

UNIVERSIDAD DE VALPARAÍSO

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS

ESCUELA DE INGENIERÍA COMERCIAL



“Contextualización del mercado de las ERNC en Chile”

MEMORIA PARA OPTAR

**AL GRADO DE LICENCIADO EN CIENCIAS EN LA ADMINISTRACIÓN DE
EMPRESAS Y**

AL TÍTULO DE INGENIERO COMERCIAL

Profesor Guía: SR. DANIEL CABRERA PANIAGUA

Alumno: SRTA. MARCELA VARAS SÁNCHEZ

VIÑA DEL MAR, 2018

INDICE

INDICE DE ILUSTRACIONES.....	iv
INDICE DE TABLAS.....	v
RESUMEN	vii
INTRODUCCIÓN	1
■ CAPITULO I: MARCO TEORICO	3
1.1 País OCDE	3
1.2 Crecimiento económico y recursos	3
1.3 Fuentes de Energía.....	6
1.3.1 No renovables.....	7
1.3.1.1 Carbón.....	7
1.3.1.2 Petróleo.....	7
1.3.1.3 Gas natural	7
1.3.1.4 Energía nuclear.....	8
1.3.2 Renovables	8
1.3.2.1 Energía hidráulica.....	8
1.4 ERNC (Energías Renovables No Convencionales).....	11
1.5 Seguridad energética.....	13
1.6 Clientes	16

■	CAPITULO II: INVESTIGACIÓN	17
2.1	Escenario Global Energético	17
2.2	Descripción de uso nacional de ERNC.....	23
2.2.1	Situación actual del país	23
2.2.2	Marco Legal	27
2.2.3	Participación de las ERNC en la matriz energética.....	28
2.2.4	Capacidad instalada	29
2.2.5	Matriz energética.....	30
2.2.6	Consumo por sector	30
2.2.7	Sistemas de distribución	33
2.2.8	Sistema de transmisión.....	35
2.2.9	Tipos de Energía	36
2.2.10	Proyecto Valhalla – Espejo de Tarapacá	43
2.2.11	Cumplimiento de leyes.....	44
2.2.12	Meta 2050 – Proyecto de Ley	44
2.2.13	Fomento de las ERNC	47
2.3	Oferta energética: Proyectos Estudio – Aprobación – Construcción - Funcionamiento.....	54
2.4	Oferta Fuentes Convencional y ERNC	55

2.5	Oferta hasta 2024.....	55
2.6	Oferta y consumo por sector	58
■	CAPITULO III: RESULTADOS	59
3.1	Proyección por sector	61
3.1.1	Sector Residencial	61
3.1.2	Sector Transporte	62
3.1.3	Sector Minero (Cobre).....	64
■	CAPITULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	66
4.1	Discusiones	66
4.2	Conclusiones.....	68
	BIBLIOGRAFÍA.....	71
	ANEXOS.....	81
	ANEXO 1	81
	ANEXO 2	82
	ANEXO 3	85

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Ingreso a operación estimada de obras. (Programa Energía Solar, 2017).....	54
Gráfico 2- Capacidad Instalada por tipo de fuente de energía hasta 2024 (Elaboración propia) Fuente: CNE, SEIA.....	55
Gráfico 3 - Capacidad Instalada hasta 2024 (Proyección Oferta) (Elaboración propia) Fuente: CNE, SEIA.....	56
Gráfico 4 - Capacidad Instalada Acumulada al 2024.....	57
Gráfico 5 - Demanda proyectada a 2035 (Elaboración propia) Fuente: CNE.....	59
Gráfico 6 - Oferta y demanda de energía proyectada a 2024 (Fuente: Datos de gráfico 3 y 4, CNE y SEIA).....	60
Gráfico 7 - Consumo Eléctrico Nacional de la Minería del cobre 2016-2027 (COCHILCO, 2016).....	64

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 - Promedio de cambio porcentual anual en el PIB, 2015-2040 (U.S. Energy Information Administration, 2017).....	5
Ilustración 2 - Capacidad total instalada a la fecha (CNE, 2017).....	10
Ilustración 3 - Consumo de energía por fuente de energía (Oil & Gas Journal, 2017).....	17
Ilustración 4 - Generación de electricidad mundial por fuente.....	20

Ilustración 5 Inversión - Países en vías de desarrollo versus países desarrollados	21
Ilustración 6 - Participación estimada de Energía Renovable en la producción de electricidad a nivel mundial, a finales de 2015 (REN21, 2016)	23
Ilustración 7 - Índice de consumo final de energía y PIB (Banco Mundial, Balance Nacional de Energía, Ministerio de Energía, 2015).....	26
Ilustración 8 - Balance nacional de energía 2015 (CNE, 2015)	29
Ilustración 9 - Total del consumo final por sector en Chile (Tcal) (Comisión Nacional de Energía, 2016).....	31
Ilustración 10 - Participación de tecnologías ERNC en inyecciones asociadas a Ley 20.257 (Programa Energía Solar, 2017)	38
Ilustración 11 - Actividades y actores involucrados en meta 2050 (Deloitte, 2016)46	
Ilustración 12 - Sistema de Matriz Sustentable (Fuente – La Tercera)	54
Ilustración 13 - Consumo de energía final en Tera calorías (Ministerio de Energía, 2015)	58
Ilustración 14 - Flota de autos eléctricos, 2016-2040 (IEA, 2016).....	63

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 – Desglose de Capacidad Total Instalada, al 30/09/17 Los datos: SIC – SING – MAGALLANES – AYSEN	11
Tabla 2 – Desglose de capacidad instalada por tipo de ERNC.....	29
Tabla 3- Resultado del Programa Techos Solares Públicos	37

Tabla 4 - Estrés Hídrico 2010-2040	43
Tabla 5-Ejemplos de Proyectos ERNC Paralizados (Deloitte, 2016)	53
Tabla 6 - Gross energy generated by the electricity system in 2015 – NCRE (GWh).	57
Tabla 7- Proyectos en SEIA.....	61
Tabla 8 - Previsión de Demanda SIC y SING de clientes regulados y libres [GWh]. (Comisión Nacional de Energía, 2017)	82
Tabla 9 - Capacidad Instalada Acumulada (MW).....	82
Tabla 10 - Oferta y demanda 2016-2024	85

RESUMEN

A través de la presente investigación se muestra el estado de la presente matriz energética nacional, su consumo, su funcionamiento, su desarrollo, y cómo ha cambiado con la irrupción de las ERNC. El sector energético en Chile, pasa hoy por varios cuestionamientos en cuanto a diversos ámbitos (económico, político y social). A partir de este análisis, se puede identificar el desarrollo del sector contrastado con que Chile pueda posicionarse dentro los países con mejor calidad de vida y que sea congruente con la meta de desarrollo económico que se ha propuesto, y llegar al estándar de países OCDE.

ABSTRACT

Through this research, the state of the present national energy matrix, its consumption, its operation, its development, and how it has changed with the irruption of the NCREs, is shown. The energy sector in Chile today faces several questions regarding different areas (economic, political and social). From this analysis, we can identify the development of the sector contrasted with Chile being able to position itself within the countries with the best quality of life and that is consistent with the goal of economic development that has been proposed, and reach the OECD countries standard.

INTRODUCCIÓN

Chile posee una geografía única. Posee innumerables accidentes geográficos con climas extremos, microclimas y nichos ecológicos, posee lugares recónditos habitados y además está expuesto a numerosos desastres naturales (terremotos, aluviones, inundaciones, etc.). Esta combinación de factores provoca un riesgo mayor en la seguridad energética nacional, por lo que se ha dado gran importancia a los temas relacionados con el desarrollo, mejoramiento y ampliación de la matriz energética nacional.

Un hito importante ha sido la creación de nuevas leyes que impulsa el desarrollo de estas tecnologías. La caracterización del sistema energético permite visualizar oportunidades para el país y mejorar la manera en que produce y utilizan sus recursos naturales. Esto se refiere en tanto explotarlos para que el beneficio se quede dentro de las fronteras y no se exporte. Chile por sus características geográficas cuenta con la disponibilidad de recursos para desarrollar gran variedad de energías y diversificar más aún la matriz.

En Chile se define como fuentes de Energías Renovables No Convencionales (ERNC) a la eólica, la pequeña hidroeléctrica (centrales hasta 20 MW), la biomasa, el biogás, la geotermia, la solar y la energía mareomotriz. Estas energías están tomando importancia, pero en contraste, la matriz energética en Chile se basa mayoritariamente en combustibles fósiles que son importados (70%), por lo tanto, están sujetos a cambios de precio y relaciones internacionales. El hecho de la dependencia energética genera un espacio para el desarrollo y la inclusión de las

ERNC, con el fin de diversificar la matriz es un gran avance. Es así como en los capítulos 2 y 3 se realiza una investigación de cómo se desarrollan los proyectos, que suplirían la demanda energética. Actualmente Chile se enfoca en cumplir con los estándares OCDE de eficiencia energética, por lo tanto, la demanda se podrá reducir y la oferta se puede destinar a otros mercados.

Objetivo General

1. Examinar el contexto de desarrollo de las ERNC en Chile, durante el período (2005 – actualidad).

Objetivos Específicos

1. Efectuar un levantamiento sobre la capacidad, consumo y alcances de aplicación de ERNC.
2. Describir el desarrollo de ERNC en Chile (2005 – actualidad).
3. Analizar las proyecciones del mercado asociadas a las ERNC.

CAPITULO I: MARCO TEORICO

1.1 País OCDE

La Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) es una Organización intergubernamental que reúne a 34 países comprometidos con las economías de mercado y con sistemas políticos democráticos, que en su conjunto representan el 80% del PIB mundial.

Es una organización en la que los países comparan, intercambian experiencias en políticas públicas, identifican mejores prácticas, promueven decisiones y recomendaciones, y mediante esos y otros instrumentos legales, acuerdan y se comprometen con estándares de alto nivel técnico y avanzada voluntad política.

La OCDE se propone como misión apoyar el crecimiento económico, aumentar el empleo, mejorar la calidad de vida, mantener la estabilidad financiera, asistir a otros países con su desarrollo económico y contribuir al crecimiento del comercio mundial.

Hito: “En mayo del 2007, y después de más de una década de participación como observador en los Comités y Grupos de Trabajo de la OCDE, el Consejo de Ministros de los países que integran la OCDE invitó a Chile a iniciar el proceso de acceso junto a otros cuatro países”. (DIRECON, 2018)

1.2 Crecimiento económico y recursos

Según Dornbusch, Fischer, & Startz (2009) la producción de un país, consume sus recursos, específicamente energía. Los recursos no son infinitos, por lo tanto, es probable que se agoten. A medida que escasea el suministro de unos recursos, su

precio aumenta. Por otro lado, se tiene que el progreso técnico e innovación nos permite producir más con menos recursos.

Según Labandera , Carmelo, & Vázquez (2007) hasta que no apareció la economía ambiental, la economía sólo se preocupaba de la producción y consumo. Desde la Revolución Industrial, y luego de la Segunda Guerra Mundial, se comienza a mostrar preocupación en el ámbito ambiental. Los cambios en el precio del petróleo, generan preocupación en el agotamiento de recursos. Por otro lado, los efectos de la industrialización y el crecimiento económico se reflejan en el deterioro del paisaje, salud humana, contaminación del aire y agua.

Como tercer factor se considera que el crecimiento acelerado de la población en los países menos industrializados se traduce en una mayor presión sobre los recursos, lo que conlleva un agravamiento de los niveles de pobreza, pero también el riesgo de extinción de especies y la desaparición progresiva de recursos fundamentales para el equilibrio ecológico planetario como, por ejemplo, las selvas.

Se trata, en este caso, de la espiral población-pobreza-deterioro ambiental, con efectos locales, regionales y globales, y que explica el surgimiento de la preocupación por la equidad en el bienestar intra-generacional. Se hace necesario planificar y colaborar en la consecución del nivel y el tipo de desarrollo adecuados para los países menos industrializados para así prevenir y solucionar problemas de tipo social, pero también ambientales. (Larraín B. & Sachs, Macroeconomía en la Economía Global, 2013)

Average annual percent change in GDP, 2015-40
percent per year

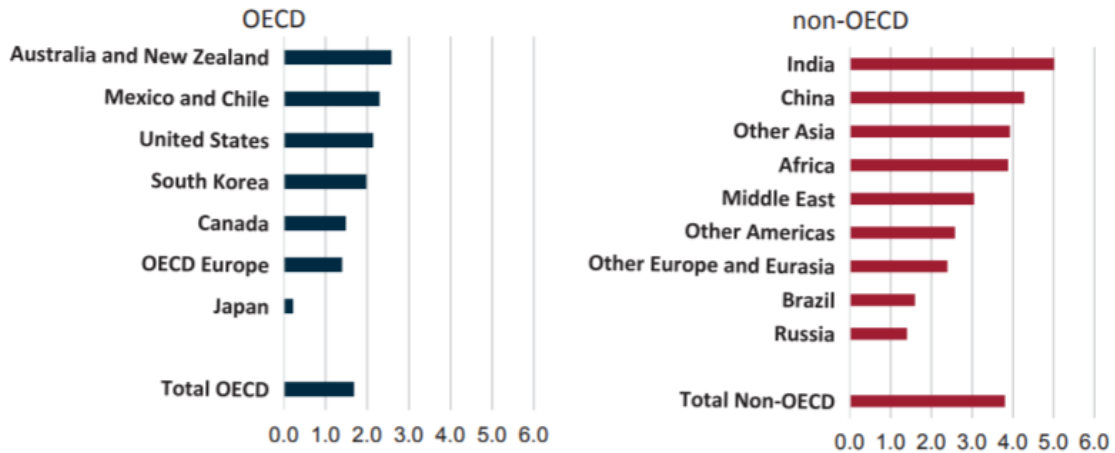


Ilustración 1 - Promedio de cambio porcentual anual en el PIB, 2015-2040
(U.S. Energy Information Administration, 2017)

El aumento en un 1% de la expectativa de crecimiento del PIB para dos años más adelante produciría:

- Un aumento de un 12,4% en el pronóstico de la cantidad total de Energía a demandarse en el Sistema
- Un aumento de un de un 13,6% en la demanda de potencia máxima (Palma Llewellyn, 2015)

En la función de producción se identifican también además del Capital y Trabajo, Recursos Naturales y el Capital humano. (Dornbusch, Fischer, & Startz, 2009)

La producción industrial tiene lugar dentro de grandes empresas, que pueden aprovechar las economías de escala de la producción.

Más aún, estas empresas industriales están muy interconectadas y es común que la producción de unas sirva de insumo a otras. Así, estas empresas encuentran conveniente ubicarse relativamente cerca unas de otras, a fin de compartir una infraestructura común de comunicaciones, medios de transporte, suministro de energía y demás. Las compañías que producen bienes de consumo final por lo general encuentran provechoso establecerse cerca de los principales centros de consumo de sus productos. El ahorro de costos que resulta de la proximidad con otras empresas se conoce como economías de aglomeración.

En años recientes, el proceso de urbanización ha sido parte importante del crecimiento económico de China y, en menor medida, de India. Mientras que en 1980 la población urbana de China estaba en torno a 26% y la de India en 23%, en 2010 dicha cifra se habría ubicado en torno a 45% y 30% respectivamente. El traslado de trabajadores desde el sector rural hacia el sector urbano de mayor productividad ha sido una fuente de crecimiento importante en estos países, y debido al bajo nivel de urbanización que persiste en la actualidad –pese al avance de los últimos 30 años–, este proceso seguirá impulsando un aumento de la productividad y el crecimiento por muchos años más.

1.3 Fuentes de Energía

Las fuentes energéticas se pueden clasificar en función de si provienen de recursos renovables o no renovables. Las provenientes de recursos no renovables se encuentran limitadas, y sus reservas disminuyen a medida que se consumen. Se distinguen:

1.3.1 No renovables

1.3.1.1 Carbón

Combustible fósil producido por la acumulación de vegetales que, a causa de variaciones de presión y temperatura, han sufrido un proceso de mineralización y carbonización. Puede ser de diferentes tipos: antracita, hulla, lignito y turba. El de mayor poder calorífico y también el más antiguo es la antracita. Las centrales termoeléctricas son aquellas que generan energía eléctrica a partir de la combustión. Es decir, más específicamente una central termoeléctrica es una instalación en donde la energía mecánica que se necesita para mover el rotor del generador y, por tanto, obtener la energía eléctrica, se obtiene a partir del vapor formado al hervir el agua en una caldera. El vapor generado tiene una gran presión, y se hace llegar a las turbinas para que en su expansión sea capaz de mover los álabes de las mismas. (PUC - Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Eléctrica, 2004)

1.3.1.2 Petróleo

Combustible fósil formado principalmente por hidrocarburos, proveniente de la descomposición anóxica de los restos de organismos vivos.

1.3.1.3 Gas natural

Combustible de origen común al petróleo, formado principalmente por metano. Su utilización ha aumentado en los últimos años, ya que su conversión energética contamina menos que el resto de combustibles convencionales.

1.3.1.4 Energía nuclear

Proviene de las reacciones nucleares o de la desintegración de los átomos. La fisión nuclear consiste en la división de un átomo pesado, mientras que la fusión nuclear, investigada para poder ser utilizada comercialmente en el futuro, está basada en la unión de núcleos ligeros para formar otro más pesado. El problema de la fusión es que es necesario alcanzar temperaturas de millones de grados centígrados, por lo que todavía no existen reactores adecuados.

1.3.2 Renovables

Las fuentes que provienen de recursos renovables son inagotables, y cabe destacar:

1.3.2.1 Energía hidráulica

Obtenida a partir de la energía contenida en el agua aprovechando los saltos de las presas. Chile es un país con una alta cordillera con respecto al nivel del mar. La precipitación que cae en la cordillera normalmente es sólida (nieve). Ahí se forma además hielo que junto con la nieve se derriten en un tiempo muy corto, entre septiembre y enero-febrero. Depende de hidrología del lugar donde se establece. Su generación no produce gases, calor a la atmósfera ni devuelve agua con una temperatura elevada al mar, como si lo hacen las centrales termoeléctricas. Además, no hay dependencia de recursos que provienen del exterior, como el carbón, el gas o el diesel. (Electricidad, 2011). Se incurre en altos costos de

instalación, pero bajos costos de mantención y operación. Además, presenta una larga vida útil. (ODEPA, 2013)

1.3.2.2 Energía solar

Proviene directamente del Sol en forma de radiación electromagnética, pudiéndose transformar en calor (energía solar térmica) o en electricidad (energía solar fotovoltaica).

