



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Y MATEMATICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA INDUSTRIAL

**MODELO DE NEGOCIO PARA EL ESTABLECIMIENTO DE UNA FABRICA DE
BATERIAS DE ION LITIO DE GRAN CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO (BESS)
EN EL NORTE GRANDE DE CHILE**

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGISTER EN
GESTION PARA LA GLOBALIZACIÓN**

ALEX VLADIMIR BENAVENTE ARQUEROS

PROFESOR GUIA:

LUIS ZAVIEZO SCHWARTZMAN

MIEMBROS DE LA COMISION:

ANDREA NIETO EYZAGUIRRE

LORETO BURGOS RODRIGUEZ

SANTIAGO DE CHILE

SEPTIEMBRE 2013

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR AL

TITULO DE: Magister en Gestión para la Globalización

POR: Alex Vladimir Benavente Arqueros

FECHA: Septiembre 2013

PROFESOR GUIA: Luis Zaviezo Schwartzman

MODELO DE NEGOCIO PARA EL ESTABLECIMIENTO DE UNA FABRICA DE BATERIAS DE ION LITIO DE GRAN CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO (BESS) EN EL NORTE GRANDE DE CHILE

Chile es un referente minero mundial con un enorme potencial en energías renovables no convencionales (ERNC); hoy presenta desafíos energéticos estratégicos que deben enfrentarse con visión de largo plazo y considerando nuestras ventajas competitivas. Reconociendo los desafíos y las oportunidades, se presenta un modelo de negocios para establecer una fábrica de baterías de ión Litio de gran capacidad de almacenamiento (50KW) para uso industrial y de transporte pesado. Estimaciones a cinco años, con precios de la electricidad de US\$300/Kwh y una producción de 200MW/año, arrojan ingresos brutos anuales de US\$60M (con un 30% margen bruto).

La propuesta es replicable, escalable y rentable, tiene viabilidad comercial y agrega valor en toda la cadena productiva. También genera una serie de beneficios económicos (suministro eléctrico seguro, estable y a precios menores; posibilita encadenamiento productivo), ambientales y sociales (diversificación de la matriz actual, sustentabilidad productiva, formación y potenciamiento de alianzas estratégicas, uso de los ecosistemas de innovación), y de desarrollo (generación de expertise local, exportación de las tecnologías desarrolladas y del know-how). Usando el modelo canvas y datos de las industrias minera y eléctrica, es un aporte a la economía nacional y puede convertirse en un caso de exportación de productos, servicios y conocimiento.

Esta propuesta puede ser tanto un referente en ERNC como una nueva empresa en integración energética y proyectos multifuncionales. Iniciativas de este tipo promueven la producción sustentable, permiten un aseguramiento energético de largo plazo ampliando la matriz, a la vez que contribuyen al desarrollo de smart grid, a la integración energética regional y dan un impulso a la imagen país.

EXECUTIVE SUMMARY

Chile is a world's key mining player with huge potential in renewable energies (RE); today it faces strategic power challenges that must be worked with a long term vision that recognises our competitive advantages. Considering the challenges and opportunities, a business model is presented to establish a manufacturing plant to build mid to large scale, 50KW Li-ion batteries for industrial and heavy transport applications. Five-year conservative estimations, with energy prices close to US\$300/KWh and production of 200MW/year, give gross incomes of about US\$60M/year (30% gross margin).

The proposal is replicable, scalable and profitable; it has commercial viability and adds value along the chain. It also generates a number economic (reliable, stable and cheaper power supply; productive chaining), environmental and social (diversification of the power-generating pool, environmental sustainability, setting and empowering of strategic alliances, use of innovation ecosystems), and development benefits (generation of local expertise, export of the technologies and the know-how). By using the Canvas business model and data from both the mining and electric industries, this business model supports the national economy and can become a successful case for the exports of products, services and knowledge.

This model can be both a reference for future RE projects and a new company on energy integration and multifunctional projects. Besides, initiatives like this one promote environmentally-sustainable production, allow securing power supply for the long term by widening the generating pool, support the development of the smart grid in Chile, the energy integration in the region and enhance the reputation of the country.

