA INSTALACIÓN FV EN CHILE

Dado un encargo del Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza, Obras Públicas y Seguridad Nuclear, de la República Federal de Alemania, el Ministerio de Energía del Gobierno de Chile generó el siguiente informe:

A través de encuestas online dirigidas a empresas y/o proveedores FV, que cuentan con experiencia en la instalación de sistemas a través de la Ley de Generación Distribuida (Ley 20.571), se solicitó a los proveedores ofertar por una instalación FV con características técnicas definidas. Estas características se basan en los requerimientos del Programa Techos Solares Públicos (PTSP) del Ministerio de Energía. El PTSP tiene el objeto de contribuir a la maduración del mercado fotovoltaico para autoconsumo en Chile a través de la compra e instalación de sistemas fotovoltaicos (SFV) en los techos de edificios públicos. A la fecha, el Programa ha licitado 99 techos solares en diversas instituciones públicas ubicadas en varias comunas de Chile, de las cuales 35 plantas FV ya están conectadas a la red. Los demás se encuentran en etapa de construcción y/o licitación.

La encuesta permitió contactar a un total de 47 empresas, de las cuales 30 enviaron información de costos. Luego de analizar las respuestas de 30 empresas FV, solo 28 cumplían con las características técnicas solicitadas. Esta estandarización de características ha permitido comparar costos bajo los mismos parámetros y ante la Ley de Generación Distribuida, que permite instalar plantas FV de hasta 100 kWp, la recopilación de costos se ha enfocado en los siguientes segmentos: 1-5 kWp, 5-10 kWp, 10-30 kWp, 30-100 kWp.

La siguiente figura señala la mediana⁵⁷ del costo neto por kWp instalado para plantas FV de los tamaños (rangos) mencionados, en pesos chilenos. En la gráfica se observa que para una instalación de 1kWp, tamaño utilizado comúnmente a nivel residencial, el costo aproximado corresponde a 1.700.000 \$/kWp. Sin embargo, es relevante mencionar que los costos varían dependiendo de la ciudad y(o región en la cual se instalará la planta FV, y que es posible conseguir precios inferiores a los señalados en la gráfica.

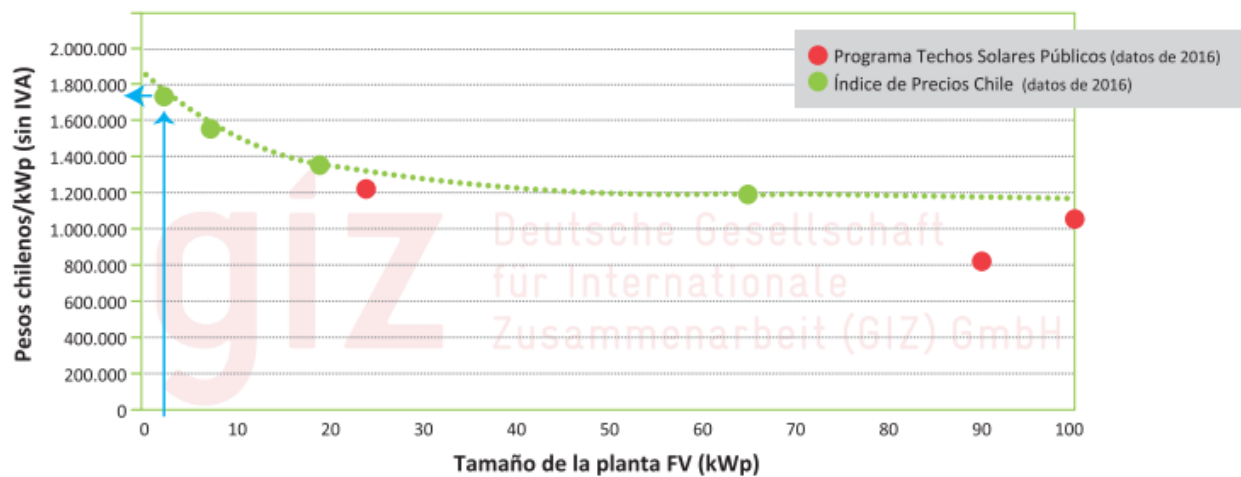


Imagen 27: Precio neto \$/kWp respecto al tamaño de la planta FV kWp

Fuente: (SEC, 2016)

Se puede observar que los costos alcanzados por el PTSP son inferiores a la mediana ofertada por las empresas FV que participaron en la encuesta.

⁵⁷ Definición de mediana: la mediana estadística es el número central de un grupo de números ordenados por tamaño. Si la cantidad de términos es par, la mediana es el promedio de los dos números centrales.

15 ANEXO 10: INFORMACIÓN DEL ANÁLISIS REALIZADO CON SOFTWARE

RETSCREEN

Consideraciones:

1. Mediante el software RETScreen⁵⁸ se evalúa el impacto de los tres escenarios descritos en el desarrollo del problema (15 kW, 30 kW y 50 kW)
2. La información del proyecto es la siguiente:
 - Nombre del proyecto: Propuesta de proyecto de instalación de electrolineras con fuente mixta de energía entre el sistema eléctrico y energía renovables
 - Ubicación del proyecto: Av. Benidorm 961, Viña del Mar, Región de Valparaíso
 - Tipo de proyecto: Generación de electricidad
 - Tecnología: Fotovoltaico
 - Tipo de red: Red-Central
 - Tipo de análisis: Método 2
 - Poder calorífico de referencia: Poder Calorífico Inferior (PCI)
3. Los resultados que se entregan a partir del MODELO DE ENERGÍA corresponden solo a la evaluación del primer escenario: 15 kW.
4. Se utiliza un precio de venta de inyección de energía a la red igual a un precio de compra, a pesar de que el sistema en Chile si se desea vender electricidad, la compra de esta es a un precio

⁵⁸ El software de gestión de energías limpias RETScreen es un paquete de programas de energías limpias desarrollado por el Gobierno de Canadá. El software permite la identificación exhaustiva, la evaluación y la optimización de la viabilidad técnica y financiera de proyectos potenciales de energía renovable y de eficiencia energética; igualmente, permite la medición y verificación del rendimiento de instalaciones, así como la identificación de oportunidades de ahorros/producción energética.

inferior. El detalle de la justificación de esta decisión para la evaluación se puede ver en el

Anexo 12.