1.3.2.3 Energía eólica

Producida por la fuerza del viento. Debido a su naturaleza dispersa e intermitente solo puede aprovecharse en unas zonas concretas.

1.3.2.4 Energía de la biomasa

Se obtiene de los compuestos orgánicos a partir de cultivos energéticos, residuos forestales, etc. Es un recurso local que no está sujeto a fluctuaciones de precios en mercados internacionales de combustibles, reduciendo así la dependencia y la presión en el precio del petróleo. Su uso puede estimular las economías rurales, creando nuevos empleos e ingresos opciones, así como la reducción de las presiones económicas sobre producción y silvicultura.

1.3.2.5 Energía geotérmica

Se basa en el calor que se transmite por conducción desde el interior de la Tierra hasta la superficie.

1.3.2.6 Energía Mareomotriz

La energía del oleaje proviene de la energía entregada por el viento a la superficie marina por medio del roce entre ambos fluidos y diferencias de presión. Una manera de convertir esta energía en electricidad es por medio de flotadores conectados a bombas hidráulicas las cuales alimentan turbinas. Los flotadores se mueven junto con el oleaje generando movimiento el cual es transmitido a las bombas hidráulicas.

(Schacht Wall, 2012)

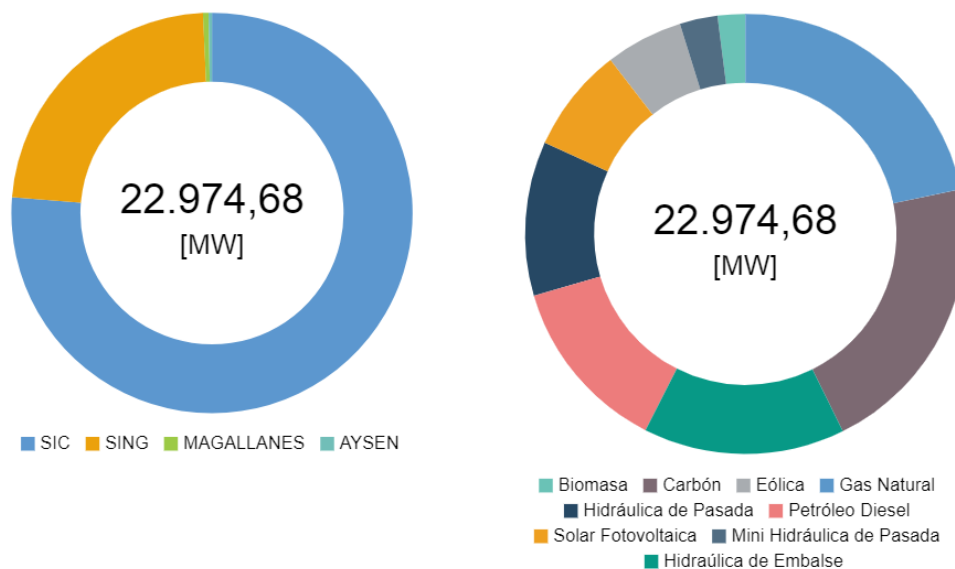


Ilustración 2 - Capacidad total instalada a la fecha (CNE, 2017)

Tabla 1 – Desglose de Capacidad Total Instalada, al 30/09/17 Los datos: SIC – SING – MAGALLANES – AYSÉN

Capacidad Total Instalada	MW	%
Biomasa	463,16	2%
Carbón	4.808,70	21%
Eólica	1.305,46	6%
Gas Natural	4.988,45	22%
Hidráulica de pasada	2.604,88	11%
Petróleo Diesel	2.980,52	13%
Solar FV	1.769,16	8%
Minihidráulica de pasada	636,92	3%
Hidráulica de embalse	3.393,43	15%
Total	22.974,68	100%

Fuente: (CNE, 2017)

1.4 ERNC (Energías Renovables No Convencionales)

Jara (2006) define a las ERNC como a las fuentes energéticas eólica, solar, geotérmica, la de los océanos y toda aquella fuente renovable que no tiene una aplicación masiva en la actualidad como lo son las grandes centrales hidroeléctricas de embalse, las que se clasifican como convencionales.

Dentro de las principales energías renovables no convencionales se encuentran:

- Biomasa: Se refiere a las materias de origen vegetal que pueden ser utilizadas para producir energía. Toman importancia los biodigestores que

utilizan residuos agrícolas para generar gases que mueven turbinas. (Sohr, 2010)

- Eólica: Aerogeneradores o molinos de viento. Es considerada una forma indirecta de energía solar. Entre el 1 y 2% de la energía proveniente del sol se convierte en viento. La energía cinética del viento puede transformarse en energía mecánica, la cual a su vez se transforma en energía eléctrica al acoplar un generador.
- Energía solar, según Jara (2006) se clasifica en:
 - o Energía solar fotovoltaica: Es la energía que transforma la radiación solar en electricidad a través de un proceso de liberación de electrones de una celda fotovoltaica (generalmente una placa de silicio), provocada por la incidencia de los rayos solares sobre el panel fotovoltaico. Los paneles fotovoltaicos, que constan de un conjunto de celdas solares, se utilizan para la producción de electricidad y constituyen una adecuada solución para el abastecimiento eléctrico en las áreas rurales que cuentan con un recurso solar abundante. Ésta puede usar directamente o almacenar en baterías.
 - o Energía solar pasiva: tiene que ver con eficiencia energética de la energía existente. Se aplican técnicas relacionadas con la conservación y el uso racional de la energía a través de los materiales utilizados en la arquitectura y construcción de edificaciones.

- Energía solar térmica: aquella que es el aprovechamiento directo de la radiación mediante colectores térmicos por donde fluye aire, agua u otro fluido.
- Geotérmica: Energía que se genera producto del calor acumulado bajo tierra, y a través del vapor de aguas mueve turbinas.
- Mareomotriz: Tipo de energía que aprovecha el movimiento de mareas y olas.
- Hidráulica: Pequeñas centrales hidroeléctricas, que se consideran como no convencionales. Sohr (2010) habla de Mini Hidro de embalse que acumulan un volumen de agua suficiente para luego hacerla circular por conductos más estrechos y con alta presión hacia las turbinas, donde se transforma parte de la energía mecánica en eléctrica, y después devuelve el agua a la fuente de origen (principalmente ríos). (Deloitte, 2016)

1.5 Seguridad energética

Según Oswald (2016) el concepto de seguridad energética está estrechamente relacionado con los eventos geopolíticos y los conflictos armados en el mundo y, especialmente, en el Medio Oriente, pero también con los precios y la oferta permanente del hidrocarburo. El desafío más significativo que suponen estos fenómenos para la seguridad energética de las principales economías de consumo –y, de hecho, para la seguridad energética colectiva del mundo– reside en las repercusiones potencialmente perjudiciales que podrían tener las políticas

energéticas de dichos países productores sobre el índice de inversiones futuras en la exploración, la extracción y el mantenimiento de la producción de petróleo y gas. Winzer (2012) habla de la seguridad del suministro como un objetivo importante en políticas energéticas de países alrededor del mundo. La UE tiene tres pilares a considerar que son: Eficiencia, Sustentabilidad y Seguridad de los suministros energéticos. Espona (2014) enumera los siguientes factores de mayor incidencia o impacto en la “seguridad energética”:

- Geográfico, el cual repercute en las localizaciones y en la accesibilidad de recursos, así como en las rutas de aprovisionamiento (i.e. zonas con potencial eólico, conexiones marítimas).
- Geológico, debido a la ubicación en el subsuelo de las materias primas energéticas (i.e. mina de uranio, pozos petrolíferos, capacidad explotación de gas de esquistos).
- Medioambiental, que implica la protección del ecosistema y limitar los efectos de alteración climática (i.e. control de impacto medioambiental, reducción de emisiones de CO₂).
- Tecnológico, que engloba el know-how, las patentes y la I+D (i.e. para evitar oligopolios técnicos foráneos y mercados cautivos, o tener capacidades como la síntesis de combustibles).
- Corporativo, referente a la configuración, organización y titularidad de las principales empresas del sector energético (i.e. participaciones relevantes, poder decisorio).

- Económico, alusivo a la configuración del mix, industria y cartera energética (i.e. renta energética, dependencia externa, balance de fuentes, subvenciones, déficit tarifario).

Según García, Carmona y Lienqueo (2011) a nivel mundial, la demanda de energía crece constantemente y hay un agotamiento progresivo de las fuentes de energía fósiles y no renovables. Las reservas de petróleo, el gas natural y carbón se acabarán en 41, 64 y 167 años respectivamente. El ratio de Reserva/Consumo se mantiene constante, por lo tanto, otras alternativas como arenas bituminosas o arenas de petróleo podrían cubrir la demanda futura de energía. Sin embargo, la energía liberada de los combustibles produce gases efecto invernadero que contribuyen al efecto invernadero. Por lo tanto, uno de los grandes desafíos de nuestra sociedad es satisfacer la demanda energética pero de manera sustentable. La seguridad energética tiene distintos alcances: a largo plazo, se vincula principalmente con las inversiones oportunas para el suministro, alineada con el desarrollo económico y los requerimientos medioambientales. A corto plazo es la capacidad del sistema para reaccionar con rapidez a los cambios repentinos en la oferta y la demanda. (Larraín, 2012)

El futuro de la prosperidad depende de la manera en que respondemos a desafíos: asegurar suministro de energía fiable y asequible. Bajar a nuevo sistema de suministro de energía con bajas emisiones de carbono eficiente y respetuoso con el medio ambiente. (Colegio de Ingenieros, 2010)

1.6 Clientes

Palma (2015) identifica a los consumidores como los clientes de las empresas eléctricas que realizan el consumo de la energía, por ejemplo, como casas, oficinas, etc. Se clasifican según la magnitud de la demanda de energía, en clientes regulados y clientes libres, y que por consiguiente se les aplican distintas tarifas. Los clientes regulados son clientes de las distribuidoras, mientras que los libres no lo son necesariamente. Más específicamente, clientes libres: son aquellos cuya potencia conectada es de al menos 500 kW. Los clientes libres negocian libremente los precios de electricidad con las generadoras y fijan las condiciones mediante contratos de suministro. Clientes regulados: Clientes cuya potencia conectada es inferior a 500 kW. Los precios de los clientes regulados se fijan mediante los decretos de precio de nudo que emite la CNE. A los clientes abastecidos por una empresa de distribución (p. ej. cliente residencial), la distribuidora les traspasa el precio de nudo (precio al que compró la energía) y adiciona el VAD (cargo que cubre los servicios de distribución). Los clientes cuya potencia conectada esté entre 500 y 2.000 kW pueden optar a ser clientes regulados. (Central Energía, 2017)

Por otro lado, además de clientes se encuentran dos mercados dos mercados: el mercado de contratos, en que los generadores proveen de servicio eléctrico a los clientes libres y a las distribuidoras (para suministrar clientes regulados); y el mercado spot, representado por las transacciones al interior de los CDEC (Centro de despacho económico de carga) a precios marginales. (Gilberto Sanzana & Quezada Hernández, 2014)

CAPITULO II: INVESTIGACIÓN

La investigación realizada en este trabajo es de tipo exploratoria descriptiva no estructurada. Esto consiste en una recopilación de datos secundarios duros que en este capítulo se describen, los cuales están insertos y expuestos como los temas más relevantes del escenario nacional de las ERNC.

2.1 Escenario Global Energético

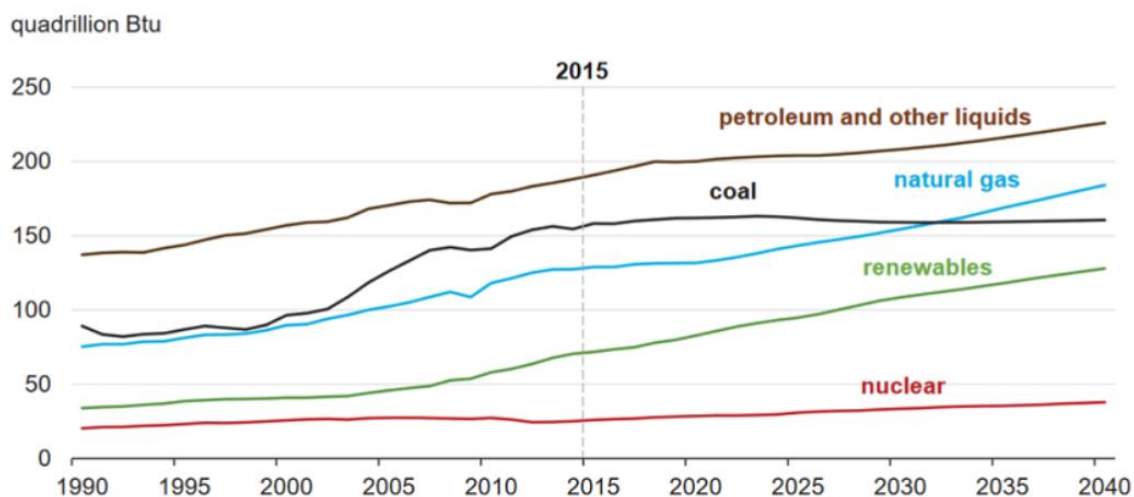


Ilustración 3 - Consumo de energía por fuente de energía (*Oil & Gas Journal, 2017*).

La ilustración muestra la proyección del consumo de energía, por tipo de energía. Si bien se ve que las energías renovables y nucleares crecen más rápido que los combustibles fósiles, estos aún representarían tres cuartas partes del consumo al 2040. La tasa relativamente alta de crecimiento del consumo de gas se atribuye a los abundantes recursos de gas.

Los acuerdos de París, el protocolo de Kioto, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC – su sigla en inglés), son algunos de las iniciativas de la cual se espera modificar el actual comportamiento de los seres humanos para retroceder los daños ocasionados por el cambio climático y los gases de efecto invernadero.

El 2015 marcó un antes y después en el mundo de las energías renovables, donde acuerdos de alto perfil y publicaciones sobre el tema comenzaron a generar ruido. El G7 y G20 se encontraron comprometidos con promover el acceso hacia la energía renovable, además de avanzar en la eficiencia energética.

Estas iniciativas dieron como resultado la 21ª Conferencia de las Partes (COP21) en París, donde “donde 195 países acordaron limitar el calentamiento global muy por debajo de los 2 grados centígrados”. De los 195, varios se responsabilizaron en aumentar el uso de energías renovables y mejorar la eficiencia energética, junto con reformar subsidios a los combustibles fósiles. (REN21, 2016)

Se comenta que el sector energético mundial acata el acuerdo de París, y que contaría con lo siguiente:

- 37% de generación de energía proveniente de energías renovables (versus 23% hoy).
- 150 millones de vehículos eléctricos en las calles, versus 1.3 millones hoy.
- 50% de crecimiento en la demanda de gas natural, superando al carbón en el mix global de energía.
- Sólo 0.5% de crecimiento anual de emisiones de carbono.

- 103 mbd de consumo de petróleo versus 92.3 mbd hoy. (IEA, 2016)

Países como Alemania, Suecia, Finlandia y Estados Unidos han sido pioneros en el ámbito de la energía en cuanto al avance de la tecnología y la inversión necesaria para realizar cambios.

La creación de tecnología para iniciar operaciones en el ámbito de la energía renovable no sólo trae consigo inversiones extranjeras para los países, sino también crea empleos nuevos para la nación. En 2015, se estima que alrededor de 9.4 millones de trabajos se crearon como resultado de lo anterior. (International Renewable Energy Agency, 2017)

A nivel mundial, “el sector eléctrico experimentó el mayor incremento anual (...). La energía eólica y solar fotovoltaica tuvieron récords adicionales por segundo año consecutivo, representando alrededor del 77% de las nuevas instalaciones, mientras que la energía hidroeléctrica representó la mayor parte del resto”. (REN21, 2016). Tanto la energía solar como la eólica generaron alrededor de 118MW en 2015, en comparación con los 94MW que se generó en 2014.

La velocidad con que se incrementaron los proyectos renovables se debe a las reformas realizadas por países y organizaciones mundiales, facilidades de inversión, avances tecnológicos y se traduce en el bajo costo de la implementación de éstas.

Cabe mencionar que a nivel mundial, “el uso de bioenergía ha prosperado con mayor rapidez - a un promedio anual de 8% aproximadamente - con un crecimiento acelerado, particularmente notable en la producción de China, Japón, Alemania y Reino Unido. Las regiones y los países desarrollados, incluyendo Australia, Europa,

Japón y América del Norte, han experimentado un crecimiento significativo con respecto a la cantidad de consumidores residenciales e industriales que producen su propia electricidad”. (REN21, 2016).

Según el International Renewable Energy Agency, la energía renovable aportó alrededor del 23.5% de la electricidad generada en 2015, 5,660 terawatt-hours (TWh).

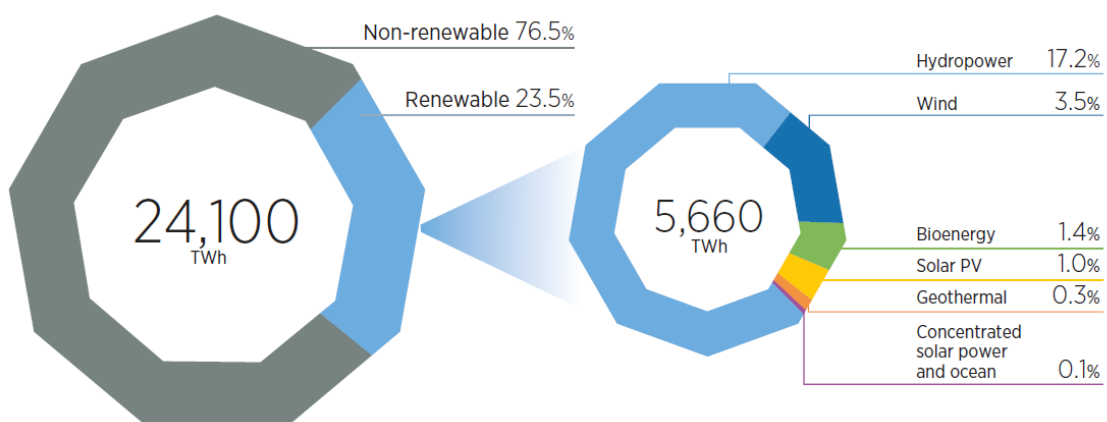


Ilustración 4 - Generación de electricidad mundial por fuente.