DEDICATORIA

A Isabella y Renzo Filippo Agustín, mis hijos.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi familia y amigos, en Chile y UK, por el apoyo desde el inicio del magister. Por el apoyo y vocación, gracias a Patricio Meller, Arturo Cifuentes, Dalia Finkelstein, Jimena Orellana y Mónica Valdebenito, del MGPG. Agradezco a los profesores Jaime Alée de la Universidad de Chile, y a Stephanie Hussels, Mark Jenkins y Andrew Kakabadse de Cranfield University – School of Management. Gracias especiales a mi amigo Koichi Arimitsu y al profesor Luis Zaviezo por la información, ideas, orientación y paciencia en este proyecto.

TABLA DE CONTENIDO

1. Antecedentes	1
1.1 Energía y mercado de la energía eléctrica en Chile	1
1.2 Litio: producción y aplicaciones.....	4
1.3 ERNC en Chile.....	6
2. Caracterización del problema	8
3. Justificación	13
3.1 Aspectos generales del sistema energético en Chile.....	13
3.2 El Sistema Interconectado del Norte Grande (SING).....	19
3.3 El Sistema Interconectado Central (SIC).....	24
3.4 Proyecciones de oferta y demanda eléctrica para Chile	25
3.5 Emisiones en Chile y ERNC	27
3.6 Litio en Chile	29
4. Metodología	34
5. Propuesta de valor	36
5.1 Proyectos BESS	36
5.2 Propuesta.....	39
5.3 Modelo Canvas	43
6. Clientes	45
7. Análisis	47
8. Resultados	57
9. Conclusiones y recomendaciones	65
Bibliografía	67
Anexos	70
ANEXO A. Producción minera y energética en Chile	70
ANEXO B. Mercado y sistemas de energía en Chile	72
ANEXO C. Litio y tecnologías de Litio	77
ANEXO D. BESS, ERNC e integración energética	79
ANEXO E. Regiones con potencial de expansión de BESS	86
ANEXO F. Smart grids	88

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Electrificación en diferentes regiones del mundo	39
Tabla 2. Modelo Canvas de la propuesta BESS	44
Tabla 3. Matriz de clientes propuesta BESS	46
Tabla 4. Estructura de costos en la fabricación de baterías de ión Litio	58
Tabla 5. Flujos estimados para proyectos BESS	60
Tabla 6. Cartera de proyectos ERNC en Chile (a Abril 2012)	61

INDICE DE ILUSTRACIONES

Antecedentes. Figuras 1 - 10.....	1 - 7
Caracterización del problema. Figuras 11 - 17	8 - 12
Justificación. Figuras 18 - 48	13 - 33
Propuesta de valor. Figuras 49 - 56.....	36 - 43
Clientes. Figura 57	45
Análisis. Figuras 58 - 69	47 - 55
Resultados: Figuras 70 - 76.....	57 - 63