5. Las condiciones de referencia del sitio son:

	Unidad	Ubicación de datos meteorológicos	Ubicación del Proyecto
Latitud	°N	-33,0	-33,0
Longitud	°E	-71,6	-71,6
Elevación	m	26	26
Temperatura de diseño de la calefacción	°C	4,0	
Temperatura de diseño del aire acondicionado	°C	26,5	
Amplitud de la temperatura del suelo	°C	16,0	

Mes	Temperatura aire	Humedad relativa	Radiación solar diaria horizontal	Presión atmosférica
	°C	%	kWh/m ² /d	kPa
Enero	17,9	78,0%	6,99	93,7
Febrero	18,2	80,0%	6,19	93,6
Marzo	17,4	81,0%	5,02	93,7
Abril	16,0	83,0%	3,70	93,8
Mayo	14,1	83,0%	2,53	93,8
Junio	14,4	84,0%	2,33	93,9
Julio	12,6	84,0%	2,54	94,0
Agosto	12,3	84,0%	3,29	94,0
Setiembre	13,1	83,0%	4,50	93,9
Octubre	14,3	82,0%	5,79	93,8
Noviembre	16,0	79,0%	6,74	93,8
Diciembre	16,4	78,0%	7,27	93,7
Anual	15,2	81,6%	4,73	93,8

Mes	Velocidad del Viento	Temperatura del suelo	Días-grado de calentamiento	Días-grado de enfriamiento
	m/s	°C	°C-d	°C-d
Enero	1,5	23,4	31	217
Febrero	1,6	23,6	34	190
Marzo	1,2	22,0	74	174
Abril	1,3	17,5	114	126
Mayo	1,4	13,5	146	102
Junio	1,6	10,7	180	60
Julio	1,7	9,6	205	43
Agosto	1,6	10,9	195	53
Setiembre	1,7	13,2	177	63
Octubre	1,5	16,6	149	99
Noviembre	1,5	19,3	99	141
Diciembre	2,0	22,0	56	192
Anual	1,5	16,8	1.459	1.461
Medido a	10,0	0,0		

15.1 MODELO DE ENERGÍA

Recordar que solo se entregan los resultados de el primer escenario, que trae consigo una capacidad fotovoltaica instalada de 15 kW

Tipo de análisis: Método 2.

Evaluación de recursos	
Modo de rastreo solar	Fijado
Inclinación	29
Azimut	180

En el escenario que la electricidad la venderemos al mismo precio de compra, se tiene la siguiente información:

Mes	Radiación solar diaria - horizontal	Radiación solar diaria - inclinado	Tarifa de exportación de electricidad	Electricidad exportada a la red
	kWh/m ² /d	kWh/m ² /d	\$/MWh	MWh
Enero	6,99	6,46	81.809,0	2,254
Febrero	6,19	6,13	81.809,0	1,927
Marzo	5,02	5,42	81.809,0	1,898
Abril	3,70	4,46	81.809,0	1,529
Mayo	2,53	3,36	81.809,0	1,210
Junio	2,33	3,38	81.809,0	1,173
Julio	2,54	3,59	81.809,0	1,294
Agosto	3,29	4,18	81.809,0	1,505
Setiembre	4,50	5,07	83.296,0	1,751
Octubre	5,79	5,89	83.296,0	2,087
Noviembre	6,74	6,33	91.265,0	2,156
Diciembre	7,27	6,59	91.310,0	2,313
Anual	4,73	5,07	84087,53	21,095

Radiación solar anual - horizontal	MWh/m ²	1,73
Radiación solar anual - inclinado	MWh/m ²	1,85

Dentro del catálogo del software se encuentra un panel solar con características similares al evaluado en el proyecto, adaptando los datos a modo de obtener el mismo factor de utilización que se obtuvo con el explorador solar (de 16%).

Fotovoltaico		
Tipo		poliSi
Capacidad de generación eléctrica	kW	15,00
Fabricante	LDK Solar	
Modelo	poliSi - LDK-250P-20	
Eficiencia	%	15,3%
Temperatura normal de operación de las celdas	°C	45
Coeficiente de temperatura	% / °C	0,40%
Área del colector solar	m ²	98
Pérdidas varias	%	10,0%

Los datos del inversor

Inversor		
Eficiencia	%	98,2%
Capacidad	kW	15,0
Pérdidas varias	%	10,0%

Con lo que se obtuvieron los siguientes resultados

Resumen		
Factor de utilización	%	16,1%
Electricidad exportada a la red	MWh	21,095

15.2 ANÁLISIS DE COSTOS

Costos iniciales (créditos)

Caso 1: No considerando el costo de los cargadores, evaluados en \$15.121.000

Costos iniciales (crédito)	Unidad	Cantidad	Costo unit.	Monto	Costo relativo
Estudio de factibilidad	costo	1	\$600.000	\$600.000	2,8%
Desarrollo	costo	1	\$1.500.000	\$1.500.000	7,0%
Ingeniería	costo	1	\$1.800.000	\$1.800.000	8,4%
Sistema eléctrico de potencia	costo	1	\$17.000.000	\$17.000.000	79%
Sistema de electrolineras	costo	0	\$15.121.000	-	
Transporte	proyecto		\$1.000.000	-	
Contingencias	%	3%	\$20.900.000	\$627.000	2,9%
Intereses durante la construcción		10 meses	\$21.527.000	-	
Costos iniciales totales				\$21.527.000	100%

Caso 2: Si considerando el costo de los cargadores, evaluados en \$15.121.000

Costos iniciales (crédito)	Unidad	Cantidad	Costo unit.	Monto	Costo relativo
Estudio de factibilidad	costo	1	\$600.000	\$600.000	1,6%
Desarrollo	costo	1	\$1.500.000	\$1.500.000	4,0%
Ingeniería	costo	1	\$1.800.000	\$1.800.000	4,9%
Sistema eléctrico de potencia	costo	1	\$17.000.000	\$17.000.000	
Sistema de electrolineras	costo	1	\$15.121.000	\$15.121.000	86,6%
Transporte	proyecto		\$1.000.000	-	
Contingencias	%	3%	\$36.021.000	\$1.080.630	2,9%
Intereses durante la construcción		10 meses	\$37.101.630	-	
Costos iniciales totales				\$37.101.630	100%