Tal como 2015 marcó un hito en el sector de la energía renovable, las inversiones necesarias para llevar a cabo proyectos sustentables también alcanzaron un record: “la inversión mundial en la nueva capacidad de energía renovable (265.8 mil millones de dólares) duplicó los más de 130 mil millones de dólares asignados para la nueva capacidad de generación de electricidad a través de carbón y gas natural”. (REN21, 2016)

Los países en vías de desarrollo – incluyendo Brasil, India y China – fueron los protagonistas durante el 2015. En conjunto, se estima que ingresó un total de 156 mil millones de dólares. Naciones como Chile, México, Sudáfrica y otros invirtieron

más de 500 millones de dólares en energía renovable. En cambio, las inversiones de aquellas naciones desarrolladas disminuyeron en un 8%, siendo Europa que realizó la menor cantidad de ingresos.

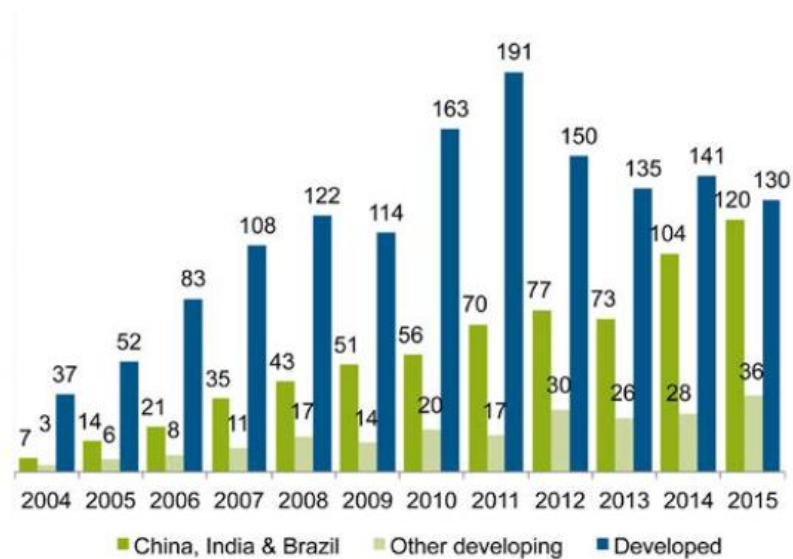


Ilustración 5 - Inversión - Países en vías de desarrollo versus países desarrollados

El informe presentado por el Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, se destacó lo siguiente:

“La inversión en energía renovable aumentó de manera significativa hacia la generación de electricidad a base de la energía solar y la eólica. Una vez más, la energía solar se convirtió en el sector energético líder en términos de capital invertido en 2015, lo cual representa 161 mil millones de dólares (un 12% más que en 2014), o más del 56% del total de las nuevas inversiones en energía renovable y combustibles. La energía eólica la secundó con 109.6 mil millones de dólares, es decir, el 38.3% del total (más de un 4%).

La OPEP controla aproximadamente 43% de la producción mundial de petróleo y 75% de las reservas mundiales (Larraín, 2012). La realidad geopolítica de la energía en el mundo, donde destaca una distribución desigual de los recursos y las reservas, una cantidad limitada de recursos y la manipulación de los suministros, permite a los países exportadores ejercer dominancia frente a sus compradores.

Actualmente se muestra la generación de trabajo que traduce el desarrollo del este tipo de proyectos en el mundo.

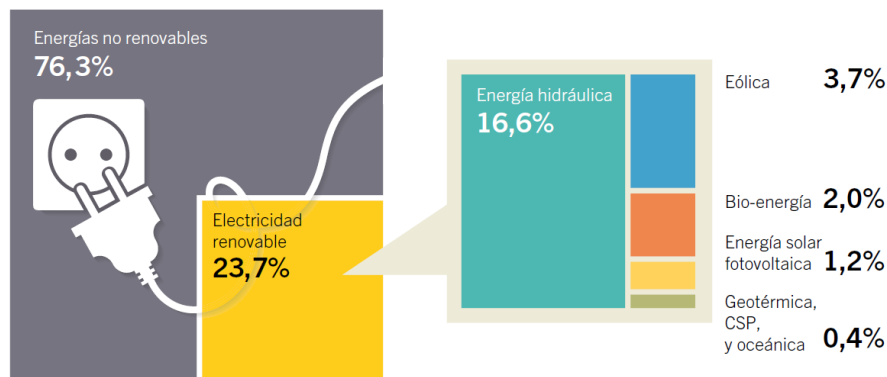
En la primera década del siglo XXI, EEUU consumía el 25% de la energía mundial con algo más del 4% de la población mundial. En 2030 los países con mayor consumo de energía serán China (que triplicará el actual), EEUU (aumento del 70%) e India (casi cuadruplicará). En conjunto, el consumo de energía mundial entre 2005 y 2030 puede representar un incremento del 60%. (Castells, Energía, Agua, Medioambiente, territorialidad y Sostenibilidad, 2012)

Los países emergentes, bajo el acrónimo de BRIC (Brasil, Rusia, India y China), alterarán los parámetros de energía establecidos hasta hoy. Sin un cambio radical de modelo energético, la previsión en 2030 es que el consumo mundial de energía sea un 60% superior al actual, con el petróleo y el carbón como fuentes de mayor consumo, y el gas natural el de mayor crecimiento, con un renovado crecimiento para la nuclear y ligero incremento de las renovables en valor absoluto, aunque con una ligera disminución relativa en el mix de todas las energías.

Se habla que el ritmo de consumo energético no es sostenible, además considerando que los combustibles fósiles tienen un techo de producción, y unas

reservas estimadas probadas entre 50 y 60 años para el petróleo y gas natural, y de unos 190 años para el carbón.

Participación estimada de energía renovable en la producción de electricidad a nivel mundial, finales de 2015



Basado en la capacidad de generación de energía renovable a finales de 2015. Los porcentajes no corresponden a la suma total debido al redondeo.

Ilustración 6 - Participación estimada de Energía Renovable en la producción de electricidad a nivel mundial, a finales de 2015 (REN21, 2016)

2.2 Descripción de uso nacional de ERNC

2.2.1 Situación actual del país

Uno de los primeros países en Latinoamérica en plantearse objetivos a largo plazo en términos de la generación de energía limpia fue Chile. El país se ha propuesto que el 20% de la generación electricidad en el país provenga de fuentes renovables para el año 2025. (Deloitte, 2016)

Según el último estudio desarrollado por Bloomberg y el Banco Interamericano de Desarrollo “New Energy Finance Climascop”, Chile ocupa el primer en inversión de energías renovables en 2016. Las energías renovables han tenido un gran impacto en Chile tanto positivamente, bajando los precios de venta, como

negativamente generando problemas de congestión en la distribución de la energía.
(Bloomberg, 2016)

Pastén (2012) menciona que el impacto de las actividades humanas en el ambiente se puede cuantificar a través de la huella ecológica. El cálculo de la huella ecológica incluye la huella de carbono y por ende las emisiones de dióxido de carbono. Por lo tanto, la huella tiene relación de consumo de energía primaria per cápita. En 2008, Chile contaba con un valor de 1.4 (sobre 1 se considera aceptable, bajo 1 se considera la incapacidad de desarrollo sostenible) el cual siendo tan cercano a 1, indica que Chile debiera crecer acompañado del uso de energías renovables, aprovechando su geografía.

La CNE (Comisión Nacional de Energía) señala en su informe del año pasado que en un horizonte de 10 años proyectan consumos de electricidad de la minería del cobre en base a cartera de proyectos vigentes, operaciones mineras actuales y estimación de producción futura de acuerdo a la condición y estado actual de dichos proyectos. Por lo tanto, si el sector minero ha sido afectado por las fluctuaciones del precio del cobre y la baja de proyectos, el rubro energético también atraviesa por un periodo de fluctuaciones importantes. "La prolongada caída del precio del cobre y el empeoramiento de las condiciones financieras están empañando las perspectivas de Chile", señaló el FMI en su informe Perspectivas Económicas Mundiales.

"La tendencia al alza en los años recientes naturalmente incrementa las preocupaciones porque muchas crisis financieras en los mercados emergentes han sido precedidas por un rápido aumento en el endeudamiento", indicó el Fondo en la

divulgación de los capítulos analíticos de su informe de Estabilidad Financiera Global. Aunque China ha liderado este incremento, otros países como son Turquía, Chile, Brasil, India, Perú, Tailandia y México han registrado una importante alza en su endeudamiento en construcción, minería y energía. En Chile, con un monto de US\$ 13.000 millones sumando generación y transmisión eléctrica, energía es el sector con mayor inversión en la economía chilena y el número uno en inversión extranjera, de acuerdo al ministerio de Energía.

Chile todavía tiene una fuerte dependencia de Argentina en relación con la provisión de gas natural, pero sin embargo su aporte correspondía a sólo 7% y el 93% restante era obtenido en forma de GNL de varios países, reduciendo, por lo tanto, el riesgo geopolítico de manera significativa. Por otro lado, con otros países vecinos, por ejemplo, como Perú y Bolivia, actualmente no hay infraestructura o acuerdos energéticos específicos para importaciones de combustibles fósiles a Chile, y las relaciones internacionales con Perú y Bolivia están actualmente marcados por problemas de límites naturales y definiciones de acceso al mar. (Rodríguez-Monroy, Mármol-Acitores, & Nilsson-Cifuentes, 2018). A pesar de lo anterior, se firmó un acuerdo recientemente entre CNE y OSINERGMIN de Perú, en el cual se establece interés en cooperación en la regulación e integración de los sistemas eléctricos de ambos países.

La tendencia internacional apunta a buscar un desacople entre crecimiento y consumo energético mediante una mayor eficiencia energética. En el caso chileno gráfico, el desacople ha sido mayor en los últimos años producto de las medidas de

eficiencia introducidas en el sector, así como de los incrementos de precios de la energía que han incentivado un uso más racional de ella.

En todo caso, Chile es un país que ostenta un consumo primario de energía per cápita menor que otros países o regiones que cuentan con un mayor nivel de desarrollo económico. Nuestro país alcanza algo menos de la mitad del consumo per cápita que muestran, en promedio, los países de la OCDE. Por lo tanto es esperable que Chile aumente su consumo de energía per cápita en la medida en que continúe su desarrollo económico.

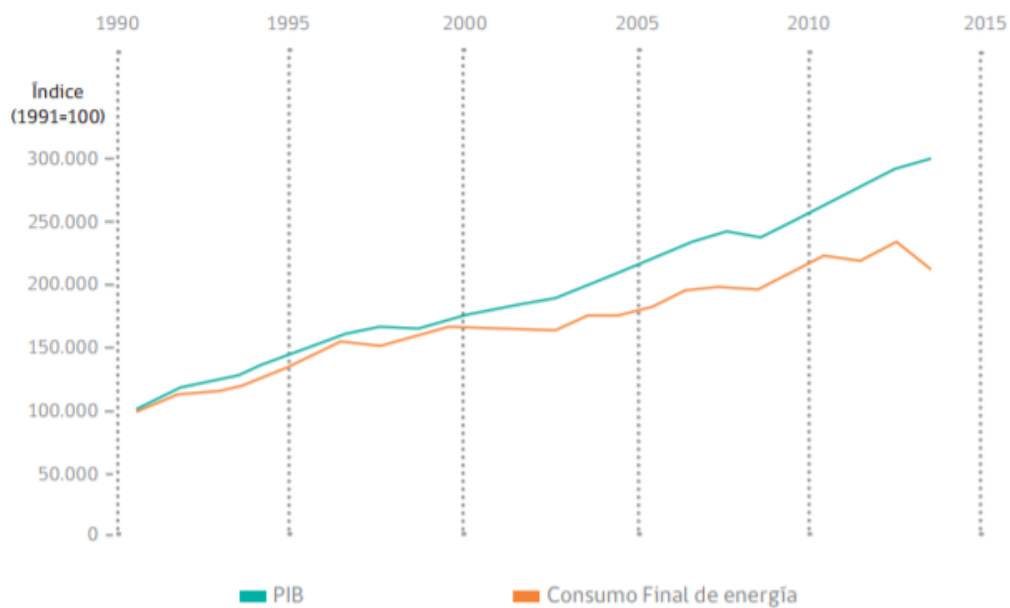


Ilustración 7 - Índice de consumo final de energía y PIB (Banco Mundial, Balance Nacional de Energía, Ministerio de Energía, 2015)

2.2.2 Marco Legal

Ley 19.940 (Ley Corta I), 2004 - Mejora la tarificación en el sector de transmisión, incentiva un trato igualitario a las ERNC abriendo el mercado mayorista a generadores pequeños menores de 9MW, y garantizando el acceso a las redes de distribución. Libera del pago de peaje troncal para la transmisión de las ERNC, siendo esta exención total para centrales menores a 9MW, y parcial para centrales entre 9MW y 20MW.

Ley 20.018 (Ley corta II), 2005 - Las distribuidoras deben disponer de contratos de suministro para sus clientes regulados para, a lo menos, de 3 años, los que deben ser realizados mediante licitaciones públicas y abiertas, dándose la posibilidad a las distribuidoras de poder realizar las licitaciones en forma conjunta. Reserva un 5% de los bloques de licitación para energías renovables, en condiciones de precio similares a las empresas generadoras que logren contratos con las distribuidoras.

Ley 20.257 (Ley ERNC), 2008 - Obliga a las generadoras que efectúen retiros de energía de los sistemas eléctricos con capacidad instalada superiora 200MW con el fin de comercializarla con distribuidores eléctricos o consumidores finales, a que un 10% de sus retiros haya sido inyectado al sistema por medio de ERNC.

Ley 20.698, 2013 - Propicia ampliación de matriz energética mediante ERNC. Pretende elevarla meta de generación eléctrica de ERNC de 10% para 2024 a 20% en 2025 de manera escalonada. Además, el Min. De Energía debe efectuar licitaciones públicas para la provisión de bloques anuales de energía provenientes de ERNC.

Ley 20.571, Ley de Generación Distribuida - Los clientes tienen el derecho a vender sus excedentes a las empresas distribuidoras. Permite la autogeneración de energía en base a Energías Renovables No Convencionales (ERNC) y cogeneración eficiente al momento de la lectura, el medidor bidireccional habrá registrado cada mes no sólo el consumo energético sino que también los aportes realizados (inyecciones de energía a la red de distribución).

2.2.3 Participación de las ERNC en la matriz energética

En el año 2009, solo el 2.7% de la matriz energética en Chile provenía de fuentes de ERNC. Actualmente, este indicador ha crecido considerablemente gracias a iniciativas gubernamentales de fomento a la tarificación, transmisión y generación, alcanzando un 12.5% en Marzo de 2016, logrando no sólo un crecimiento sólido, sino que también sostenido, según el reciente informe de Deloitte.

Dentro del aporte de las ERNC a la matriz energética, se encuentran la energía eólica (36,8%), energía solar (29.6%), bioenergía (18.4%) y minihidro (15.2%). (Deloitte, 2016). El logro de una matriz energética más diversificada en fuentes renovables que fortalezca la independencia energética del país, constituye un objetivo político de largo plazo que requiere decisiones importantes, en materia de regulaciones específicas, que induzcan al mercado hacia un desarrollo inteligente y sustentable de la matriz eléctrica del país. (ACERA, 2016)

2.2.4 Capacidad instalada

En Marzo de 2016 había un total de 52 proyectos de ERNC en etapa de construcción y que suman un total de 2.693 MW de potencia. Para Abril de 2017, la capacidad instalada de ENRC en Chile es de 3.212,11 MW. El desglose por energía se encuentra en la siguiente tabla: (Comisión Nacional de Energía, 2017)

Tabla 2 – Desglose de capacidad instalada por tipo de ERNC

Solar Fotovoltaica	1.183,58 MW	36.8%
Eólica	1.141,05 MW	35.5%
Biomasa	459,23 MW	14.2%
Mini hidráulica	428,25 MW	13.5%

Fuente: CNE

El mercado eléctrico chileno se compone de cuatro actividades: generación, transmisión, distribución, y el consumidor final. (Molina C., Martínez A. , & Rudnick, 2010).

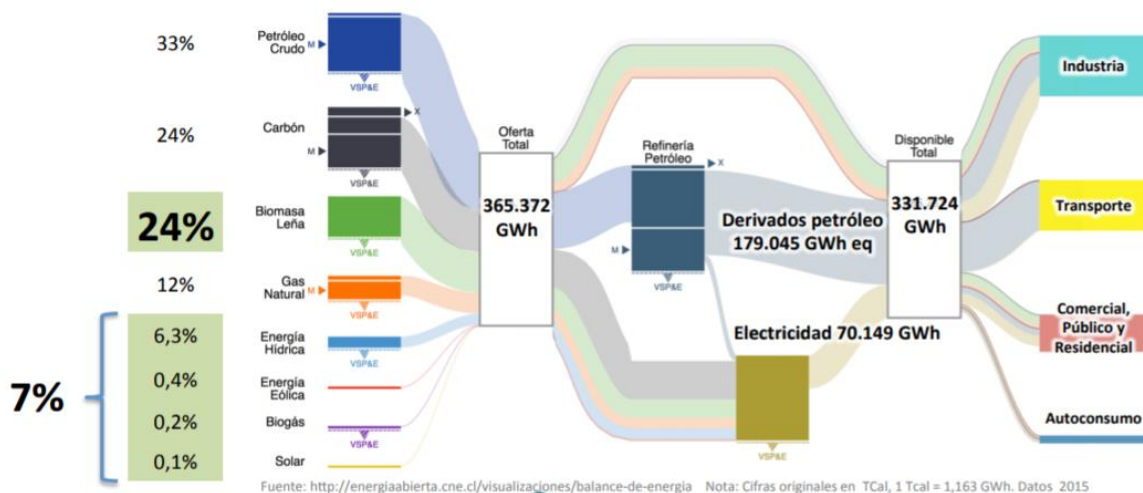


Ilustración 8 - Balance nacional de energía 2015 (CNE, 2015)

2.2.5 Matriz energética

Como se muestra en la ilustración 5, al 2015 la matriz energética está formada por petróleo, carbón, y gas natural. El resto que corresponde a energías renovables, corresponde a un 24% a Biomasa y sólo un 7% a lo que concierne a energía hídrica, eólica, biogás y solar en conjunto.

Un 10% de la inyección total en los sistemas eléctricos en Chile corresponde a energía proveniente de fuentes renovables no convencionales, sector que ha registrado un fuerte crecimiento sin tener que recurrir a subsidios de ningún tipo.