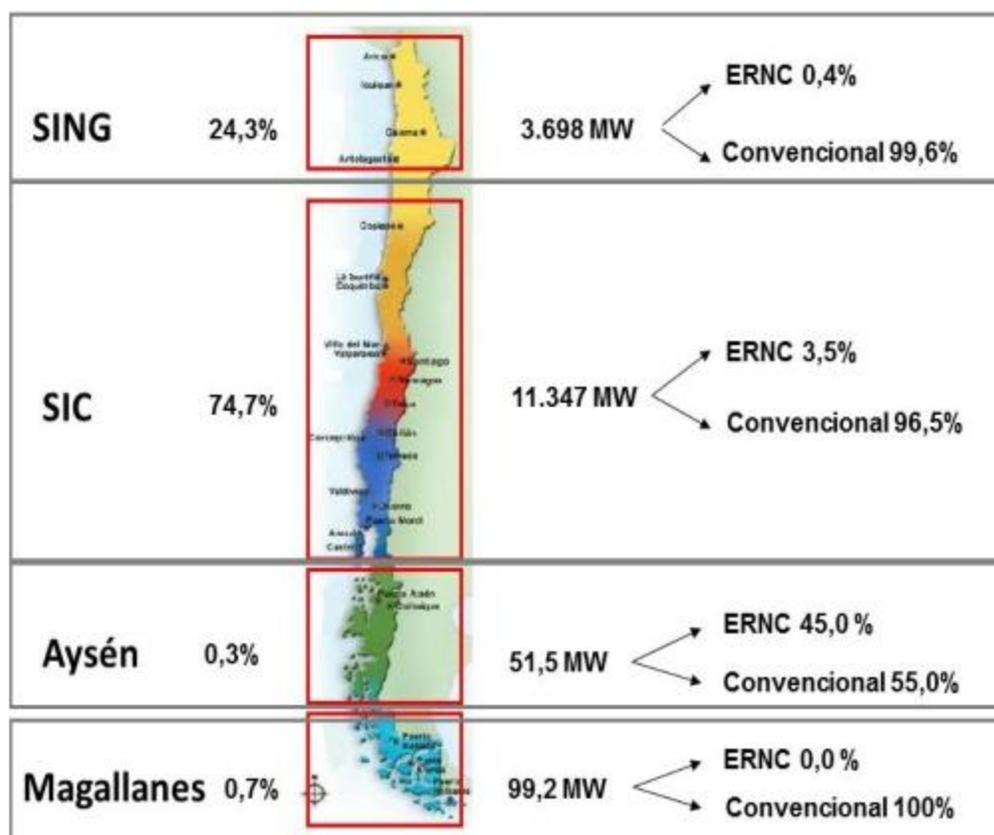
1. ANTECEDENTES

1.1 Energía y mercado de la energía eléctrica en Chile

El sistema de energía eléctrica en Chile tiene dos redes principales (SING en el norte grande y el SIC cubriendo gran parte del territorio nacional). El SING representa casi el 25% de la generación nacional, tiene una matriz de combustibles fósiles, y atiende a grande usuarios como empresas mineras.

Figura 1. Capacidad instalada generación eléctrica por sistema en Chile¹

Capacidad Instalada de Generación Eléctrica por Sistema: 2009 Capacidad instalada en Chile: 15.196 MW

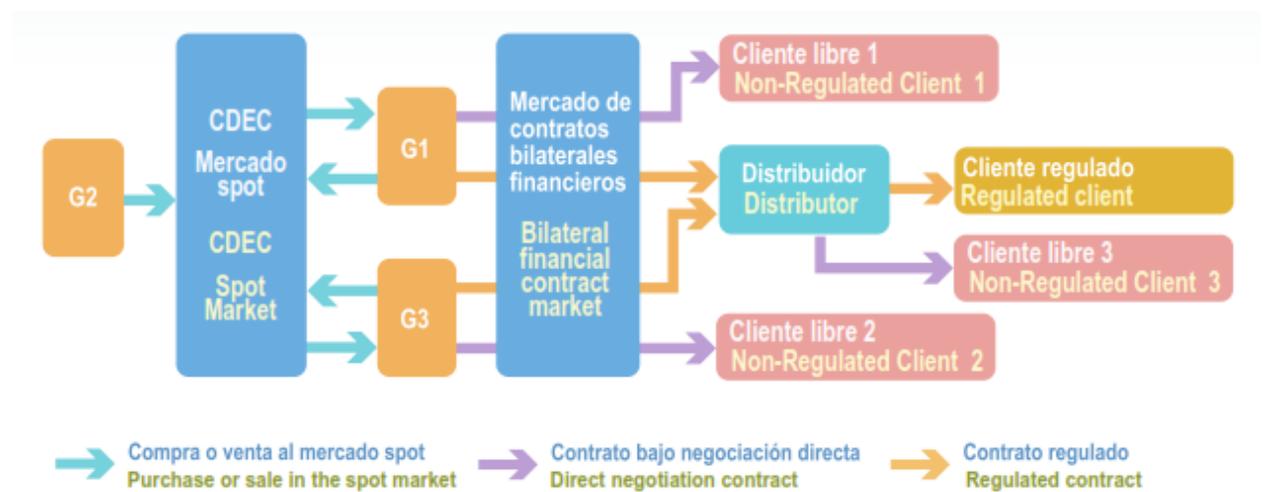


El fundamento del mercado eléctrico chileno, además del enfoque marginalista, es que las operaciones e inversiones en infraestructura la realicen actores privados, para promover la eficiencia económica y la competencia en los segmentos que no son monopólicos. Por eso existen tres segmentos (generación, transmisión y distribución) claramente separados y con regulaciones diferenciadas. Mientras que la distribución y, en parte, la transmisión tienen obligatoriedad de servicios y tarifas fijadas de acuerdo a