Para ambos casos se debe considerar costos anuales

Costos anuales (créditos)				
Operación y Mantenimiento	Unidad	Cantidad	Costo unit.	Monto
Partes y labor	proyecto	0	\$80.000	-
Costo fijo de la luz	costo	12	\$2.094	\$25.124
Contingencias	%		\$25.124	-
Subtotal:				\$25.124

15.3 ANÁLISIS DE REDUCCIÓN DE EMISIONES

Caso base del sistema eléctrico (Línea de base)

País - Región	Tipo de combustible	Factor emisión de GEI (excl. T y D)	Pérdidas T y D	Factor emisión de GEI
		tCO₂/MWh	%	tCO₂/MWh
Chile	Todos los tipos	0,410	5,0%	0,431

Resumen del sistema GEI en caso base (Línea de base)

	Mezcla de combustible	Consumo de combustible	Factor emisión de GEI	Emisiones GEI
Tipo de combustible	%	MWh	kgCO₂/kWh	tCO₂
Electricidad	100,0%	21	0,431	9,1
Total	100,0%	21	0,431	9,1

Resumen sistema GEI caso propuesto (Proyecto de generación eléctrica)

	Mezcla de combustible	Consumo de combustible	Factor emisión de GEI	Emisiones GEI
Tipo de combustible	%	MWh	tCO2/MWh	tCO2
Solar	100,0%	21	0,000	0,0
Total	100,0%	21	0,000	0,0
Electricidad exportada a la red	21 MWh			
Pérdidas T y D	5,0%	1	0,431	0,5
			Total	0,5

Resumen de reducción de emisiones GEI

Años de ocurrencia	Caso base emisiones de GEI	Caso propuesto emisiones GEI	Reducción anual bruta de emisiones GEI	Reducción de emisiones GEI anual neta
Proyecto de generación eléctrica	tCO2	tCO2	tCO2	tCO2
	9,1	0,5	8,6	8,6
Reducción de emisiones GEI anual neta	8,6	es equivalente a 1,6 Autos y camiones livianos no utilizados		

16 ANEXO 11: INFORMACIÓN ANÁLISIS FINANCIERO

Caso 15 kW

Parámetros financieros

Tasa de escalamiento de combustibles	5,0%
Tasa de inflación	2,2%
Tasa de descuento	15,0%

Renta anual

Renta por exportación de electricidad		
Electricidad exportada a la red	MWh	21
Tarifa de exportación de electricidad	\$/MWh	84.087,53
Renta por exportación de electricidad	\$	1.773.829

Resumen de costos/ahorros/ingresos del proyecto

Costos iniciales		
Estudio de factibilidad	2,8%	600.000
Desarrollo	7,0%	1.500.000
Ingeniería	8,4%	1.800.000
Sistema eléctrico de potencia	79,0%	17.000.000
Balance del sistema y misc.	2,9%	627.000
Costos iniciales totales	100,0%	21.527.000

Costos anuales	Tipo	
Operación y mantenimiento	Cargo fijo costo de electricidad	25.124

Total ahorro y renta anual	
Renta de exportación de electricidad	\$1.773.829

Considerando un Tiempo de vida del proyecto de 10 años y no incluyendo la compra del cargador

Renta por reducción de GEI		
Reducción neta GEI	tCO2/año	9
Reducción neta GEI - 10 años	tCO2	86

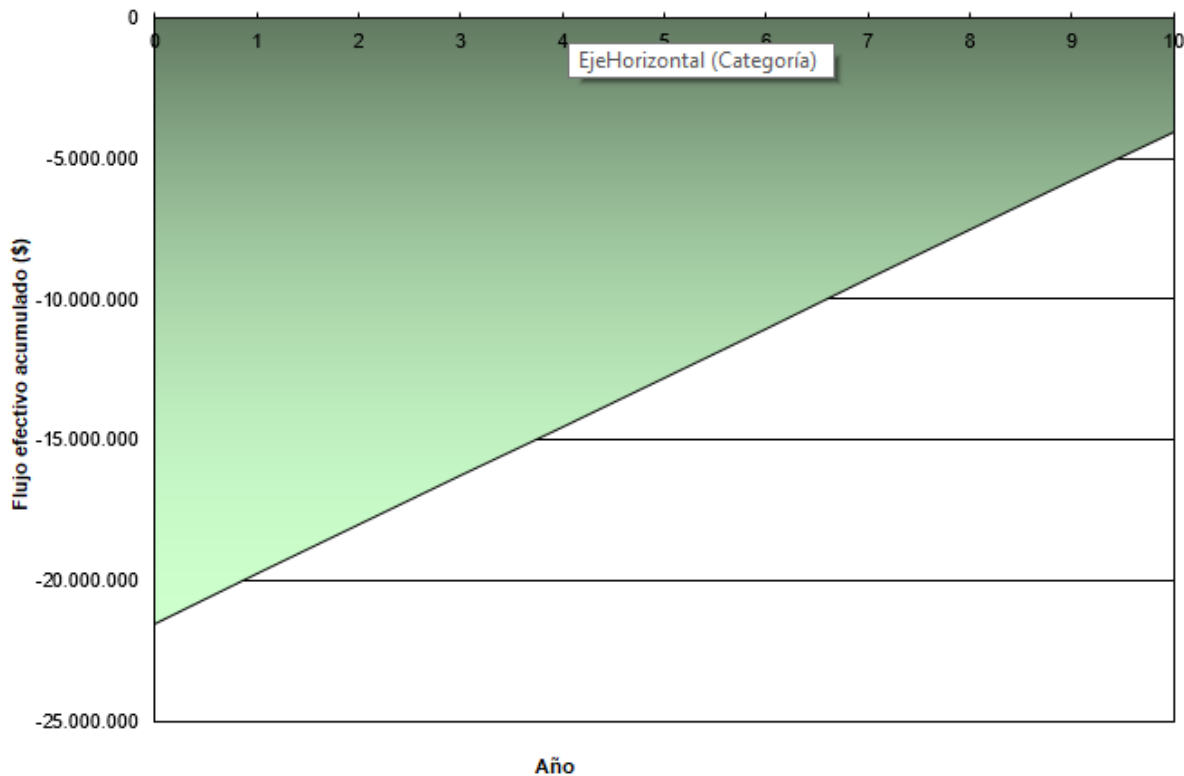
Flujos de caja anuales			
Año	Antes-impuestos	Después-impuestos	Acumulado
#	\$	\$	\$
0	-21.527.000	-21.527.000	-21.527.000
1	1.748.158	1.748.158	-19.778.842
2	1.747.598	1.747.598	-18.031.244
3	1.747.026	1.747.026	-16.284.218
4	1.746.442	1.746.442	-14.537.776
5	1.745.845	1.745.845	-12.791.932
6	1.745.235	1.745.235	-11.046.697
7	1.744.611	1.744.611	-9.302.086
8	1.743.974	1.743.974	-7.558.111
9	1.743.324	1.743.324	-5.814.788
10	1.742.659	1.742.659	-4.072.129