Se dice que Chile cuenta con una escasez de recursos energéticos ya que importa 2/3 del abastecimiento de su matriz energética. Producto de esto es que la política energética debe dar importancia a la disponibilidad, al uso eficiente y que propicie el desarrollo sustentable del país en relación con el medioambiente. (Larraín, 2012)

La extensión del territorio costero chileno y sus vientos provenientes desde el sur oeste, hacen a Chile un terreno atractivo para el desarrollo eólico. Sus costos de inversión son altos en relación a otras formas de generación, sin embargo, en zonas con mejor disponibilidad de viento puede ser una energía competitiva. (Deloitte, 2016). Barreras económicas y falta de confianza en las nuevas tecnologías serían una de las principales causas que está deteniendo el desarrollo de nuevos proyectos de Energías Renovables No Convencionales en Chile (ACERA, 2016)

2.2.6 Consumo por sector

La clasificación por sector es variada, sin embargo, los sectores más importantes en términos de consumo de energía final en el país es industria y minería (36.0%),

transporte (30.7%), y los sectores comerciales y residenciales (25,8%), mientras que los sectores con un mayor consumo de electricidad corresponde a la industria y la minería (63.8%), y sectores comerciales y residenciales (29.4%) (Rodríguez-Monroy, Mármol-Acitores, & Nilsson-Cifuentes, 2018)

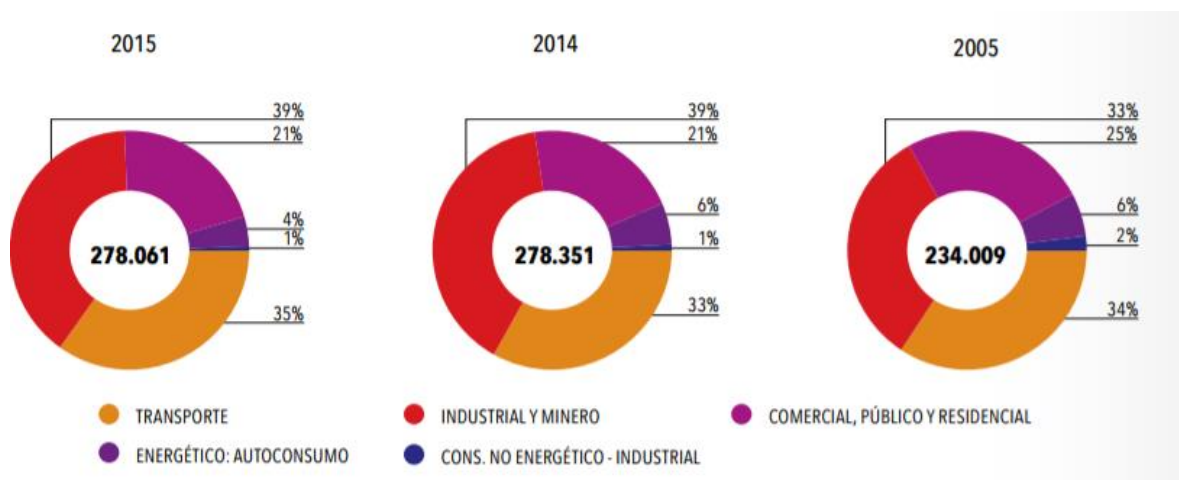


Ilustración 9 - Total del consumo final por sector en Chile (Tcal) (*Comisión Nacional de Energía, 2016*)

2.2.6.1 Sector Comercial y Público

Se dividen en los siguientes segmentos, y con el objetivo de describir su comportamiento y sus usos finales. Están los supermercados, malls, bancos, clínicas, otro comercio, hospitales, universidades, colegios y otros edificios públicos. En el Balance Nacional de Energía se clasificaron de esta manera. Además registra la distribución del uso de combustibles para cada uno de estos segmentos y su consumo energético por cada unidad de superficie utilizada.

2.2.6.2 Sector Residencial

La unidad base de proyección en este sector es la vivienda, realizando su proyección según tipología y región (urbana/rural, departamento/casa). Se considera la proyección del consumo energético unitario de cada vivienda para los usos finales: calefacción, agua caliente sanitaria, cocción y artefactos eléctricos; con sus respectivos cambios en el tiempo de su comportamiento.

Se considera la saturación de los consumos energéticos unitarios de cada vivienda, una vez alcanzado cierto nivel de desarrollo económico. Esto es clave de la modelación de los requerimientos de calefacción de cada vivienda y el alcance del confort térmico en éstas.

2.2.6.3 Sectores Industrial y Minero.

El modelo considera todos los subsectores construidos en el Balance Nacional de Energía: azúcar, cemento, cobre, hierro, papel y celulosa, pesca, petroquímica, salitre, siderurgia, minería e industrias varias. Cada uno con las consideraciones pertinentes y particulares que lo describen (intensidad energética, producción, etc.). Para el subsector cobre, se considera la información minera, por región, proveniente de los reportes emanados por COCHILCO. En este, primero se considera la intensidad energética por cada proceso minero (mina rajo, mina subterránea, concentrado, lixiviación, fundición, refinería, servicios y desalinización), luego la participación de cada uno de estos procesos en la producción de mineral y posteriormente la participación de cada energético por proceso. Por último, se

considera información respecto a intensidades y eficiencias por proceso, además de cambios en la ley del mineral en el tiempo. (Ministerio de Energía, 2017)

2.2.7 Sistemas de distribución

Cuenta con cuatro subsistemas:

2.2.7.1 SING (Sistema Interconectado del Norte Grande)

Comprende centrales de generación y líneas de transmisión interconectadas que suministran Electricidad a los XV (Arica y Parinacota), I (Tarapacá) e II (Antofagasta), cubriendo 185,142km², es decir, 24.5% del territorio nacional. En diciembre de 2012, se representó 25,10% (4,600 MW) de la capacidad instalada total, siendo principalmente de energía termoeléctrica proveniente de carbón, diésel y plantas de gas natural.

Abastece a la industria minera, y se basa principalmente en energía térmica. A finales de 2015 este sistema mostró una red instalada potencia de 3953 MW y su extensión incluye las regiones XV, I y II. (Rodríguez-Monroy, Mármol-Acitores, & Nilsson-Cifuentes, 2018)

2.2.7.2 SIC (Sistema Interconectado Central)

Cubre la región de Atacama, Coquimbo, Valparaíso, Metropolitana, Libertador General Bernardo O'Higgins, Maule, Biobío, Araucanía, Los Ríos y Los Lagos, cubriendo el 74.11%(13,545MW) de la capacidad instalada. Ésta consiste en termal, hidro y también con aporte de renovables no convencionales.

2.2.7.3 Aysén y Magallanes

Por último, se encuentran dos sistemas de menor capacidad, el de Aysén y Magallanes que son dos sistemas interconectados más pequeños con 0.27% (50MW) y 0.55% (101MW) respectivamente.

Recientemente fue puesta en marcha la conexión entre el SIC y SING, llamándose Sistema Eléctrico Nacional. La interconexión fue impulsada por años, para aportar seguridad al sistema y disminuir los precios de la tarifa eléctrica. Esto se traduce en 3.100 km de estructura, desde Arica a Chiloé, abasteciendo de electricidad a más del 97% de la población nacional. Su capacidad, una vez instalada, es de aproximadamente 24.000 MW y una demanda de 11.000 MW, representando el 99% de la capacidad de generación del país. Es el resultado de la Interconexión de los Sistemas Interconectados Central (SIC) y del Norte Grande (SING).

Existen diferencias entre los sistemas, ya que depende de los sectores que abastecen:

- En el SING más del 85% de la demanda eléctrica es la minería.
- En cambio en el SIC la minería representa aproximadamente el 30 a 40% de la demanda.
- En los procesos de la industria minero, ha habido cambios respecto al volumen de producción, por consiguiente los procesos eléctricos han aumentado.
- En el SIC existen muchas formas posibles de generar energía eléctrica. En el SING el recurso hidráulico es casi inexistente.

- En ambos sistemas la cogeneración debería ser cada vez más importante a nivel industrial.
- El SIC mayor tamaño, más diversa matriz de generación y mayor variabilidad en precios spot.

Además de lo anterior, el estudio de impacto de la interconexión SING-SIC estimó un aumento del PIB de largo plazo en aprox. US\$ 1.600 millones. En el corto plazo, el efecto sobre el PIB llega a US\$ 500 millones. Esta cifra corresponde a una disminución de los costos del sistema eléctrico y una proyección de reducción de precios asociados a una mayor competencia y disminución de riesgos en el mercado. El resultado del cálculo realizado entrega un aumento del PIB del 4,6% al año 2021 producto del aumento de las exportaciones de la industria del cobre, asociado a nuevos proyectos mineros cuya factibilidad de explotación económica está fuertemente influida por precios competitivos de suministro eléctrico. (Comisión Nacional de Energía, 2013)

2.2.8 Sistema de transmisión

Con el inminente incremento de las ERNC, el principal obstáculo técnico que Chile enfrentará dentro de los próximos años hacia 2021, es la congestión de energía en las líneas de transmisión de suministro eléctrico. (Coordinador Eléctrico Nacional, 2016). El sistema de transmisión (en particular el del SIC) ha mostrado fallas y restricciones que ponen en riesgo el abastecimiento de algunas zonas del país, como también encarecen los precios finales de la electricidad.

Principales limitantes actuales en el sistema de transmisión:

- Sistema poco robusto y congestionado que dificulta la conexión de nueva generación, comprometiendo la competencia y resultando en mayores precios y menor seguridad (15 horas/año promedio de falta de suministro por cliente), además de limitar el acceso abierto.
- Alto riesgo de grandes diferencias de costos marginales.
- Las exigencias sociales y ambientales no son incorporadas en el diseño de proyectos.
- Los nuevos desarrollos carecen de legitimidad en la ciudadanía.

Principales consecuencias:

- Las limitantes del actual sistema, disuaden a los desarrolladores a la hora de invertir en nuevos proyectos, generando focos aislados de electricidad barata que no conseguirán llegar a los centros de demanda.
- Las restricciones del sistema SIC en el norte, impide aprovechar toda la energía proveniente de los proyectos renovables durante varias horas del día, ya que este sistema no cuenta con la capacidad para transportar toda esta energía hacia la zona central de Chile.

2.2.9 Tipos de Energía

2.2.9.1 Energía Solar Fotovoltaica (PV)

Chile presenta ciertas características que lo hacen interesante para el desarrollo de PV: Alta radiación solar dentro de casi todo el territorio continental, estables condiciones geopolíticas, estructura de mercado que con precios de la energía al spot y acuerdos bilaterales de compra de energía junto con demanda energética

creciente y constate. (Ramírez-Sagner, Mata-Torres, Pino, & Escobar, 2017). Actualmente se estudia la mejor instalación de este sistema, sea a gran escala o en menor escala con plantas de menor tamaño como también residencial. Al pensar en el despliegue a gran escala, uno de los problemas que se presenta es la no mejora de la infraestructura de transmisión.

Gracias a la Ley de Generación Distribuida (Ley 20.571), los consumidores de energía pueden convertirse también en productores de energía. Las energías renovables para autoconsumo les permiten aportar a la matriz energética. (Ministerio de Energía, 2017)

En 2014, el Ministerio de Energía creó el Programa de Techos Solares Públicos (PTSP), donde se instalaron sistemas fotovoltaicos en edificios públicos. La finalidad de este programa fue que a través de la Ley de Generación Distribuida (Ley 20.571) se incentiva a los clientes a producir su propia energía para autoconsumo con energías renovables no convencionales o cogeneración eficiente, a inyectar sus excedentes energéticos a la red eléctrica y a que el valor de esos excedentes se traduzca en un descuento en la boleta de electricidad.

Tabla 3 - Resultado del Programa Techos Solares Públicos

Estatus de los proyectos/edificios	Cantidad	kWp	Ahorro \$/año*
Conectada a la red de distribución	51	1.712	\$ 199.785.994
En construcción	48	1.275	\$ 161.172.008
TOTAL	99	2.987	\$360.958.002

* Cálculo en base al cargo por energía a Diciembre de 2016

Todo sistema de generación eléctrica que busque acogerse a esta ley debe ser declarado ante la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC). Esta

declaración eléctrica debe ser autorizada por un Instalador Autorizado y debe contener los detalles técnicos de la instalación, así como los productos a utilizar. La SEC realiza la instalación y si cumple con los requerimientos técnicos se autoriza el funcionamiento y el propietario debe notificar su conexión a la red de la Empresa de distribución. (Comisión Nacional de Energía, 2017)

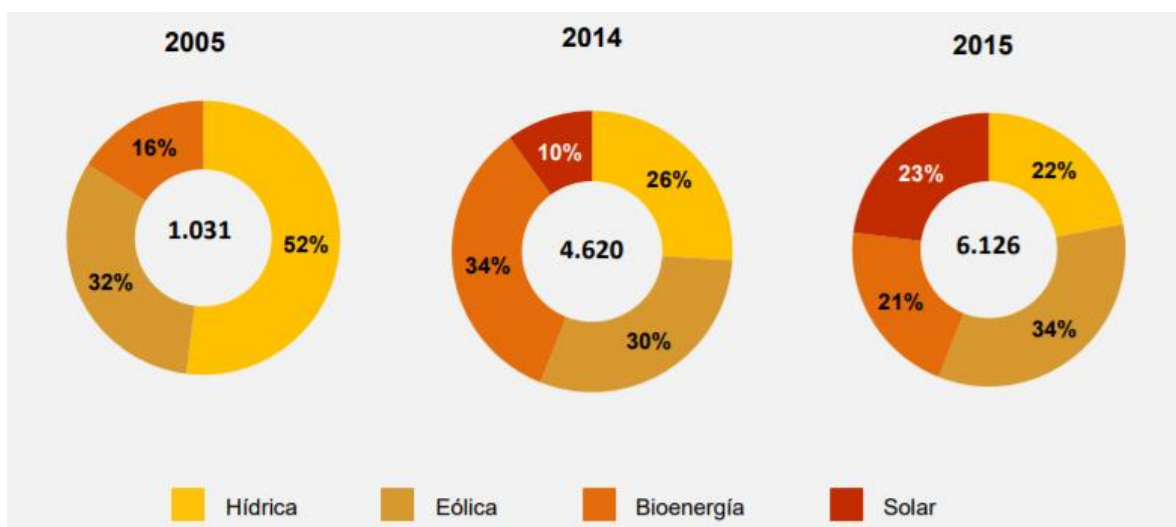


Ilustración 10 - Participación de tecnologías ERNC en inyecciones asociadas a Ley 20.257 (*Programa Energía Solar, 2017*)

A enero 2017, la capacidad total instalada de energía solar fotovoltaica (1,6 GW) constituye un 7% de la capacidad instalada del país (23 GW). La expectativa de crecimiento del parque de generación solar fotovoltaico a corto plazo queda señalado por los proyectos en construcción (792 MW), los proyectos con RCA aprobada (14.058 MW) y aquellos proyectos en calificación ambiental (5.159 MW). Se destaca que la instalación de esta tecnología es rápida. Si bien a diciembre 2016 los proyectos solares declarados en construcción pronosticaban una entrada en operación durante 2017 y no más allá de este año, es importante destacar que esta

tecnología es muy rápida de instalación, por lo que no es necesario declarar su construcción con tanta anticipación (Programa Energía Solar, 2017).

2.2.9.2 Energía eólica

La energía eólica ha sido una de las que ha tenido crecimiento más rápido en los últimos años. Además, Chile es considerado uno de los países más atractivos para inversión en parques eólicos ya sea por su estable economía y escenario político, así como también por su desarrollo humano, PIB per cápita, acceso a capital, entre otros. (Watts, Oses, & Pérez, 2016)

Mattar & Guzmán-Ibarra (2017) comentan que el total de la capacidad instalada para febrero de 2016 fue de 960 MW, generando una contribución total de 24.03% dentro de las energías renovables. Sin embargo, la capacidad instalada total es del 4,6% de la potencia actual del sistema, aunque toda esta energía es atribuible únicamente a la energía eólica terrestre, donde los parques eólicos en tierra de mayor capacidad en Chile son "El Arrayan" con 115 MW de potencia; "Los Cururos" con 110 MW; "Eólica Taltal" con 99 MW; "Talinay oriente" con 90 MW y "Valle de los Vientos" con 90 MW, que se implementaron entre 2013 y 2015.

Se espera que la industria eólica aumente su eficiencia debido a mejoramientos en las turbinas de abastecimiento, precios competitivos y mayor flujo de financiamiento. (GWEC, 2016)

Se dice que el desarrollo de la energía eólica en Chile se encuentra en una etapa de estado intermedio con respecto a lo que es el desarrollo y estudio de la energía solar fotovoltaica, pero que de todos modos va en alza. Actualmente se está

estudiando la factibilidad de instalar parques eólicos en el mar (off shore), ya que el fondo marino chileno sería muy profundo lo que dificulta su instalación. (Becerra, Jerez, Cepeda, & Valenzuela, 2017)

2.2.9.3 Energía Biomasa

“Se estima la capacidad potencial factible técnico económico de implementar al 2025 entre 461 a 903 MW con una participación entre un 3,1% a un 6% del parque generador, a partir de una matriz de biogás generada por estiércol de la industria agropecuaria (avícolas y porcinos), cultivos energéticos, y la incorporación de nuevas tecnologías en la gasificación y combustión con cogeneración de desechos agrícolas, plantaciones y residuos de la industria forestal y maderera.” (UTFSM, 2008)

Se entiende por biomasa al conjunto de materia orgánica renovable de origen vegetal, animal o procedente de la transformación natural o artificial de la misma. La energía de la biomasa corresponde entonces a toda aquella energía que puede obtenerse de ella, bien sea a través de su quema directa o su procesamiento para conseguir otro tipo de combustible tal como el biogás o los biocombustibles líquidos incluyendo etanol y diésel, entre otros.

En cuanto al futuro de la biomasa en Chile, se considera que tiene un potencial de implementación al año 2025, entre 461 a 903 MV, con una participación del 3 al 6% del parque generador de electricidad. Actualmente, los procesos de generación existentes en Chile, son de combustión directa. (CIFES, 2016)

Una tecnología efectiva para hacer un mejor aprovechamiento de la biomasa, desde el punto de vista de la eficiencia energética, es la de cogeneración eficiente. En Chile, la biomasa para producción eléctrica conlleva el aprovechamiento de energía eléctrica a través de la cogeneración. Las plantas de cogeneración permiten lograr eficiencias de conversión de combustible a energía útil entre 60% y 70%.