¹ Ministerio de Energía de Chile. 20 Octubre 2011

costos eficientes, la competencia en la generación proviene de su tarificación a costo marginal (peak load pricing) y de los precios por energía y por potencia asociado a horas de mayor demanda. El mercado mayorista se basa en una estructura “del tipo pool (o mancomunado) con participación obligatoria y existencia de contratos bilaterales de tipo financiero. El pool establece el precio de mercado de corto plazo de la electricidad (precio spot); este precio resulta de la operación centralizada de un ente especializado (el Centro de Distribución y despacho de carga, CDEC) y puede ser distinto en cada zona del sistema².

Figura 2. Mercado mayorista de energía en Chile



En resumen, el costo marginal de la última unidad que ingresa al sistema CDEC es el que determina el precio de corto plazo a pagar por la energía eléctrica. A medida que van entrando unidades de generación con costos marginales superiores, los precios spot aumentan, lo que sucede ante eventos de baja pluviometría, aumentos explosivos de la demanda en periodos específicos y aumento en los precios internacionales de los combustibles más usados en la generación nacional y del SING. Esta situación constituye un fundamento de peso para apostar por un modelo que permita almacenar energía generada en centrales solares (o de otras ERNC, incluso con fuentes combustibles tradicionales) y aportarla al sistema (SING) o directamente donde se necesita (cliente final) con costos totales menores lo que incidiría en precios spot menores y/o aumentos en los niveles de seguridad del suministro. La situación anterior se muestra graficado en la siguiente figura:

² Palma et al. 2009

Figura 3. Costos marginales (US\$/MWh) en el SING y en el SIC (norte, centro y sur), 2000 - 2012³