Viabilidad financiera

TIR antes de impuestos - capital	%	-3,6%
TIR antes - impuestos - activos	%	-3,6%
TIR luego de impuestos - capital	%	-3,6%

TIR luego de impuestos - impuestos - activos	%	-3,6%
Pago simple de retorno del capital	año	12,3
Repago - capital	año	> proyecto
Valor Presente Neto (VPN)	\$	-12.763.397
Ahorros anuales en ciclo de vida	\$/año	-2.543.133
Relación Beneficio-Costo		0,41
Cost. de produc. de energía.	\$/MWh	204.643,56
Costo de reducción de GEI	\$/tCO2	294.278

Gráfico de flujo de caja acumulado



Considerando un Tiempo de vida del proyecto de 15 años y no incluyendo la compra del cargador

Renta por reducción de GEI		
Reducción neta GEI	tCO2/año	9
Reducción neta GEI - 10 años	tCO2	130

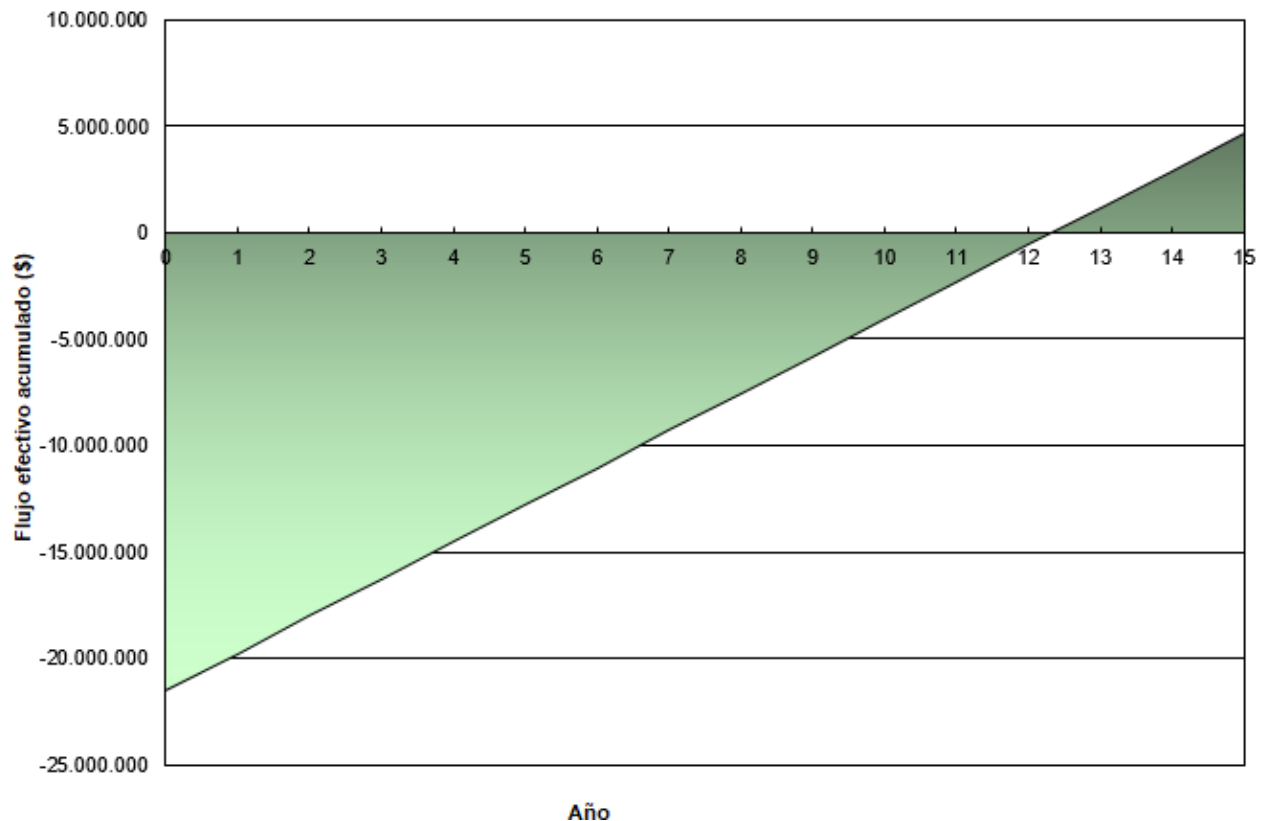
Flujos de caja anuales			
Año	Antes-impuestos	Después-impuestos	Acumulado
#	\$	\$	\$
0	-21.527.000	-21.527.000	-21.527.000
1	1.748.158	1.748.158	-19.778.842
2	1.747.598	1.747.598	-18.031.244
3	1.747.026	1.747.026	-16.284.218
4	1.746.442	1.746.442	-14.537.776
5	1.745.845	1.745.845	-12.791.932
6	1.745.235	1.745.235	-11.046.697
7	1.744.611	1.744.611	-9.302.086
8	1.743.974	1.743.974	-7.558.111
9	1.743.324	1.743.324	-5.814.788
10	1.742.659	1.742.659	-4.072.129
11	1.741.979	1.741.979	-2.330.150
12	1.741.285	1.741.285	-588.865
13	1.740.575	1.740.575	1.151.710
14	1.739.850	1.739.850	2.891.560
15	1.739.110	1.739.110	4.630.670