En el país existe un amplio potencial para aplicar tecnologías de cogeneración a partir de biomasa. Conscientes de las ventajas de esta tecnología y de que ésta aún no tiene mayor difusión en Chile, desde la Agencia Chilena de Eficiencia Energética, en conjunto con entidades como el banco internacional KfW y la Agencia de Cooperación Alemana (GIZ), se ha trabajado en promover la cogeneración eficiente. El desarrollo de biocombustibles sólidos en Chile se concentra en la región sur-central del país, debido a las condiciones climáticas, plantaciones forestales, la existencia de bosques nativos, alta agrosilvicultura actividad, características del área industrial forestal y la necesidad de calefacción que tiene la población. (Rodríguez-Monroy, Mármol-Acitores, & Nilsson-Cifuentes, 2018)

2.2.9.4 Energía geotérmica

Chile es una de las regiones con mayor actividad volcánica del planeta, dada su privilegiada posición en el denominado “Cinturón de Fuego del Pacífico” el país cuenta con cerca de un 20% de los volcanes activos continentales. Esta situación estratégica supone, además, un alto potencial en Chile para la generación de energía geotérmica. Las cifras sobre potencial geotérmico que se manejan hoy en Chile van desde los 3.350 MW (ENAP) hasta los 16.000 MW (Lahsen, 1988), lo que

podría representar un 91% de la capacidad instalada actual de la matriz energética del país. Sin embargo, la geotermia es la energía renovable no convencional (ERNC) menos conocida, la más ignorada y la con mayor potencial dentro de todas las ERNC posibles de desarrollar en el país. (CEGA, 2005)

De acuerdo a expertos, Chile tiene aproximadamente el 10% del total de volcanes en el mundo, y se considera que tiene es una ubicación privilegiada para el desarrollo de energía geotérmica. A pesar de los precios extremadamente altos de la energía y la escasez de energía en el país, se ha hecho muy poco para explotar uno de los recursos energéticos más prometedores de Chile. Las barreras más críticas identificadas para el desarrollo de esta tecnología son: alto costo y riesgo de inversiones iniciales, falta de dirección y apoyo institucional por parte del gobierno, y elementos imprecisos de la legislación y regulación marco de referencia. (Reed, 2013).

Actualmente se cuenta con la primera planta de energía geotérmica, en Chile y Sudamérica, ubicada en el Desierto de Atacama a 4.500 metros sobre el nivel del mar (Ollagüe, Región de Antofagasta). El llamado *Cerro Pabellón* está compuesto por dos unidades de una potencia instalada bruta de 24 MW cada una por un total de 48 MW de capacidad. En plena operación será capaz de producir alrededor de 340 GWh al año, lo que equivale a las necesidades de consumo anual de más de 165.000 hogares chilenos, evitando la emisión a la atmósfera de más de 166.000 toneladas de CO₂ cada año. (Revista Electricidad, 2017)

2.2.9.5 Recurso hídrico

De acuerdo con las estimaciones del Ministerio de Energía existiría la posibilidad de desarrollar más de 10.000 MW de capacidad solo considerando las cuencas del Maule, Biobío, Toltén, Valdivia, Bueno, Yelcho y Puelo. Hay que considerar que en el caso de Chile, que viene enfrentando sequías hace años, proyecta como se muestra en la tabla 4 a ser uno de los más secos, poniendo en peligro las instalaciones que se abastecen con este recurso.

Tabla 4 - Estrés Hídrico 2010-2040

Escala	Valor	País/Año	2010	2020	2030	2040
Bajo	0-1	Botswana	1.48	1.97	2.40	3.00
Bajo-Medio	1-2	Chile	2.89	3.69	4.09	4.45
Medio-Alto	2-3	Estonia	1.59	2.96	3.46	3.91
Alto	3-4	Namibia	1.74	2.40	2.61	3.18
Ex. Alto	4-5					

Fuente: (World Resources Institute, 2015)

2.2.10 Proyecto Valhalla – Espejo de Tarapacá

El “Espejo de Tarapacá” (EdT) es un proyecto de infraestructura considerado de los más innovadores a nivel mundial. Consiste en una central hidráulica de bombeo de 300 MW que opera con agua de mar, ubicada aproximadamente a 100 kilómetros al sur de Iquique. Sistema de almacenamiento de electricidad que permitirá eliminar, a un bajísimo costo, la intermitencia de fuentes renovables no convencionales – como la energía solar.

El proyecto aprovecha las características geográficas del Desierto de Atacama para implementar una central hidráulica de bombeo prácticamente natural: un terreno marcado por un farellón costero de gran altura, muy próximo al océano, y que en su parte superior cuenta con concavidades naturales, idóneas para el almacenamiento de agua de mar.

Lo anterior minimiza el impacto medioambiental y el costo de la central, lo cual combinado con la energía solar resultante de las mejores condiciones de radiación del mundo, harán de EdT una opción de generación de energía limpia y abundante, a menores precios que centrales termoeléctricas.

2.2.11 Cumplimiento de leyes

Según el balance ERNC emitido mensualmente por los Centros de despacho del SIC y SING, la exigencia definida por la ley con respecto a la generación de energía con origen ERNC, se ha ido cumpliendo holgadamente durante los últimos dos años. Para Enero de 2016 la obligación correspondió a 254,51 GWh, en tanto la generación alcanzó a 538,18 GWh, es decir, duplicó el objetivo.

2.2.12 Meta 2050 – Proyecto de Ley

A través de plan trazado a 2050, política energética fue publicada el pasado 30 de Noviembre de 2015, un grupo de 27 expertos desarrolló los lineamientos, transformaciones y objetivos a concretarse durante los próximos 30 años, siendo la meta principal de este trabajo apuntar a generar un futuro energético bajo en emisiones, inclusivo, resiliente y de costos competitivos. De acuerdo con el

Ministerio de Energía, la idea no es jerarquizar ningún pilar de la sustentabilidad sobre otro, sino que armonizar y complementar estos pilares para lograr un resultado homogéneo y eficiente.

Para 2050, se espera que el 70% de la matriz energética sea generada por las ERNC, teniendo un énfasis especial en las energías eólica, solar y minihidro, contemplando la incorporación progresiva de las energías de geotermia, biomasa y marina.

2.2.12.1 Desafíos y metas destacadas del plan 2050:

- El potencial de generación de las energías renovables deberá irse ajustando de acuerdo a la vulnerabilidad climática. Ajustes en la temperatura, precipitaciones y otros, deberán generar planes de adaptación a los cambios climáticos.
- El desarrollo de la mayor capacidad eólica, hidro y geotérmica deberá hacerse en forma compatible con los territorios en donde se inserten los proyectos.
- La energía marina y los biocombustibles, son energías que a pesar de no haber sido exploradas en detalle, reconocen un potencial importante para el futuro. La energía nuclear no vislumbra como opción, debido a sus altos costos y conflictos con las comunidades.
- Disponibilidad de suministro que no supere una hora/año por localidad.
- Emisiones de CO₂ sean coherentes con los requerimientos internacionales.
- Acceso universal y equitativo.

- Uso de instrumentos de planificación territorial, regional y comunal.
- Al menos 70% de la generación de energía nacional provenga de energías renovables.
- El crecimiento económico no signifique aumento en la demanda energética.
- El total de las edificaciones cuenten con estándares OCDE que permitan control y gestión inteligente de la energía.
- La totalidad de artefactos eléctricos que se encuentran en el mercado serán equipos eficientes.

Algunas de las actividades contempladas en el plan para conseguir los objetivos planteados para 2050 incluyen:



Ilustración 11 - Actividades y actores involucrados en meta 2050 (Deloitte, 2016)

2.2.12.2 Factores de éxito:

- Excelente potencial de recursos renovables (comparación con Alemania para solar fotovoltaica)

- Gestión sólida del sector energético
- Sector de financiamiento desarrollado
- Formato de subasta inteligente

2.2.12.3 Desafíos

- Debilidades de la infraestructura de red.
- Disponibilidad de financiamiento.
- Incertidumbre en algunos ingresos de subastas de contratos de compraventa de energía (PPAs; *Power Purchase Agreement*). (International Energy Agency, 2016)

2.2.13 Fomento de las ERNC

2.2.13.1 Antecedentes

El incremento de en el desarrollo e implementación de las ERNC se ha incrementado en los últimos años debido a que las barreras de entrada que limitaban el desarrollo de proyectos ERNC.

En este sentido, el gobierno está trabajando a través de dos líneas:

- Perfeccionamiento del marco regulatorio
- Implementación de instrumentos de apoyo directo a iniciativas de inversión

2.2.13.2 Apoyo estatal en términos regulatorios.

El fuerte incremento en la participación de las ERNC en la matriz energética chilena debido al papel que ha jugado el estado chileno como potenciador de las ERNC

más que en términos de inversión. El gobierno ha implementado nuevas legislaciones y normativas que permiten impulsar la inserción de las tecnologías no convencionales.

Una de las medidas más relevantes implementada para el crecimiento de estas tecnologías ha sido la inclusión de bloques horarios en las licitaciones para las distribuidoras.

2.2.13.3 Financiamiento y fuentes de financiamiento.

En relación al financiamiento en sí de los proyectos de ERNC, en Chile es posible obtener financiamiento en las distintas etapas del proyecto. Sin embargo, la facilidad o la dificultad de obtener financiamiento pueden variar según la etapa en la que se encuentre el proyecto. Para las etapas de factibilidad y pre-factibilidad, el financiamiento es más accesible, con mayores oportunidades de poder obtenerlo. En cambio para las etapas de construcción y puesta en marcha, las principales fuentes son la banca nacional e internacional (fuentes tradicionales).

Las opciones de financiamiento para los proyectos de ERNC pueden ser tanto nacionales como internacionales y pueden ser administradas tanto por instituciones públicas como privadas. Los montos de financiamiento se encuentran en el rango de los \$4 a los \$100 millones de pesos chilenos dependiendo del tipo de programa, que puede tener cobertura regional, nacional e internacional.

Dentro de las fuentes de financiamiento más importantes podemos encontrar:

- Comisión Nacional de Riesgo
- Corporación de Fomento de la Producción

- Agencia Chilena de Eficiencia Energética
- Instituto de Desarrollo Agropecuario
- Fondo Solidaridad e Inversión Social
- Servicio de Cooperación Técnica
- Fundación para la Innovación Agraria
- ProChile
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo
- Inter-American Development Bank
- Ministerio de Energía

2.2.13.3.1 Desarrollo de proyectos

A gran escala

Chile no tiene un sistema de fomento para proyectos a gran escala. Sino que su sistema se basa en licitaciones públicas, en donde quien se adjudica la obra es quien propone el mejor precio y supe la demanda total. El mercado de la generación eléctrica en Chile, históricamente, se ha concentrado para pocas empresas. Sin embargo, a partir de la promulgación del último programa en el cual se incluye en la cartera energética el uso de ERNC, han entrado al mercado de las licitaciones nuevas compañías. Al pasado Octubre 2016, de un total de 84 ofertas de distintas compañías para suplir la demanda total de 12.4 TWh anualmente por los próximos 20 años, casi dos tercios de las ofertas vinieron de empresas europeas como Iberolica, Acciona Energía y Mainstream. (Muñoz, Pumarino, & Salas, 2017). Se

dice que el aumento de la inversión extranjera, se debe a los altos precios de la electricidad y a los bajos costos de generación de energía eólica y solar.

A pequeña escala (Ministerio de Energía, 2017)

Existen distintas opciones de financiamiento administradas por diversas instituciones públicas. Las iniciativas de financiamiento pueden corresponder a subsidios, créditos, garantías estatales o beneficios tributarios; ser nacionales o regionales, o estar orientadas a un sector económico específico.

Las principales instituciones que cuentan con instrumentos de financiamiento para proyectos de Energías Renovables No Convencionales, son las siguientes:

- Ministerio de Vivienda y Urbanismo, MINVU
- Servicio de Cooperación Técnica, SERCOTEC
- Instituto de Desarrollo Agropecuario, INDAP
- Comisión Nacional de Riego, CNR
- Corporación de Fomento de la Producción, CORFO

2.2.13.4 Otras fuentes de apoyo

1. Estudios e Información (CNE y CORFO): Se realizan estudios y recopilación de datos que sirven como el set de datos para el análisis de privados. Como mecanismos adicionales se pueden considerar estudios sobre la disponibilidad de fuentes de ERNC como, por ejemplo, mediciones de viento para la inversión en energía eólica, información sobre biomasa agrícola, forestal y pecuaria,

disponibilidad de manuales para proyectos acogidos al Mecanismo de Desarrollo Limpio y guías para la evaluación de impacto ambiental, entre otros.

2. Lazos internacionales: El estado ha generado lazos con organizaciones internacionales con el fin de impulsar y fortalecer el trabajo que realiza en pos del fomento de las ERNC. Las colaboraciones establecidas se traducen en apoyo de especialistas, desarrollo de estudios, implementación de proyectos pilotos y disponibilidad de fondos para la creación de instrumentos financieros de fomento como créditos abaratados y fondos de garantía que faciliten la entrada al mercado de nuevos agentes. Dentro de las colaboraciones más destacadas se encuentran la Agencia de Cooperación Alemana (GIZ), el Plan de Inversiones con el Clean Technology Fund (CTF), el Programa Tecnología Solar (GEF-BID), y la NAMA de Autoabastecimiento.
3. Programa de Apoyo Minihidro (CIFES): el Centro para la Innovación y Fomento de las Energías Sustentables, se encuentra desarrollando un programa de apoyo al desarrollo de una industria local de Minihidro, mediante una serie de medidas, asociadas al plan 100 Minihidros del Ministerio de Energía. Particularmente, CIFES pretende facilitar la implementación de este tipo de proyectos en distintas cuencas del país, mediante líneas asociativas de transmisión, mecanismos de estabilización de precios y mejoramiento de la predicción de los recursos hídrico en Chile.
4. Programa de Energía Marítimas (Ministerio de Energía y CORFO): En función de diversificar los aportes de la matriz energética en Chile, el Ministerio de Energía y CORFO adjudicaron el primer centro de investigación y desarrollo de

energía de los mares al consorcio liderado por la empresa española DCNS. El centro de Investigación y Desarrollo de Energía Marina (MERIC por sus siglas en inglés) representa una inversión aproximada de USD\$ 20 millones, de los cuales un 65% será aportado por CORFO en un plazo de 8 años. El objetivo principal de esta iniciativa es diversificar el aporte de las ERNC a la matriz energética en Chile, permitiendo la integración y desarrollo de energías marinas.

2.2.13.5 Dificultades y debilidades del sector

2.2.13.5.1 Dependencia de combustibles fósiles

Hasta hace unos años atrás, los combustibles fósiles eran considerados una fuente de energía abundante, barata y una respuesta preferente a las necesidades del desarrollo económico a nivel mundial. En este contexto, el aporte de los combustibles fósiles se ha incrementado notoriamente en Chile. Entre 1996 y 2014 los combustibles se incrementaron desde un 33% a un 69%. Sin embargo, la creciente urbanización mundial y la irrupción de nuevos países como grandes consumidores de energía, implicará un panorama más complejo de escasez y alta competencia por el uso de algunos combustibles.

Actualmente, Chile se encuentra subordinado principalmente a la inestabilidad y volatilidad de los precios internacionales así como a las restricciones de abastecimiento producidas por fenómenos climáticos, políticos o de mercado.

2.2.13.5.2 Conflictos en el desarrollo de proyectos energéticos

En los últimos años, se ha desarrollado un conflicto relevante para los proyectos energéticos, debido al cuestionamiento ciudadano en relación a determinadas

fuentes de generación de energía debido a sus impactos socio-ambientales, y la falta de participación de las comunidades receptoras de los proyectos en los beneficios asociados a estas iniciativas. Actualmente, la ley carece de una normativa que regule un ordenamiento territorial que permita integrar los intereses de los diferentes stakeholders.