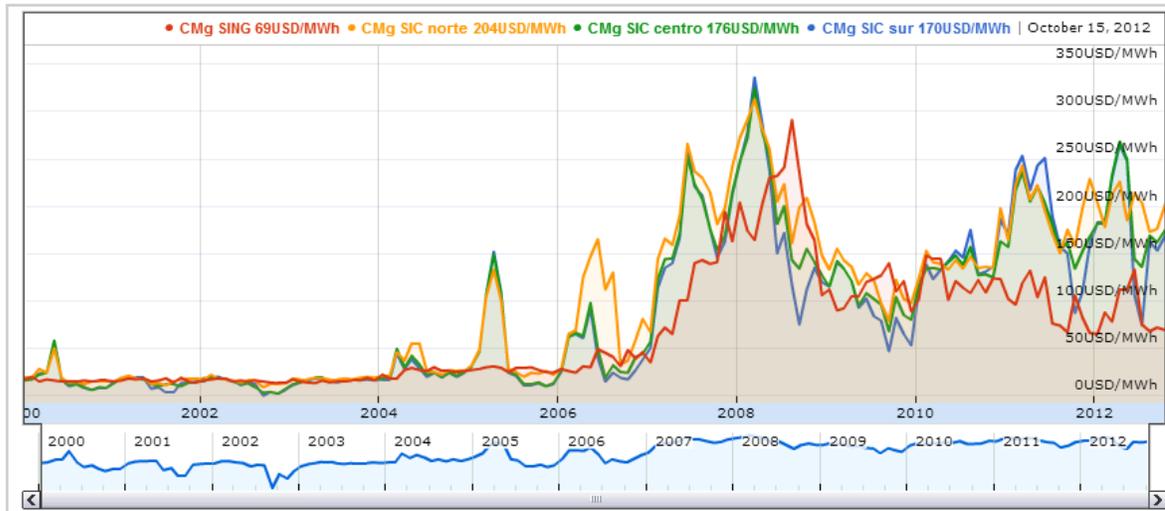


Figura 4. Demanda de Energía eléctrica y crecimiento en Chile. 1960-2006⁴

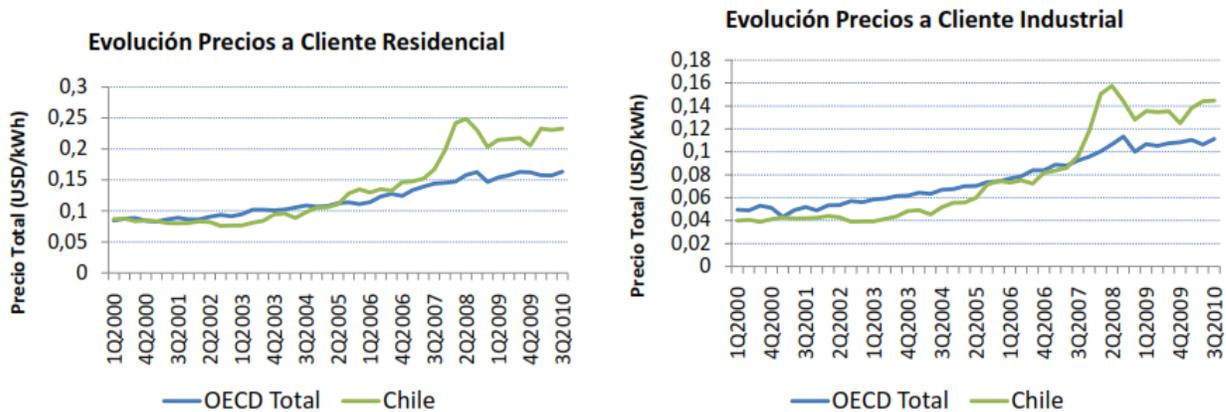


Otra razón que justifica esta propuesta es que las aplicaciones de smart grid y el mercado de los autos eléctricos (EV) aumentarán fuertemente durante la próxima década. A medida que los costos bajen, los packs de baterías de más de 23KW de capacidad de almacenamiento tendrán nuevas aplicaciones, especialmente en las áreas de transporte y almacenamiento para la red.

³ www.centralenergia.cl/estadisticas-de-energia-en-chile

⁴ Ministerio de Energía de Chile. Mayo 2012

Figura 5. Evolución de precios de energía eléctrica en Chile 2000-2010⁵



Recientemente, el gobierno de Chile lanzó la Estrategia Nacional de Energía (ENE) 2012-2030 que fija las bases de una política pública y de iniciativas publico-privadas para mejorar potenciar, mejorar y expandir tanto los sistemas eléctricos como el mercado de la energía en Chile para el largo plazo. La ENE tiene como ideas fuerza principales la eficiencia energética, la promoción e incorporación de las ERNC a los sistemas, y el fortalecimiento de la hidroelectricidad en la matriz nacional. Los objetivos planteados en la ENE son:

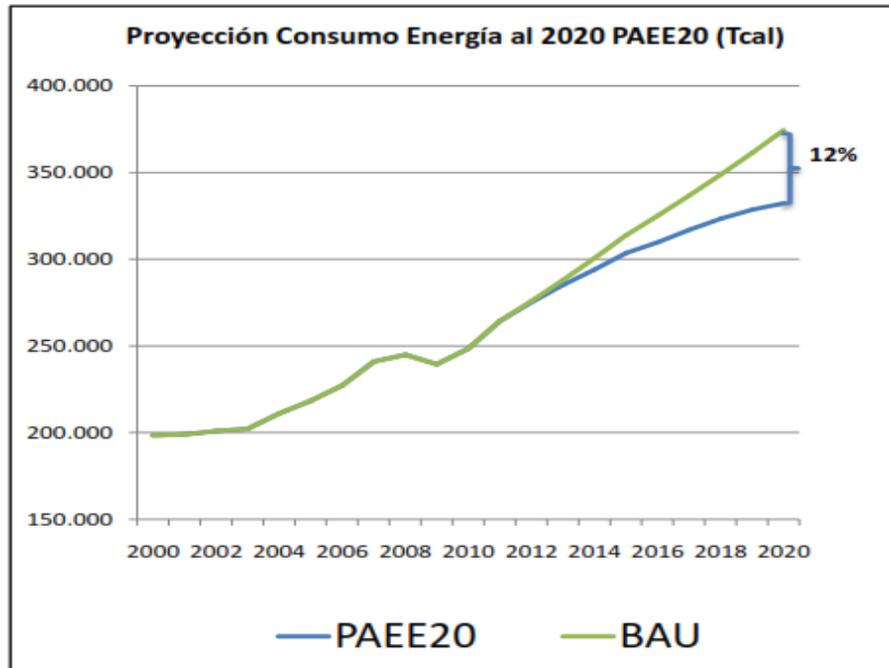
- Iniciar un plan de acción en eficiencia energética (EE) con la reducción del 12% de la demanda eléctrica al 2020
- Acelerar la incorporación de ENRC en el sistema eléctrico chileno
- Potenciar las energías renovables tradicionales
- Dar un nuevo enfoque en transmisión, fortaleciendo la concesión eléctrica y estableciendo un nuevo concepto en la así llamada carretera eléctrica (acceso a terrenos, tarificación, planificación de la extensión de líneas de interés público, desarrollo de la transmisión por delante del desarrollo de generación, redes eléctricas con signos de trazado y construcción armónico)
- Hacer el mercado eléctrico más competitivo, promoviendo la entrada a nuevos actores en la industria
- Avanzar en la interconexión eléctrica regional