Viabilidad financiera

TIR antes de impuestos - capital	%	2,5%
TIR antes - impuestos - activos	%	2,5%
TIR luego de impuestos - capital	%	2,5%
TIR luego de impuestos - impuestos - activos	%	2,5%
Pago simple de retorno del capital	año	12,3
Repago - capital	año	12,3
Valor Presente Neto (VPN)	\$	-11.321.002

Ahorros anuales en ciclo de vida	\$/año	-1.936.084
Relación Beneficio-Costo		0,47
Cost. de produc. de energía.	\$/MWh	175.866,70
Costo de reducción de GEI	\$/tCO2	224.034

Gráfico de flujo de caja acumulado



Considerando un Tiempo de vida del proyecto de 20 años y no incluyendo la compra del cargador

Renta por reducción de GEI		
Reducción neta GEI	tCO2/año	9
Reducción neta GEI - 10 años	tCO2	173

Año	Antes-impuestos	Después-impuestos	Acumulado
-----	-----------------	-------------------	-----------

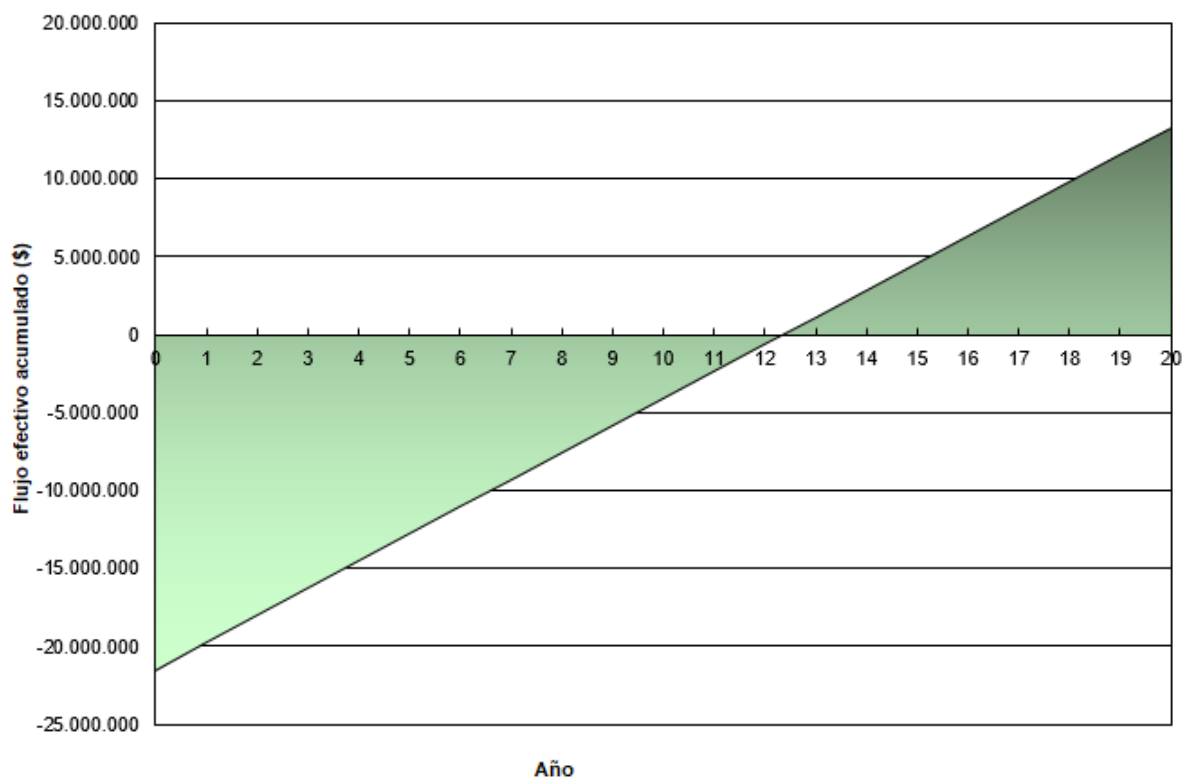
#	\$	\$	\$
0	-21.527.000	-21.527.000	-21.527.000
1	1.748.158	1.748.158	-19.778.842
2	1.747.598	1.747.598	-18.031.244
3	1.747.026	1.747.026	-16.284.218
4	1.746.442	1.746.442	-14.537.776
5	1.745.845	1.745.845	-12.791.932
6	1.745.235	1.745.235	-11.046.697
7	1.744.611	1.744.611	-9.302.086
8	1.743.974	1.743.974	-7.558.111
9	1.743.324	1.743.324	-5.814.788
10	1.742.659	1.742.659	-4.072.129
11	1.741.979	1.741.979	-2.330.150
12	1.741.285	1.741.285	-588.865
13	1.740.575	1.740.575	1.151.710
14	1.739.850	1.739.850	2.891.560
15	1.739.110	1.739.110	4.630.670
16	1.738.353	1.738.353	6.369.023
17	1.737.579	1.737.579	8.106.602
18	1.736.789	1.736.789	9.843.391
19	1.735.982	1.735.982	11.579.372
20	1.735.156	1.735.156	13.314.529

Viabilidad financiera

TIR antes de impuestos - capital	%	5,1%
TIR antes - impuestos - activos	%	5,1%
TIR luego de impuestos - capital	%	5,1%
TIR luego de impuestos - impuestos - activos	%	5,1%
Pago simple de retorno del capital	año	12,3

Repago - capital	año	12,3
Valor Presente Neto (VPN)	\$	-10.605.428
Ahorros anuales en ciclo de vida	\$/año	-1.694.339
Relación Beneficio-Costo		0,51
Cost. de produc. de energía.	\$/MWh	164.406,86
Costo de reducción de GEI	\$/tCO2	196.060

Gráfico de flujo de caja acumulado



17 ANEXO 12: CÁLCULO DE LA TARIFA DE LA LUZ

CONAFE es la encargada de cobrar la luz en el sector donde se evalúa el proyecto. Ellos tienen en consideración los siguientes factores para calcular la cuentas de luz en el supermercado.