En los últimos diez años, una serie de proyectos energéticos han sido suspendidos o cancelados debido a la oposición ciudadana, menor crecimiento de la demanda eléctrica y un cambio de enfoque en el desarrollo de parte de las empresas. Entre los proyectos de ERNC detenidos más relevantes se encuentran:

Tabla 5 - Ejemplos de Proyectos ERNC Paralizados

Parque Eólico Chiloé (paralizado en 2012)	112 MW, US\$ 250 millones, Judicialización.
ERNC Tagua Tagua (paralizado en 2012)	35 MW, US\$ 95 millones, regulación ambiental.
Parque Eólico Pacífico (paralizado en 2012)	40 MW, US\$ 80 millones, regulación ambiental.
Parque Eólico Negrete (paralizado en 2014)	35 MW , US\$ 70 millones, judicialización

(Fuente: Deloitte, 2016)

2.3 Oferta energética: Proyectos Estudio – Aprobación – Construcción - Funcionamiento

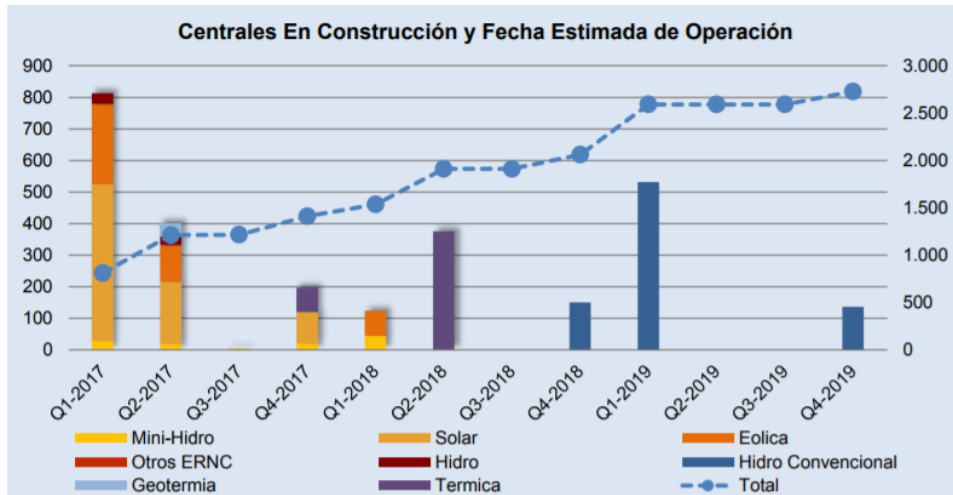


Gráfico 1 – Ingreso a operación estimada de obras. (Programa Energía Solar, 2017)

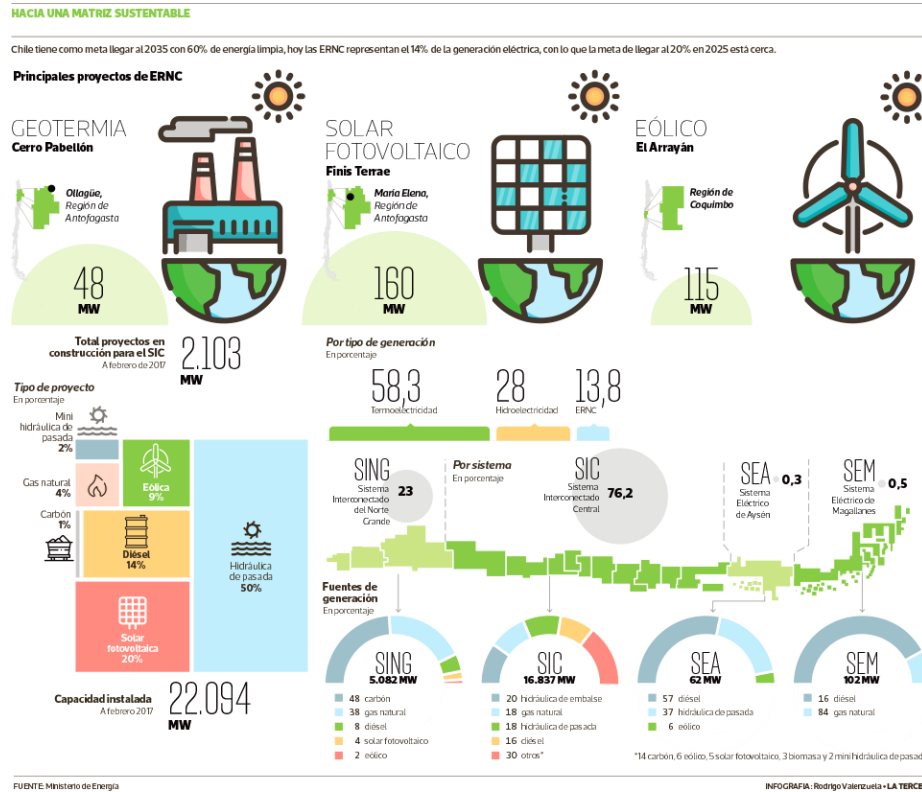


Ilustración 12 - Sistema de Matriz Sustentable (Fuente – La Tercera)

2.4 Oferta Fuentes Convencional y ERNC

2.4.1 Oferta hasta 2024

En los gráficos a continuación, a través de la información obtenida del SEIA (Servicio Evaluación e Impacto Ambiental) y la Comisión Nacional de Energía, los proyectos energéticos aprobados.

Se generó este gráfico en el cual se muestra la capacidad instalada y estimada según su fecha de puesta en marcha, según el tipo de energía ERNC o convencional, que correspondería a la oferta estimada de energía total según los datos recopilados a la fecha que permitiría dar una estimación hasta el año 2024.

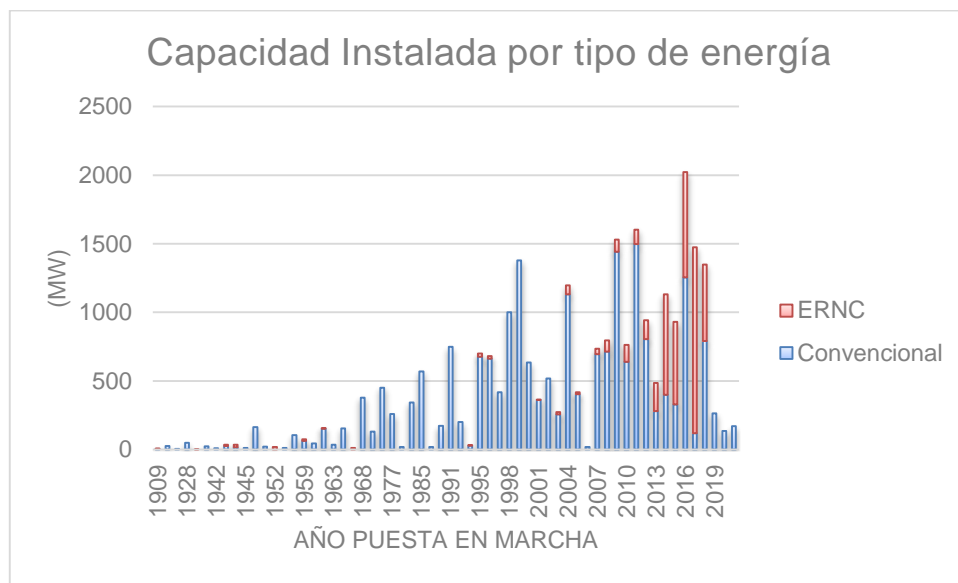


Gráfico 2- Capacidad Instalada por tipo de fuente de energía hasta 2024

(Elaboración propia) Fuente: CNE, SEIA.

En el siguiente gráfico, con la misma información se logró desplegar la información de los principales sistemas de distribución SIC y SING por tipo de energía para la misma fecha.

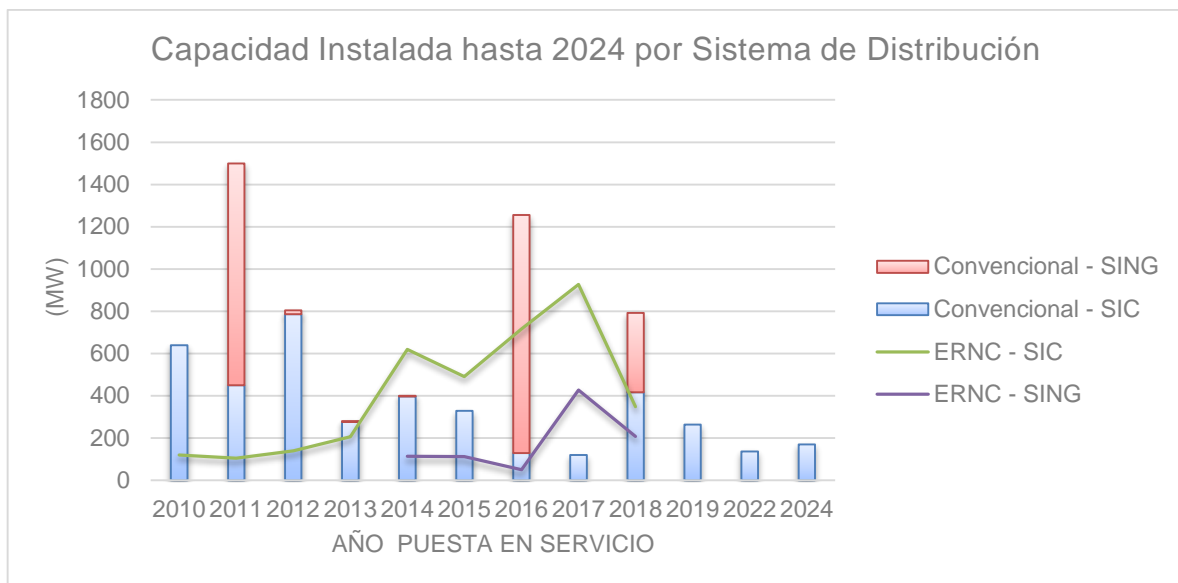


Gráfico 3 - Capacidad Instalada hasta 2024 (Proyección Oferta) (Elaboración propia) Fuente: CNE, SEIA

A continuación, se construyó una tabla que muestra el desglose de los tipos de proyectos con su capacidad instalada al 2015. En donde se puede ver la predominancia de ciertos proyectos según su sistema de distribución.

ERNC	SING	SIC	Magallanes	Aysén	Los Lagos	Total	SING	SIC
Hidro (< 20 MW)	77,83	10951,21	0,00	94,51	2,91	11126,46	0,7%	98,4%
Viento	232,22	1847,67	0,00	5,78	0,00	2085,67	11,1%	88,6%
Biomasa	0,00	2389,88	0,00	0,00	0,00	2389,88	0,0%	100,0%
Solar	372,90	987,21	0,00	0,00	0,00	1360,11	27,4%	72,6%
Total	682,95	16175,97	0,00	100,29	2,91	16962,12	-	-

Tabla 6 - Gross energy generated by the electricity system in 2015 – NCRE (GWh).

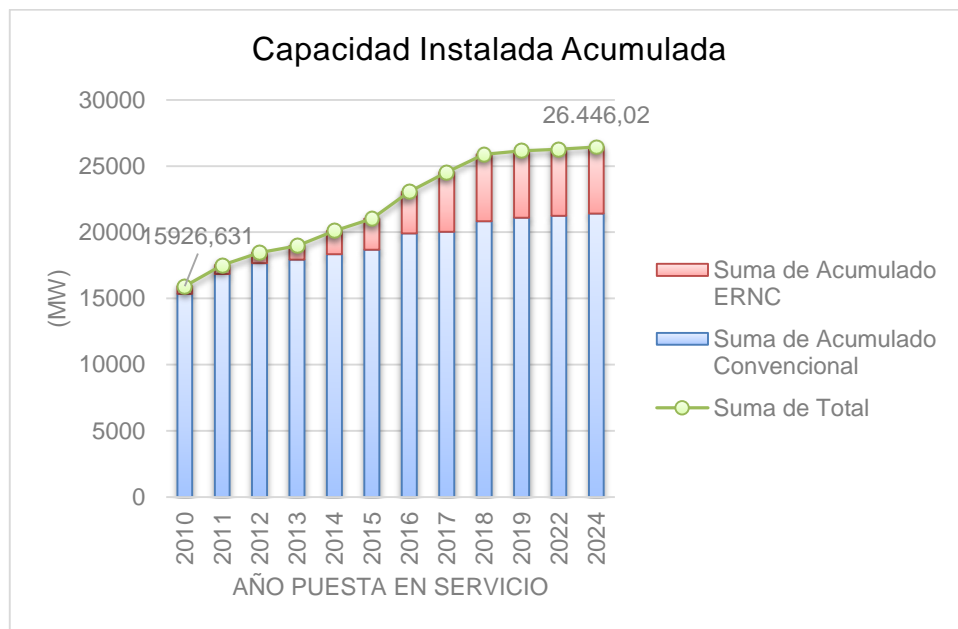
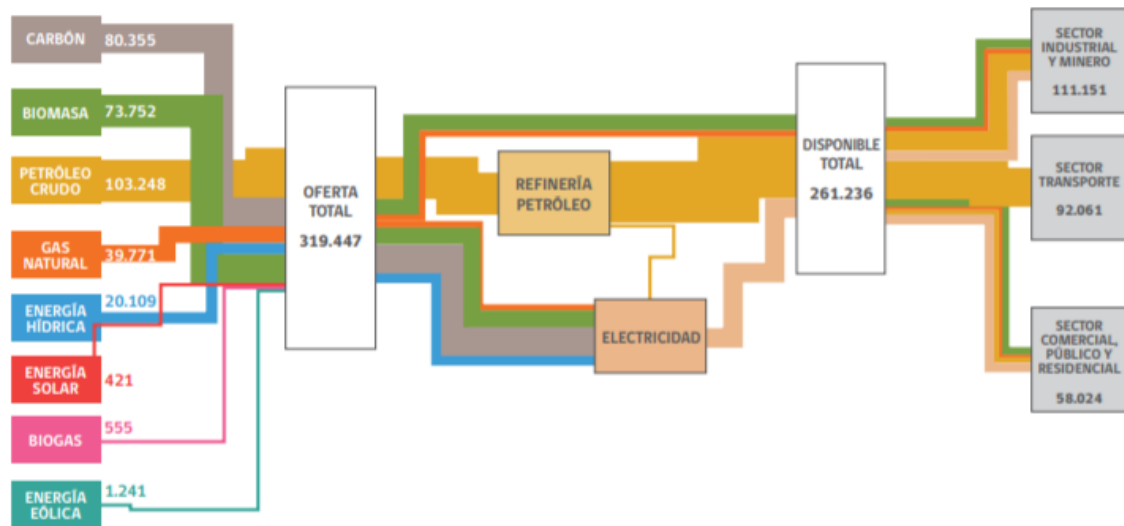


Gráfico 4 - Capacidad Instalada Acumulada al 2024

2.5 Oferta y consumo por sector



Fuente: Ministerio de Energía

Ilustración 13 - Consumo de energía final en Tera calorías (*Ministerio de Energía, 2015*)

La generación intermitente de ERNC aumentará rápidamente en el futuro ya que una gran proporción de los proyectos de ERNC se basan en tecnologías solares fotovoltaicas y eólicas. Por lo tanto, la integración de estas fuentes intermitentes puede representar un desafío para la gestión del sistema eléctrico. (Rodríguez-Monroy, Mármol-Acitores, & Nilsson-Cifuentes, 2018)

CAPITULO III: RESULTADOS

A continuación se muestra una demanda y oferta energética proyectada.

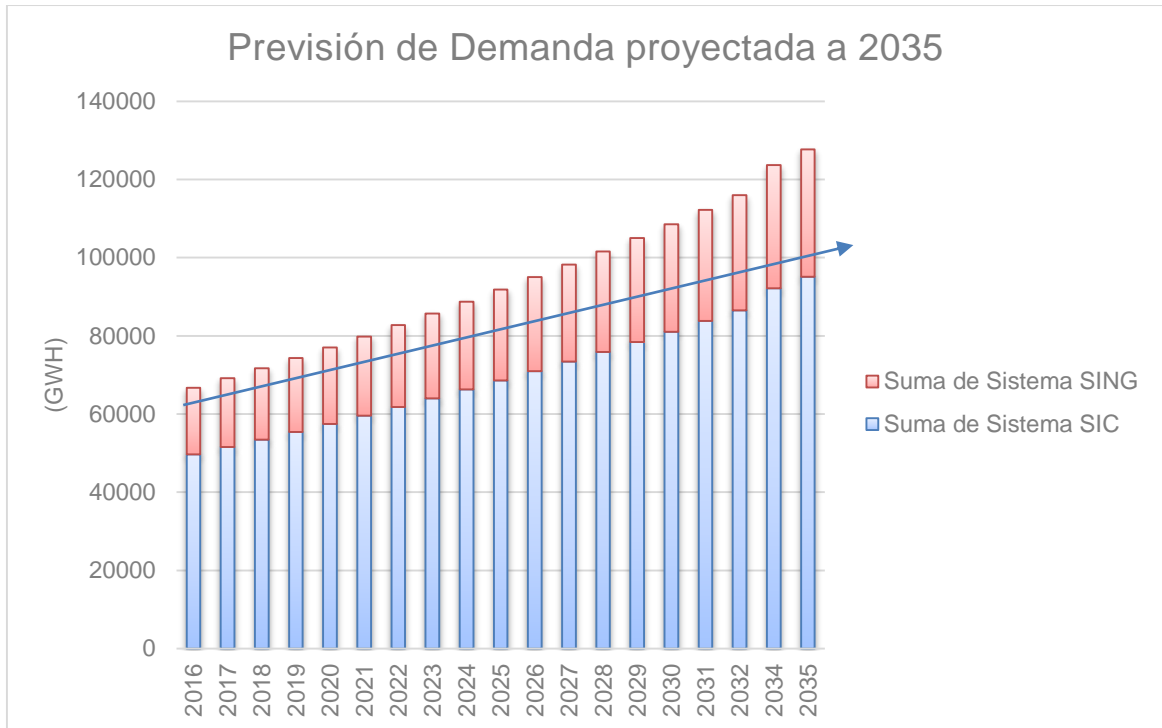


Gráfico 5 - Demanda proyectada a 2035 (Elaboración propia; datos ANEXO 1)

Fuente: CNE

El gráfico 5, desarrollado con los datos obtenidos del informe: INFORME DEFINITIVO DE PREVISIÓN DE DEMANDA 2016-2036 SIC – SING, que distingue dos grupos de consumo: para clientes regulados y clientes libres, cuyos antecedentes son entregados a nivel de subestación primaria y por punto de conexión correspondientemente. Este informe recopila antecedentes entregados por las empresas de generación y de distribución, de los Centros de Despacho Económico de Carga de ambos sistemas, y las herramientas de los estudios encargados por la Comisión Nacional de Energía.

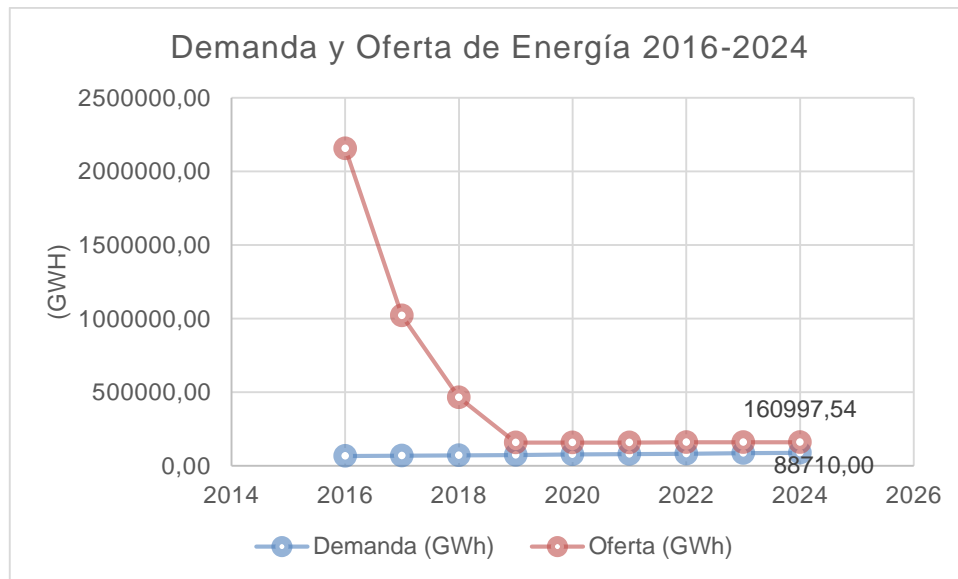


Gráfico 6 - Oferta y demanda de energía proyectada a 2024 (Fuente: Datos de gráfico 3 y 4, CNE y SEIA; Datos ANEXO 3)

En el gráfico previo, se plasmó la disponibilidad de energía eléctrica a través de la capacidad instalada de los gráficos anteriores y también su demanda. Cabe destacar que la unidad en que se expresa la capacidad instalada es en MW (ya que es una unidad de potencia), y la unidad de generación es en GWh (Gigawatt por hora). Por lo tanto, ya que la demanda se expresó en promedio por un año, se hizo la conversión de los valores por 24 horas y 365 días, en el cual se multiplicó por un valor de 0.3 a las fuentes de ERNC y 0.7 a las fuente convencionales que corresponde a lo que se llama “Factor de Planta” y muestra un escenario de producción (Pérez Tobar, 2015). Según el académico y también director de SERC-Chile, Rodrigo Palma, el factor de planta es importante ya que determina el porcentaje de tiempo u horas en el año que una planta opera. Por ejemplo, una planta eólica, no va a funcionar todo el tiempo porque dependerá de la presencia de viento. En el caso de las plantas solares, dependen de la radiación del lugar entre

otros factores. Es decir, que la misma planta instalada en Chile, en Alemania (que tiene un factor de planta del 7%) producirá menos.