- Cargo fijo mensual
- Cargo por el uso del sistema de transmisión
- Cargo por servicio público
- Cargo por energía
- Inyección energía/Energía cliente en opciones trifásicas AT

Los valores de cada uno de ellos se encuentran de manera pública, de forma mensual y de todos los años en su página web. Se han recopilado todos los datos de enero a diciembre de 2017.

Los resultados son:

	Cargo fijo mensual	Cargo por el uso del sistema de transmisión	Cargo por servicio público	Cargo por energía	Inyección energía/Energía clientes en opciones trifas AT (sin iva)
Unidad	\$/cliente	\$/kWh	\$/kWh	\$/kWh	\$/kWh
Enero	2165,1	1,479	-	80,33	67,504
Febrero	2167,61	1,479	-	80,33	67,504
Marzo	2180,66	1,479	-	80,33	67,504
Abril	2183,88	1,479	-	80,33	67,504
Mayo	2193,38	1,479	-	80,33	67,504
Junio	2198,98	1,479	-	80,33	67,504
Julio	2198,98	1,479	-	80,33	67,504
Agosto	2191,74	1,479	-	80,33	67,504
Septiembre	2080,33	1,479	0,575	81,242	-

Octubre	2084,65	1,479	0,575	81,242	-
Noviembre	2081,42	1,479	0,575	89,211	-
Diciembre	2093,66	1,479	0,62	89,211	-

Con estos datos se obtienen los precios de venta

	Tarifa de exportación de electricidad	Precio de venta según Net Metering	Precio de venta según Net Billing
	\$/kWh	\$/MWh	\$/MWh
Enero	81,809	81809	40904,5
Febrero	81,809	81809	40904,5
Marzo	81,809	81809	40904,5
Abril	81,809	81809	40904,5
Mayo	81,809	81809	40904,5
Junio	81,809	81809	40904,5
Julio	81,809	81809	40904,5
Agosto	81,809	81809	40904,5
Septiembre	83,296	83296	41648
Octubre	83,296	83296	41648
Noviembre	91,265	91265	45632,5
Diciembre	91,31	91310	45655

Respecto a estos dos sistemas de venta mencionados, el sistema de regulación domiciliaria más utilizado alrededor del mundo es el denominado Balance Neto o “Net metering”, el cual consiste en la medición de la energía consumida y la energía inyectada por el usuario final, quien sólo debe pagar la diferencia entre lo consumido y lo inyectado en la factura de cada mes, y en

caso de existir un excedente de inyección a la red, la empresa debe pagar al usuario cada KiloWatt (KW) al mismo precio que el de venta.

Por nuestra parte, en Chile, un país abastecido por una gran cantidad de recursos energéticos de origen renovable, se incorporó el reglamento de Ley N° 20.571 que expresa una suerte de “incentivo” para el desarrollo de sistemas de generación en base a fuentes de energías renovables. Los primeros esfuerzos en la elaboración de esta ley pretendían generar un sistema similar al implementado en países desarrollados, sin embargo, después de más de dos años de tramitación se ha generado un modelo que difiere en parte del sistema de “Balance neto” como tal, el denominado *Net Billing*. Según el nuevo reglamento chileno, las inyecciones de energía realizadas desde los hogares serán valorizadas a un precio menor que el de compra, específicamente será equivalente al precio nudo, es decir el precio base al cual las empresas distribuidoras venden a sus clientes regulados sin considerar costos por servicio (\$48,82 / KWh promedio para el caso del Sistema Interconectado Central), mientras que el precio que pagan los usuarios, redondea los \$81/ KWh (caso de Santiago). Además, el usuario debe realizar un estudio que certifique el correcto funcionamiento de su sistema mediante la evaluación de un profesional afín o un eléctrico autorizado por la Superintendencia de Electricidad y Combustibles, lo cual implica otro costo para los interesados en generar e inyectar energía al sistema local.

Bien, en un proyecto de investigación realizado por Celedón y Cortez, de la Universidad Católica de Chile el año 2013, se evaluó la factibilidad económica que tendría la implementación de un sistema solar fotovoltaico de 4 KW en un hogar chileno en Antofagasta, Santiago y Concepción, contrastando los resultados para una regulación *Net Metering*, *Net Billing* y *Feed-in Tariff*. Considerando el actual escenario legislativo de nuestro país en la materia, los resultados de este estudio no son en absoluto alentadores, ya que se estableció que con los actuales precios de

insumos fotovoltaicos y de electricidad, la inversión inicial no se recuperaría para ninguna de las ciudades evaluadas. Incluso considerando que el actual sistema de *Net Billing* se cambia a *Net metering*, el estudio demuestra que se vuelve económicamente inviable para un hogar promedio realizar este tipo de inversiones, generando una recuperación de la inversión en 35 años para Santiago, 16 años para Antofagasta y 30 años para el caso de Concepción. Considerando que la vida útil de los paneles fotovoltaicos es aproximadamente 30 años se podría suponer que para las ciudades del centro y sur del país no existe una recuperación de la inversión, mientras que para la ciudad nortina se comenzaría a gozar de los beneficios del sistema solar después de 16 años.

Por este motivo es que el proyecto se evalúa utilizando un precio de venta según *Net Metering*, para generar que se promueva este cambio de políticas dado que así el proyecto tiende a mejorar su rentabilidad.

18 CAPITULO VI: BILIOGRAFÍA

- ABB. (2017a). Electric Vehicle Charging Infrastructure. Terra multi-standard DC charging station 23. Retrieved from <http://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=4EVC301503-LFEN&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>
- ABB. (2017b). Ficha técnica inversor ABB 50 kW. Retrieved from http://puntosolar.cl/wp-content/uploads/2017/09/Ficha_Tecnica_ABB_Inversor_String_TRIO-50.0_EN_RevC.pdf
- Aldama, Z. (2017). El coche se enchufa en China.pdf. Retrieved from https://elpais.com/economia/2017/04/28/actualidad/1493367412_142976.html
- ANAC. (2017). Mercado Automotor Agosto 2017. Retrieved from <http://www.anac.cl/uploads/web/08 - ANAC - Mercado Automotor Agosto 2017.pdf>
- Baltimore_Operations_GM. (2015). Pagina Baltimore Operations.pdf. Retrieved from <http://baltimore.gm.com/Facilities/public/us/en/baltimore/news.html>
- BBC_Mundo. (2017). Países donde los autos eléctricos tienen más éxito.pdf. Retrieved from <http://www.bbc.com/mundo/noticias-40136231>
- Beijing_Municipal_Commissio_of_Transport. (2016). Public Announcement on the 4th Vetting and Lottery Results of License Plates in 2016. Retrieved from http://www.bjhjyd.gov.cn/jggb/2016824/1472051463524_1.html
- Brenna, M., Longo, M., Zaninelli, D., Viola, F., Miceli, R., & Romano, P. (2017). The strategies for the diffusion of EVs: Focus on Norway and Italy. *2017 12th International Conference on Ecological Vehicles and Renewable Energies, EVER 2017*.

<https://doi.org/10.1109/EVER.2017.7935891>

Canseco Ramírez, M. A. (2004). *Sistema de propulsión de un vehículo híbrido eléctrico*.

Retrieved from http://www.cenidet.edu.mx/subaca/web-elec/tesis_mc/159MC_macr.pdf

CleanTechnica, E. O. &. (2017). Electric Car Sales (Monthly Reports). Retrieved from

<https://evobsession.com/electric-car-sales/>

Cobb, J. (2017). Top 10 Plug-in Vehicle Adopting Countries of 2016. Retrieved from

<http://www.hybridcars.com/top-10-plug-in-vehicle-adopting-countries-of-2016/>

Coordinador Electrico Nacional. (2017). Presidenta de la republica participa de la ceremonia de interconexion SING-SIC.pdf. Retrieved from

<https://www.coordinadorelectrico.cl/noticias/archivo/presidenta-de-la-republica-michelle-bachelet-participo-de-la-ceremonia-de-interconexion-de-los-sistemas-electricos-sing-y-sic/>

Corporación de Fomento de la Producción. (2017). Plataforma Ley de Lobby.pdf. Retrieved from <https://www.leylobby.gob.cl/instituciones/AH004/audiencias/2017/1704/191955>

Digital, C. N. (2011). Chile inaugura primera estación de carga para autos eléctricos en

Latinoamérica. *Caribbean News Digital*, 5–7. Retrieved from

<http://www.caribbeannewsdigital.com/noticia/chile-inaugura-primera-estacion-de-carga-para-autos-electricos-en-latinoamerica>

Dudley, B. (2017). BP Energy Outlook - 2017 edition, 1–103. Retrieved from

<https://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energy-economics/energy-outlook-2017/bp-energy-outlook-2017.pdf>

Electromovilidad. (2017). Modos de recarga del vehículo eléctrico. Retrieved from

<http://electromovilidad.net/modos-de-recarga-del-vehiculo-electrico/>

Endesa. (2017a). Recarga del vehículo eléctrico. Retrieved from

<http://www.endesavehiculoelectrico.com/vehiculo-electrico/recarga/tipos>

Endesa. (2017b). Tipos de Vehículos eléctricos. Retrieved from

<http://www.endesavehiculoelectrico.com/vehiculo-electrico/el-vehiculo/tipos>

Enel. (2015). Chilectra completa 10 electrolineras instaladas en Santiago estableciendo una red de interconexión para cuatro comunas de la Región Metropolitana. Retrieved from

<https://www.eneldistribucion.cl/la-compania/chilectra-completa-10-electrolineras-instaladas-santiago-estableciendo-red-interconexion-cuatro-comunas-region-metropolitana>

Enel. (2017). Ubicación electrolineras en Santiago.pdf. Retrieved from

<https://www.eneldistribucion.cl/mapa-electrolinera>

Escobar, N., Gil, A., & Restrepo, A. (2015). *Caracterización preliminar del consumidor verde antioqueño: El caso de los consumidores del Valle de Aburrá*. *Rev. esc.adm.neg.* Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/ean/n78/n78a07.pdf>

Explorador Solar de la Universidad de Chile. (2017a). *Reporte Solar Escenario 1*. Valparaíso.

Retrieved from http://ernc.dgf.uchile.cl:48080/temp/reportePV_BESW45G.pdf

Explorador Solar de la Universidad de Chile. (2017b). *Reporte Solar Escenario 2*. Retrieved

from <http://ernc.dgf.uchile.cl:48080/fotovoltaico>

Explorador Solar de la Universidad de Chile. (2017c). *Reporte Solar Escenario 3*. Retrieved

from http://ernc.dgf.uchile.cl:48080/temp/reportePV_999SPQS.pdf

Fronius. (2017). Ficha técnica de Inversor Red FRONIUS Symo 15-3-M light 15kW. Retrieved

from <https://autosolar.es/pdf/Ficha-Tecnica-Fronius-Symo.pdf>

Guo, O. (2016). Want to Drive in Beijing? Good Luck in the License Plate Lottery. Retrieved from <https://www.nytimes.com/2016/07/29/world/asia/china-beijing-traffic-pollution.html>

Hernández, L. (2017). Tesla logra record de ventas en el primer trimestre de 2017. Retrieved from <http://noticias.autocosmos.com.mx/2017/04/04/tesla-logra-cifras-record-de-ventas-en-el-primer-trimestre-de-2017>

Ibarra, A. M. (2011). Mitsubishi i-MIEV: Lanzado oficialmente en Chile, 1–14. Retrieved from <http://cl.noticias.autocosmos.yahoo.net/2011/05/04/mitsubishi-i-miev-lanzado-oficialmente-en-chile>

IDAE. (2012). *Mapa Tecnológico Movilidad Eléctrica*. Retrieved from http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Movilidad_Electrica_ACC_c603f868.pdf

Indiana_Office_of_Energy_Development. (2017). ELECTRIC VEHICLES (EVS, HEVS, PHEVS). Retrieved from <http://www.in.gov/oed/2675.htm>

Ingeteam. (2017a). Ficha técnica inversor Ingeteam 50 kW. Retrieved from <https://autosolar.es/pdf/Ingeteam-Ingecon-Sun-Power.pdf>

Ingeteam. (2017b). Ficha técnica Inversor Red 15000W Trifásico INGECON Sun 3PLAY 15TL. Retrieved from <https://autosolar.es/pdf/Ingeteam-Ingecon-3Play.pdf>