Por otro lado, el proceso de aprobación de RCA puede tardar años, sea por factores técnicos, medio ambientales, etc., es por eso que fue arduo determinar la oferta de proyectos más allá del 2024.

Tabla 7- Proyectos en SEIA

Tecnología	Operación (*) [MW]	En pruebas	Construcción [MW]	RCA Aprobada [MW]	En Calificación [MW]
Biomasa	463	6	0	449	68
Eólica	1305	115	491	9147	2274
Geotermina	24	0	0	120	100
Mini Hidro	475	29	52	807	129
Solar - PV	1769	305	281	15623	7553
Solar - CSP	0	0	110	2348	300
Total	4036	455	934	28494	10424

Fuente: CNE, SEIA

3.1 Proyección por sector

3.1.1 Sector Residencial

La proyección a nivel residencial encuentra al alza. Actualmente se cuenta con la “Certificación de Edificio Sustentable”, primera en Chile para evaluar, calificar y certificar el comportamiento ambiental de edificios de uso público. (Certificación Edificio Sustentable, 2018).

Por un lado, se encuentran los altos costos que impiden que los consumidores de menos ingresos les impide adquirir equipos (paneles fotovoltaicos) y/o reemplazar los actuales.

Es importante destacar que la eficiencia energética como concepto no debe ser asociado exclusivamente con un ahorro de energía, puesto que esto último podría lograrse reduciendo la realización de ciertas actividades, disminuyendo el bienestar social. Por otro lado, tampoco debe entenderse la eficiencia energética como una mayor participación de las energías renovables en la matriz energética nacional. La energía renovable es un tipo de fuente de energía, mientras que la eficiencia energética es un análisis de todo el sistema. (Obrecht Ihl, 2016)

3.1.2 Sector Transporte

Según el informe de la OCDE de Desempeño Ambiental, en la reforma tributaria de 2014 se estableció un impuesto sobre la compra de vehículos motorizados livianos (basado en la emisión de óxidos de nitrógeno y la eficiencia en términos del combustible); también se establecieron impuestos sobre las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) y de contaminantes atmosféricos locales producidos por grandes fuentes fijas. (OCDE, 2016). Así es como se incentiva el uso de este tipo de transporte versus su alto costo.

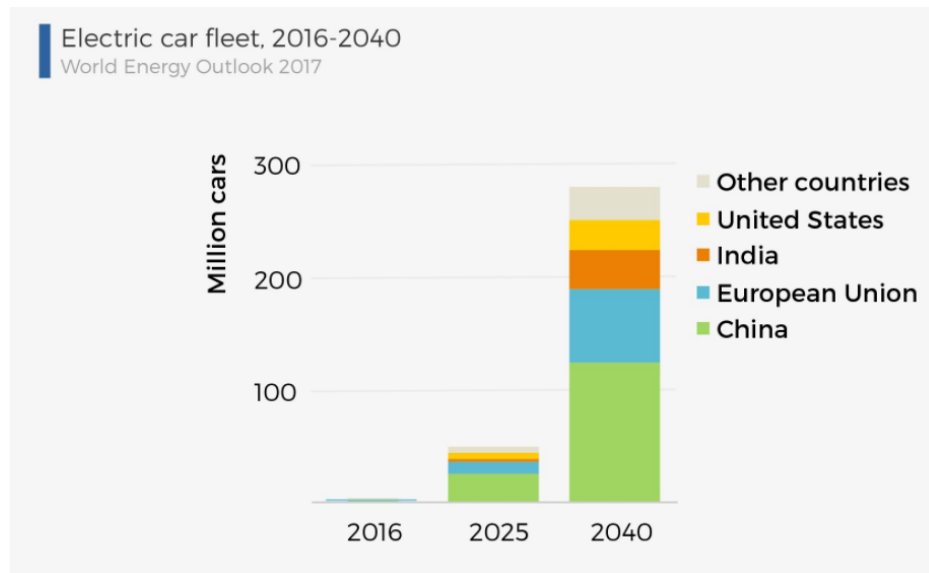


Ilustración 14 - Flota de autos eléctricos, 2016-2040 (IEA, 2016)

La producción y el consumo de energía son todavía las fuentes de mayor magnitud y crecimiento más acelerado de emisiones, actividades que representan las tres cuartas partes de los GEI producidos en 2010. Alrededor del 30% de las emisiones relacionadas con la energía, o el 23% de las emisiones de GEI, proviene solo del sector transporte, lo que da cuenta de un rápido crecimiento de la demanda de transporte por carretera y del parque automotor.

3.1.3 Sector Minero (Cobre)

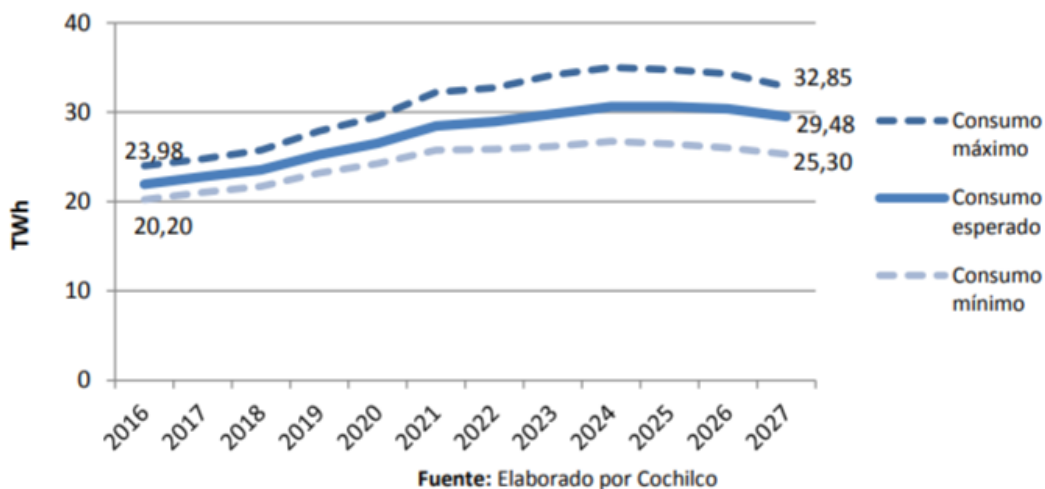


Gráfico 7 - Consumo Eléctrico Nacional de la Minería del cobre 2016-2027

(COCHILCO, 2016)

Según el informe de *Proyección del consumo de energía eléctrica en la minería del cobre 2016-2027*. Las tres regiones que son más intensivas en el uso de energía eléctrica por parte de la minería en el 2016 son la región de Antofagasta, Atacama y O'Higgins teniendo un sostenido crecimiento al 2027. El Consejo Minero (CM) y el Ministerio de Energía, firmaron en 2015 un convenio de colaboración para impulsar el uso más eficiente de la energía. Es así como el sector minero fue el primero en firmar un acuerdo de este tipo, anticipando la implementación de las normas que se establecerán, respecto de los grandes consumidores de energía, en el proyecto de Ley de Eficiencia Energética, en el marco de la Agenda de Energía del Ministerio de Energía. (COCHILCO, 2016)

Sin embargo, ya en el año 2020 el consumo esperado minero de electricidad de Coquimbo supera a O'Higgins y desde el año 2023 Tarapacá también tiene un

mayor consumo de que O'Higgins, es así como en el año 2027 las tres regiones con uso más intensivo de energía eléctrica serán Antofagasta, seguida de Atacama y en tercer lugar estará Coquimbo.

En relación a la ampliación de las capacidades de generación local y/o transmisión de electricidad, se han impulsado una serie de proyectos enfocados a optimizar la operación del Sistema Eléctrico Nacional, que potencien las capacidades actuales de manera que a mediano plazo los precios de suministro de electricidad bajen en comparación que lo que se había observado en los últimos años. Un primer paso ha sido la impulsión de la interconexión SING – SIC con la línea Cardones Polpaico, que se estima estará en operación a fines del 2017, también existen iniciativas que se esperan mejoren y faciliten la integración de diversos tipos de energía como las Energías Renovables No Convencionales (ERNC), como lo es la recién promulgada Ley de Transmisión, marco legal que ya mostró resultados de un fuerte incremento de adjudicación de proyectos de ERNC en la pasada licitación de julio 2016.

Se muestra un desafío en el cual se espera generar un consumo sostenido menor, a través de la eficiencia energética. Es así que nos encontramos en el punto en que podemos considerar a la demanda de energía eléctrica que generará la minería, como un incentivo para fortalecer las políticas nacionales de energía, en términos de diversificar la matriz energética, fortalecer la penetración de las ERNC e incrementar la eficiencia energética. Aquellas compañías que se encuentran trabajando en materia de eficiencia energética con una mirada de largo plazo podrán enfrentar de mejor manera cualquier incremento de precios de la energía en el futuro.

CAPITULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusiones

1. El gráfico que muestra la oferta de en capacidad instalada, devela que la vida útil de los proyectos que aportan energía de manera convencional tienen una larga vida útil de proyectos.
2. Actualmente, el rechazo ciudadano al desarrollo de nuevos proyectos de inversión se fundamenta principalmente en aspectos ambientales, de forma consistente a través de reclamos por los impactos ambientales generados por la instalación de infraestructura energética. Cabe señalar que, en los eventos deliberativos, un 70% de las personas que rechazan la construcción de proyectos energéticos en su región, lo hacen con este argumento. (Ministerio de Energía, 2015)
3. Una de las principales desventajas del uso de energía renovable es el elevado costo inicial de la inversión. Sin embargo, para comparar alternativas renovables y fósiles se debe incorporar en la evaluación económica factores como el incremento del precio de los combustibles, la incertidumbre de su valor y externalidades tales como: los daños provocados por emisiones contaminantes, gastos por seguridad de suministro, y costos de transmisión y distribución (Pastén, 2012). El desarrollo, y la generación de conocimiento alrededor del tema permiten que los costos bajen en el largo plazo.
4. Los gráficos muestran una demanda y oferta dispareja. Sin embargo, se observó una tendencia al alza sostenida en la demanda mayormente en el

SIC que en SING. Y la oferta muestra un desarrollo considerablemente mayor en el SIC que en el SING. La diversificación de la matriz en ambos sistemas, permitiría determinar los precios, ya que dependen en distinta proporción de los combustibles fósiles.

5. La seguridad energética y la eficiencia, involucra muchos actores. El país completo, a través del Ministerio de Energía y sus entidades ha generado información que los ha llevado a generar la nueva política energética. Genera inversión, formación de nuevos profesionales así como formación de capacidades en capital humano de EE, que puedan hacer diagnósticos energéticos oportunos y eficaces. Sería importante estudiar el comportamiento de la demanda sectorial en función de la variabilidad o intermitencia de generación además del desarrollo de sistemas de almacenamiento.
6. La tendencia internacional apunta a buscar un desacople entre crecimiento y consumo energético mediante una mayor eficiencia energética. En el caso chileno, el desacople ha sido mayor en los últimos años producto de las medidas de eficiencia introducidas en el sector, así como de los elevados precios de la energía que han incentivado un uso más racional de ella. (Ministerio de Energía, 2015)
7. La política energética y de paso climática también deberá afrontar el desafío de adaptarse al cambio climático. Los efectos varían dependiendo de la geografía, pero incluirán, por ejemplo, riesgo de inundaciones, una menor disponibilidad de agua para la generación de energía hidroeléctrica, una

menor producción agrícola y consecuencias para la diversidad biológica. Para prepararse a estos cambios, resultará esencial implementar los planes de adaptación sectoriales en conjunto con procesos sólidos de fiscalización y evaluación con el objeto de garantizar que se disminuya la vulnerabilidad.

8. Las compañías dedicadas a la distribución de energía eléctrica incurren en altas inversiones para mantener una operación continua. Este tipo de condiciones hace aún más necesario el contar con una correcta proyección de demanda que permita precisar las inversiones, tratando de no incurrir en sobre o sub inversión, lo que puede llevar a la implementación de una red sobre-dimensionada (si se sobreestima) o a arriesgar la calidad del servicio y la compra de energía a un mayor precio, en el caso de la subestimación.

4.2 Conclusiones

El presente trabajo pudo cumplir los objetivos planteados, en cuanto a examinar el contexto desde un tiempo a la actualidad, Se encontró bastante información disponible para indagar en los temas que se tocan en el presente, por parte de entidades privadas como también estatales. Sin embargo, hubo limitaciones del tipo técnico en el cual la información cuantitativa no permitió realizar la estimación del cumplimiento de la demanda con la oferta actual y proyectada. De lo anterior se rescata que hay diversos factores que afectan al desarrollo de la matriz energética que sería importante indagar para determinar los efectos de la total inserción de las ERNC.

Por otro lado, se concluye que a través de la investigación que las ERNC están tomando un papel importante en el ámbito energético del país. A partir de los proyectos de ley, se ha generado inversión que pone a Chile en una posición innovadora frente a sus pares. Si bien Chile cuenta con todos los recursos para generar ERNC, es importante el estudio técnico en cuanto a su factibilidad, ya que la seguridad energética se debe lograr si se quiere ser independiente de los combustibles fósiles y ser un ejemplo en las emisiones de GEI, aun cuando Chile no es considerado un país contaminante en proporción a las grandes potencias. Además del estudio técnico se vislumbró, la preocupación de la población en la instalación, y además de la vida útil de las plantas convencionales como termoeléctricas, que siguen generando hasta el día de hoy con décadas de funcionamiento.

Se muestra con la inversión en ERNC que Chile se puede potenciar e incluso exportar estos recursos, y este ser una de sus industrias que haga crecer económicamente al país.

Como líneas futuras de estudio se recomienda revisar el plan de inversión de los activos en grandes empresas, específicamente de carbón. Éstos llevan funcionando muchos años y podrán seguir haciéndolo por muchos más, pero con el actual y futuro escenario de las fuentes de ERNC, quedan obsoletos.

Siguiendo en el área industrial, se ve que además de cambiar los sistemas que se usan actualmente por otros más limpios, el enfoque ahora es la eficiencia energética ya que la energía que se pierde o no se usa, se considera fuente de energía, (Masa, Stehlík, Tous, & Vondra, 2018). Las primeras impresiones son que los inversionistas

no se arriesgan mucho a invertir en otros proyectos que les permitan un ahorro considerable de energía, por lo tanto, el desarrollo de herramientas para tomar estas decisiones con una mayor seguridad sería de gran utilidad. Por ejemplo, monitoreo constante que a su vez genere parámetros medibles. Actualmente hay pocos casos prácticos de ahorro de energía con una metodología de monitoreo establecida, aun cuando este método tiene cero inversión, pero alta responsabilidad en que funcione y entregue información valiosa a una empresa. Esto aborda la temática de organización industrial y logística dentro de la misma empresa para lograr esta eficiencia.

Otra línea de estudio importante de continuar, sería indagar en el impacto de la eficiencia energética de la mano con el crecimiento de la población. Según (Feng, Rui, & Fang, 2018), actualmente el crecimiento demográfico también está ligado al crecimiento tecnológico que aporta a la eficiencia energética. Sin embargo, no hay un estudio en profundidad de cómo la sinergia de las industrias y su eficiencia aporta realmente al medio ambiente y a un mejor uso de recursos por parte de las empresas.