Jranchal_TI. (2009). Obama impulsa el vehículo eléctrico en EEUU.pdf. Retrieved from http://www.silicon.es/obama-impulsa-el-vehiculo-electrico-en-estados-unidos-105911?inf_by=59669467681db8ac3a8b4638

- Luis Hernandez. (2017). Las 10 ciudades de EEUU con más estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos.pdf. Retrieved from <http://noticias.espanol.autocosmos.com/2017/08/03/las-10-ciudades-de-estados-unidos-con-mas-estaciones-de-carga-rapida-para-vehiculos-electricos>
- Meneses, O. (2012). *ESTRATEGIA DE MARKETING PARA EL VEHICULO ELECTRICO EN CHILECTRA*. Retrieved from <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/111437/Estrategia-de-marketing-para-el-vehiculo-electrico-en-Chilectra.pdf?sequence=3>
- Ministerio de energía. (2014). BNE2014BalanceEnergiaGlobal_5928423790744618458. Retrieved from <http://datos.energiaabierta.cl/datastreams/111597/bne-2014-balance-energia-global/>
- Ministerio de energía. (2017). Estrategias De Electromovilidad. Retrieved from <http://www.energia.gob.cl/participa/consultas-ciudadanas/estrategia-de>
- Ministerio de Energía. (2015). Política Energetica de Chile 2050. Retrieved from http://www.energia.gob.cl/sites/default/files/energia_2050-_politica_para_consulta_0.pdf
- Ministerio de Energía. (2016). Energía 2050 - Política Energetica De Chile. Retrieved from http://eae.mma.gob.cl/uploads/D03_Politica_Energetica_de__Chile_2050_Anteproyecto2.pdf
- Ministerio de energía; Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones; Ministerio del Medio Ambiente. (2016). Estrategia de electromovilidad en Chile. *Ministerio de Energía, 1*, 1–24. Retrieved from http://www.minenergia.cl/archivos_bajar/ucom/consulta/Estrategia_Electromovilidad_en

Chile.pdf

- Mtonline. (2017). Chile saca ventaja con los autos eléctricos.pdf. Retrieved from <http://mtonline.cl/2017/09/chile-autos-electricos/>
- Notimex. (2017). Aprueban multa millonaria a Volkswagen por trucar emisiones contaminantes. *Dinero En Imagen, 1*, 15–16.
- Noya, B. C. (2011). China prepara un plan para instalar 10 millones de puntos de recarga.
- Noya, C. (2017a). El 72% de las estaciones de servicio de las autopistas de Reino Unido, tienen un punto de recarga para coches eléctricos. Retrieved from <http://forococheselectricos.com/2016/02/72-estaciones-de-servicio-de-reino-unido-punto-de-recarga-para-coches-electricos.html>
- Noya, C. (2017b). Francia ya tiene casi 16.000 puntos de recarga públicos para coches eléctricos | forococheselectricos. Retrieved from <http://forococheselectricos.com/2017/01/francia-ya-tiene-casi-16-000-puntos-de-recarga-publicos-para-coches-electricos.html>
- Otero, J. L. S. (2014). La carga rápida es menos perjudicial de lo que se pensaba (según un estudio). Retrieved from <https://www.motorpasionfuturo.com/industria/la-carga-rapida-menos-perjudicial-de-lo-que-se-pensaba-segun-un-estudio>
- Pizarro, C. (2017). Chile se suma a la corriente de los autos eléctricos. Retrieved from <http://www.latercera.com/noticia/chile-se-suma-la-corriente-los-autos-electricos/>
- Revistaei. (2017). ABB en Chile expande base instalada de cargadores rápidos para autos eléctricos en colaboración con Enel Distribución. *Revistaei, 3*. Retrieved from <http://www.abb.cl/cawp/seitp202/2b2f7fe4105630308525815c00465fc1.aspx>

- SEC. (2016). Costo de instalaciones fotovoltaicas solares. Retrieved from http://www.sec.cl/pls/portal/docs/PAGE/SEC2005/ELECTRICIDAD_SEC/ERNC/GENERACION_DISTRIBUIDA/LINKS_Y_NOTICIAS/TAB6243717/COSTO_DE_INSTALACIONES_SOLARES_FOTOVOLTAICAS.PDF
- SMA. (2017a). Ficha técnica Sunny Tripower 15000TL.
- SMA. (2017b). Ficha técnica SUNNY TRIPOWER 30000TL-US.
- The_Chinese_news. (2017). Shanghai is the most expensive license plate was berserk 89800 yuan license plate auction record high April bid analysis rate of only 4.8% 2017 Shanghai license plate price trend.pdf. Retrieved from <http://thechinesenews.net/Today-News/59777.html>
- The PowerStore. (2017). SUNNY TRIPOWER CORE1 50 kW. Retrieved from [file:///C:/Users/Camila Pia/Downloads/SMA-STP-CORE1-Brochure-US \(1\).pdf](file:///C:/Users/Camila Pia/Downloads/SMA-STP-CORE1-Brochure-US (1).pdf)
- URZÚA, D. H., & SCRIVANTI, G. Q. (2011). *Valor De Marca Verde Y Su Relación Con : Imagen De Marca Verde , Satisfacción Verde Y Confianza Verde*. Retrieved from <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/108096/Herrera U.%2C Daniela.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Vemotek. (2017). Reino Unido obligará a las gasolineras a cargar los coches eléctricos. Retrieved from <https://vemotek.com/2017/10/22/reino-unido-obligara-a-las-gasolineras-a-cargar-los-coches-electricos/>
- Xavier, L., Hinojosa, O., Jose, J., & Mediavilla, C. (2017). Análisis de incentivos y proyecciones del vehículo 100 % eléctrico en el ecuador. Guayaquil, Ecuador: INNOVA Research

Journal. Retrieved from

<http://www.journaluidegye.com/magazine/index.php/innova/article/view/243>

Xinhua. (2017). The Subsidy to Electric Cars to be Eliminated by 2020.pdf. Retrieved from

<http://finance.qq.com/a/20170207/016510.htm>

Yang, X., Jin, W., Jiang, H., Xie, Q., Shen, W., & Han, W. (2017). Car ownership policies in

China: Preferences of residents and influence on the choice of electric cars. *Transport*

Policy, 58(February), 62–71. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2017.04.010>