BIBLIOGRAFÍA

- ACERA. (2016). *Beneficios Económicos de Energías Renovables No Convencionales en Chile*.
- Becerra, M., Jerez, A., Cepeda, F., & Valenzuela, M. (2017). Wind energy potential in Chile: Assessment of a small scale wind farm for residential clients. *Energy Conversion and Management*, 71-90.
- Bernal, C. A. (2010). *Metodología de la Investigación*.
- Bloomberg. (2016). *Climate Scope* .
- Brown, M. A., Wang, Y., Sovacool, B. K., & D'Agostino, A. L. (s.f.). Forty years of energy security trends: A comparative assessment of 22 industrialized countries. *Energy Research & Social Science*, 4, 64-77.
- Castells, X. E. (2012). *Energía, Agua, Medioambiente, territorialidad y Sostenibilidad*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- Castells, X. E. (2012). *Energía, agua, medioambiente, territorialidad y sostenibilidad*. Ediciones Díaz de Santos.
- CEGA. (2005). *GEOTERMIA EN CHILE*. Obtenido de GEOTERMIA EN CHILE: <http://www.cega.ing.uchile.cl/informacion-de-interes/geotermia-en-chile/>
- Central Energía. (2017). *Glosario del Mercado Eléctrico*.
- Certificación Edificio Sustentable*. (2018). Obtenido de <http://certificacionsustentable.cl/>

- CIFES. (2016). *Centro para la Innovación y Fomento de las Energías Sustentables*. Obtenido de <http://cifes.gob.cl/energias-sustentables/bioenergia/biomasa/>
- CNE. (2015). <http://energiaabierta.cne.cl/visualizaciones/balance-de-energia/>. Obtenido de Balance de Energía.
- CNE. (2017). *Capacidad Instalada*. Obtenido de <http://energiaabierta.cl/visualizaciones/capacidad-instalada/>
- COCHILCO. (2016). *Proyección del consumo de energía eléctrica en la minería del cobre 2016-2027*. Obtenido de <https://www.cochilco.cl/Mercado%20de%20Metales/Proyecci%C3%B3n%20del%20consumo%20de%20energía%20el%C3%A9ctrica%20en%20la%20miner%C3%ADa%20del%20cobre%20%202016%20-%202027.pdf>
- Colegio de Ingenieros de Chile, A.G. (2010). *Energías Renovables No Convencionales – Energía Sustentable Para Chile*. Santiago de Chile.
- Comisión Nacional de Energía. (2013). *Impacto Económico y Social de Interconexion SIC-SING*. Obtenido de <https://www.cne.cl/wp-content/uploads/2015/07/Impacto-Econ%C3%B3mico-y-Social-de-Interconexi%C3%B3n-SIC-SING.pdf>
- Comisión Nacional de Energía. (2016). *Anuario Estadístico de Energía 2016*. Obtenido de http://dataset.cne.cl/Energia_Abierta/Estudios/CNE/AnuarioCNE2016Final_vImprimible.pdf

- Comisión Nacional de Energía. (2017). *Energía abierta*. Obtenido de <http://energiaabierta.cl/visualizaciones/capacidad-instalada/>
- Comisión Nacional de Energía. (2017). *Informe Definitivo de Previsión de Demanda 2016-2036 SIC-SING*. Santiago.
- Comisión Nacional de Energía. (2017). *Reporte Sector Energético Enero 2017*.
- Coordinador Eléctrico Nacional. (2016). *Flexibilidad y Sistemas de almacenamiento en el Sistema Eléctrico Nacional en el año 2021*.
- Coordinador Eléctrico Nacional. (2016). *Reporte Anual 2016*.
- de Espona, R. J. (2013). EL MODERNO CONCEPTO INTEGRADO DE SEGURIDAD ENERGÉTICA.
- Deloitte. (2016). *ERNC, perspectivas y dificultades, Chile*.
- Deloitte. (2016). *Sector energía III: ERNC, perspectivas y dificultades*. Deloitte.
- DIRECON. (2018). *DIRECON*.
- División de Infraestructura Unidad de Gestión de Proyectos. (2017). *Proyectos en Construcción e Inversión en sector Energía a febrero 2017*. Obtenido de http://www.energia.gob.cl/sites/default/files/despensa_feb_2017.pdf.
- Dornbusch, R., Fischer, S., & Startz, R. (2009). *Macroeconomía*. McGraw-Hill.
- Electricidad. (2011). Cómo funciona una central de embalse. *Revista Electricidad*. Obtenido de <http://www.revistaei.cl/reportajes/como-funciona-una-central-de-embalse/#>
- Feng, H., Rui, X., & Fang, J. (2018). Urban agglomeration economies and industrial energy efficiency. *Energy*, 48-59.

García, A. E., Carmona, R. J., Lienqueo, M. E., & Salazar, O. (2011). The current status of liquid biofuels in Chile. *Energy*, 36, 2077-2084.

Gebremedhin, A., Carlson, B., & Björnfot, K. (2009). Sustainable energy system – A case study from Chile. *Renewable Energy*, 34, 1241-1244.

Gilberto Sanzana, A. G., & Quezada Hernández, L. J. (2014). *EVALUACIÓN AMBIENTAL ESTRATÉGICA DE LA MATRIZ DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DE CHILE AL 2030: CONTRASTE DE LAS VISIONES DE EXPERTOS Y DE PARLAMENTARIOS*. Obtenido de <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/116744/Gilberto%20S.%2C%20Alison.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Grágeda, M., Escudero, M., Alavia, W., Ushak, S., & Fthenakis, V. (2016). Review and multi-criteria assessment of solar energy projects in Chile. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 59, 583-596.

Grupo Interplataformas de Ciudades Inteligentes. (Junio de 2015). *Futured*. Obtenido de Futured: <http://www.futured.es/wp-content/uploads/2016/11/GICI-esp.pdf>

GWEC. (2016). Global Wind 2016 Report.

IEA. (2016). *World Energy Outlook 2016*. Obtenido de <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WorldEnergyOutlook2016ExecutiveSummaryEnglish.pdf>

International Energy Agency. (2016). *Energía Renovable en América Latina y el Mundo*.

- International Renewable Energy Agency (IRENA). (2017). *Renewable Energy and Jobs – Annual Review 2017*. Obtenido de http://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2017/May/IRENA_RE_Jobs_Annual_Review_2017.pdf
- International Renewable Energy Agency. (2017). *REthinking Energy 2017*. Abu Dhabi: IRENA.
- Jara Tirapegui, W. (2006). *Introducción a las Energías Renovables No Convencionales*.
- Labandera , X., Carmelo, L., & Vázquez, M. X. (2007). *Economía Ambiental*. Madrid: Pearson Educación, S.A.
- Lahsen, A. (1988). Chilean geothermal resources and their possible utilization. *Geothermics*, 401-410.
- Larraín B., F., & D. Sachs, J. (2013). *Macroeconomía en la Economía Global*. Santiago: Pearson Educación de Chile Ltda.
- Larraín B., F., & Sachs, J. D. (2013). *Macroeconomía en la Economía Global*. Santiago de Chile: Pearson Educación de Chile Ltda.
- Larraín, I. (2012). *Revista Marina*. Obtenido de SEGURIDAD ENERGÉTICA, CHILE Y SU ESTRATEGIA MARÍTIMA:
<https://revistamarina.cl/revistas/2012/3/larrain.pdf>
- Masa, V., Stehlík, P., Tous, M., & Vondra, M. (2018). Key pillars of successful energy saving projects in small and medium. *Energy*, 293-304.
- Mattar, C., & Guzmán-Ibarra, M. C. (2017). A techno-economic assessment of offshore wind energy in Chile. *Energy*, 191-205.

Mena Acosta, D. (2013). UNA APROXIMACIÓN AL CONCEPTO DE SEGURIDAD ENERGÉTICA: SU RELACIÓN CON LA POLÍTICA ENERGÉTICA DE CHILE. *Encrucijada Americana* , 65-77.

Ministerio de Energía. (2015). *Energía 2050*. Obtenido de http://www.energia.gob.cl/sites/default/files/energia_2050_-_politica_energetica_de_chile.pdf

Ministerio de Energía. (2015). *Energía 2050 - Política Energética Nacional*.

Ministerio de Energía. (2016). *Generación distribuida en Chile*. Obtenido de <https://www.cne.cl/wp-content/uploads/2016/11/PPT-Ministro-seminario-Gx-Dx-25oct2016.pdf>

Ministerio de Energía. (2017). *Buscador de Fuentes de Financiamiento*. Obtenido de Buscador de Fuentes de Financiamiento: <http://www.minenergia.cl/pfinanciamiento/>

Ministerio de Energía. (2017). *MEMORIA PROGRAMA TECHOS SOLARES PÚBLICOS*. Santiago de Chile: Ministerio de Energía.

Ministerio de Energía. (2017). *Proceso de Planificación Energética a Largo Plazo*. Obtenido de http://www.energia.gob.cl/sites/default/files/plan_de_trabajo_pelp_6feb17.pdf

Molina C., J. D., Martínez A. , V. J., & Rudnick, H. (2010). Technological impact of Non-Conventional Renewable Energy in the Chilean Electricity System .

Muñoz, F. D., Pumarino, B. J., & Salas, I. A. (2017). Aiming low and achieving it: A long-term analysis of a renewable policy in Chile. *Energy Economics*, 304-314.

Naciones Unidas Consejo Económico y Social. (16 de Febrero de 2016).

UNCTAD. Obtenido de UNCTAD:

http://unctad.org/meetings/es/SessionalDocuments/ecn162016d2_es.pdf

Obrecht Ihl, R. (2016). *CARACTERIZACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO RESIDENCIAL EN LA REGIÓN METROPOLITANA Y ANÁLISIS DE ESCENARIOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA*. Universidad de Chile, Departamento de Ingeniería Industrial, Santiago. Obtenido de <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/142776/Caracterizaci%C3%B3n-del-consumo-energ%C3%A9tico-residencial-en-la-Regi%C3%B3n-Metropolitana-y-an%C3%A1lisis-de-escenarios.pdf?sequence=1>

OCDE. (2016). *Evaluaciones de Desempeño Ambiental*.

ODEPA. (2013). Panorama de las Energías Renovables No Convencionales.

Obtenido de

<http://www.odepa.gob.cl/odepaweb/publicaciones/doc/11395.pdf>

Oil & Gas Journal. (2017). EIA: World energy consumption to increase 28% by 2040. *Oil & Gas Journal*.

Oswald, Ú. (2017). Seguridad, disponibilidad y sustentabilidad energética en México. *Revista Mexicana de Ciencias Políticas y Sociales*, 62, 155-195.

Palma Llewellyn, A. F. (2015). *PRONÓSTICO DE DEMANDA DE ENERGÍA Y POTENCIA ELÉCTRICA EN EL LARGO PLAZO PARA LA RED DE*

CHILECTRA S.A. UTILIZANDO TÉCNICAS DE MINERÍA DE DATOS.

Obtenido de

<http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/137859/Pronostico-de-demanda-de-energia-y-potencia-electrica-en-el-largo-plazo-para-la-red.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Pastén, C. (2012). Chile, energía y desarrollo. *Obras y Proyectos*, 28-39. Obtenido de http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-28132012000100003

Pérez Tobar, R. (2015). *DESARROLLO DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA E INTERCONEXIÓN SING-SIC*. Obtenido de <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/137572/Desarrollo-de-la-energia-solar-fotovoltaica-e-interconexion-SING-SIC.pdf?sequence=4>

Programa Energía Solar. (2017). *Estudio Benchmarking de Plantas Solares Fotovoltaicas Chile*.

Programa Energía Solar. (2017). *Estudio Benchmarking de Plantas Solares Fotovoltaicas en Chile*.

PUC - Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Eléctrica. (2004). *Centrales Termoeléctricas, Mercados e Implicancias*. Obtenido de http://hrudnick.sitios.ing.uc.cl/alumno03/thermo/Web_mercados.htm

Ramírez-Sagner, G., Mata-Torres, C., Pino, A., & Escobar, R. A. (2017). Economic feasibility of residential and commercial PV technology: The Chilean case. *Renewable Energy*, 332-343.

- Reed, A. (2013). *Energy Under the Andes: Benefits, Barriers to Development, and Relevant Policy Alternatives for Chile's Untapped Geothermal Resources*.
Obtenido de http://d-scholarship.pitt.edu/18679/4/A.Reed_Thesis.pdf
- REN21. (2016). *Energías Renovables 2016 Reporte de la Situación Mundial*.
Renewable Energy Policy Network for the 21st Century.
- REN21. (2016). *ENERGÍAS RENOVABLES 2016 REPORTE DE LA SITUACIÓN MUNDIAL*. Obtenido de *ENERGÍAS RENOVABLES 2016 REPORTE DE LA SITUACIÓN MUNDIAL*: http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/06/GSR_2016_KeyFindings_SPANISH.pdf
- Revista Electricidad. (2017). Presidenta Bachelet inaugura central geotérmica Cerro Pabellón en comuna de Ollagüe. Chile. Obtenido de <http://www.revistaei.cl/2017/09/12/presidenta-bachelet-inaugura-central-geotermica-cerro-pabellon-en-comuna-de-ollague/>
- Rodríguez-Monroy, C., Mármol-Acitores, G., & Nilsson-Cifuentes, G. (2018).
Electricity generation in Chile using non-conventional renewable energy.
Renewable and Sustainable Energy Reviews, 937-945.
- Schacht Wall, R. E. (2012). *GENERACIÓN MAREOMOTRIZ DISTRIBUIDA EN EL SUR DE CHILE INTEGRADA CON LA UTILIZACIÓN DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS UTILITARIOS COMO FUENTE DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA*. Obtenido de <https://repositorio.uc.cl/bitstream/handle/11534/1905/600316.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Sohr, R. (2011). *Chao Petróleo: El Mundo y las energías del futuro*. Penguin Random House Grupo Editorial Chile.
- U.S. Energy Information Administration. (2017). *International Energy Outlook 2017*.
Obtenido de [https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/0484\(2017\).pdf](https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/0484(2017).pdf)
- UTFSM. (2008). *Estudio de contribución de las ERNC al SIC al 2025 - Potencial de Biomasa en Chile*.
- Watts, D., Oses, N., & Pérez, R. (2016). Assessment of wind energy potential in Chile: A project-based regional wind supply function approach. *Renewable Energy*, 738-755.
- Winzer, C. (2012). Conceptualizing energy security. *Energy Policy*, 46, 36-48.
- World Resources Institute. (2015). *Ranking de los países con mayor estrés hídrico del mundo en 2040*. Obtenido de <http://www.wri.org/blog/2015/08/ranking-world%E2%80%99s-most-water-stressed-countries-2040>

ANEXOS

ANEXO 1

Tabla 8 - Previsión de Demanda SIC y SING de Clientes regulados y libres

Sistema	SIC			SING		
Año	Cientes Regulados(**)	Cientes Libres	Sistema	Cientes Regulados(**)	Cientes Libres	Sistema
2016	32.545	17.171	49.716	1.883	15.115	16.998
2017	33.743	17.814	51.557	1.941	15.676	17.617
2018	35.148	18.317	53.466	2.009	16.245	18.253
2019	37.198	18.245	55.443	2.084	16.811	18.894
2020	38.882	18.605	57.488	2.162	17.395	19.557
2021	40.692	18.907	59.599	2.244	17.997	20.241
2022	42.366	19.405	61.771	2.328	18.620	20.948
2023	44.000	19.998	63.999	2.407	19.270	21.678
2024	45.416	20.862	66.278	2.479	19.952	22.432
2025	46.844	21.761	68.605	2.553	20.658	23.211
2026	48.314	22.663	70.977	2.629	21.387	24.017
2027	49.837	23.554	73.391	2.708	22.140	24.848
2028	51.400	24.446	75.846	2.788	22.919	25.707
2029	53.002	25.400	78.402	2.871	23.723	26.594
2030	54.654	26.402	81.055	2.955	24.555	27.511
2031	56.353	27.422	83.775	3.043	25.415	28.458

2032	58.104	28.416	86.520	3.133	26.302	29.435
2034	61.771	30.413	92.184	3.321	28.166	31.487
2035	63.689	31.418	95.107	3.419	29.144	32.563

Tabla 9 - Previsión de Demanda SIC y SING de clientes regulados y libres [GWh].

(Comisión Nacional de Energía, 2017)

ANEXO 2

Tabla 10 - Capacidad Instalada Acumulada (MW)

Año	Potencia Puesta En Marcha	Potencia Bruta (MW) Convencional	Potencia Bruta (MW) ERNC	Acumulado Convencional	Acumulado ERNC	Total
1898	4,2			4,2	0	4,2
1905	0,978			5,178	0	5,178
1909	6		1,4	11,178	1,4	12,578
1923	38,495			49,673	1,4	51,073
1924	8,94			58,613	1,4	60,013
1926	4,430769			63,04377	1,4	64,44377
1928	49			112,0438	1,4	113,4438
1930			1,465616	112,0438	2,865616	114,9094
1939	24,73684			136,7806	2,865616	139,6462
1942	9,353846			146,1345	2,865616	149,0001
1943	25,88108		10	172,0155	12,86562	184,8812

1944	15,64932	18,5	187,6649	31,36562	219,0305
1945	12,57534		200,2402	31,36562	231,6058
1948	162,8		363,0402	31,36562	394,4058
1949	22,26316		385,3034	31,36562	416,669
1952		18	385,3034	49,36562	434,669
1953	11,397		396,7004	49,36562	446,066
1955	106		502,7004	49,36562	552,066
1959	62,57534	12	565,2757	61,36562	626,6413
1960	43,964	6,6	609,2397	67,96562	677,2053
1962	151,4	5,1	760,6397	73,06562	833,7053
1963	35		795,6397	73,06562	868,7053
1964	155		950,6397	73,06562	1023,705
1965	1,696		952,3357	73,06562	1025,401
1967		10,894	952,3357	83,95962	1036,295
1968	378		1330,336	83,95962	1414,295
1970	130		1460,336	83,95962	1544,295
1973	450		1910,336	83,95962	1994,295
1976	0,71		1911,046	83,95962	1995,005
1977	258,6667		2169,712	83,95962	2253,672
1979	19,33333		2189,046	83,95962	2273,005
1981	343,8		2532,846	83,95962	2616,805
1985	649,14		3181,986	83,95962	3265,945

1987		2,04	3181,986	85,99962	3267,985
1988	6,7		3188,686	85,99962	3274,685
1989	18,01892		3206,705	85,99962	3292,704
1990	172		3378,705	85,99962	3464,704
1991	748		4126,705	85,99962	4212,704
1993	216,21		4342,915	85,99962	4428,914
1994	29,2	3,104384	4372,115	89,104	4461,219
1995	681,11	23,1	5053,225	112,204	5165,429
1996	666,241	17	5719,466	129,204	5848,67
1997	421,8		6141,266	129,204	6270,47
1998	1001,3		7142,566	129,204	7271,77
1999	1377,81		8520,376	129,204	8649,58
2000	635,65		9156,026	129,204	9285,23
2001	361,12	3,08	9517,146	132,284	9649,43
2002	521,048		10038,19	132,284	10170,48
2003	257,3	25,9	10295,49	158,184	10453,68
2004	1130,55	67	11426,04	225,184	11651,23
2005	403,52	14	11829,56	239,184	12068,75
2006	18,12538		11847,69	239,184	12086,87
2007	696,383	39,339	12544,07	278,523	12822,59
2008	723,969	81,315	13268,04	359,838	13627,88
2009	1444,609	88,476	14712,65	448,314	15160,96

2010	638,6933	126,974	15351,34	575,288	15926,63
2011	1499,965	104,15	16851,31	679,438	17530,75
2012	804	138,536	17655,31	817,974	18473,28
2013	282,132	208,458	17937,44	1026,432	18963,87
2014	401,86	732,901	18339,3	1759,333	20098,63
2015	328,76	602,396	18668,06	2361,729	21029,79
2016	1255,709	767,827	19923,77	3129,556	23053,32
2017	119,34	1354,352	20043,11	4483,908	24527,02
2018	792	557	20835,11	5040,908	25876,02
2019	264		21099,11	5040,908	26140,02
2022	136		21235,11	5040,908	26276,02
2024	170		21405,11	5040,908	26446,02

ANEXO 3

Tabla 11 - Oferta y demanda 2016-2024

Año	Demanda (GWh)	Oferta (GWh)
2016	66714,00	2155770,54
2017	69174,00	1021697,85
2018	71719,00	464437,17
2019	74337,00	159121,14
2020	77045,00	159121,14
2021	79840,00	159121,14
2022	82719,00	159955,10
2023	85677,00	159955,10
2024	88710,00	160997,54

(Fuente: SEIA, CNE)