1.2 Litio: producción y aplicaciones

También se considera el rol de Chile como principal productor mundial de Litio y uno de los países con mayores reservas; nuestro país está bien posicionado geográficamente para establecer una fábrica de BESS que pueda abastecer a los mercados de la región (Chile, Brasil, México, USA) como alternativa a la situación actual que tiene a China como principal productor de estas tecnologías que son, posteriormente, importadas hacia estos mercados. La proximidad de los centros de producción de Litio y el atractivo tamaño potencial de los mercados de EV (autos eléctricos, por su sigla en Inglés) en Brasil y USA, crean una ventana de oportunidades de largo plazo para comenzar una compañía de este tipo en Chile.

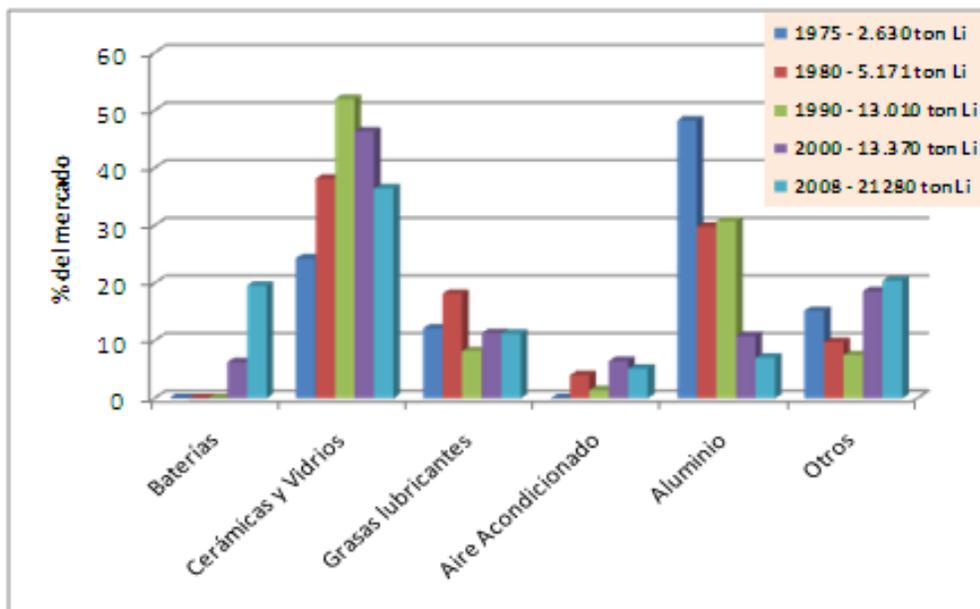
⁵ Ministerio de Energía de Chile. Estrategia Nacional de Energía 2012-2030.

Figura 6. Plan de acción de EE al 2020 (ENE 2012-2030)⁶



Actualmente el Litio tiene muchos usos a nivel mundial, siendo los relacionados a aplicaciones de alta tecnología y almacenamiento de energía las que presentan un mayor crecimiento. A continuación se presenta dos gráficas con los principales usos del Litio durante las últimas décadas y su relación con las tecnologías de baterías.⁷

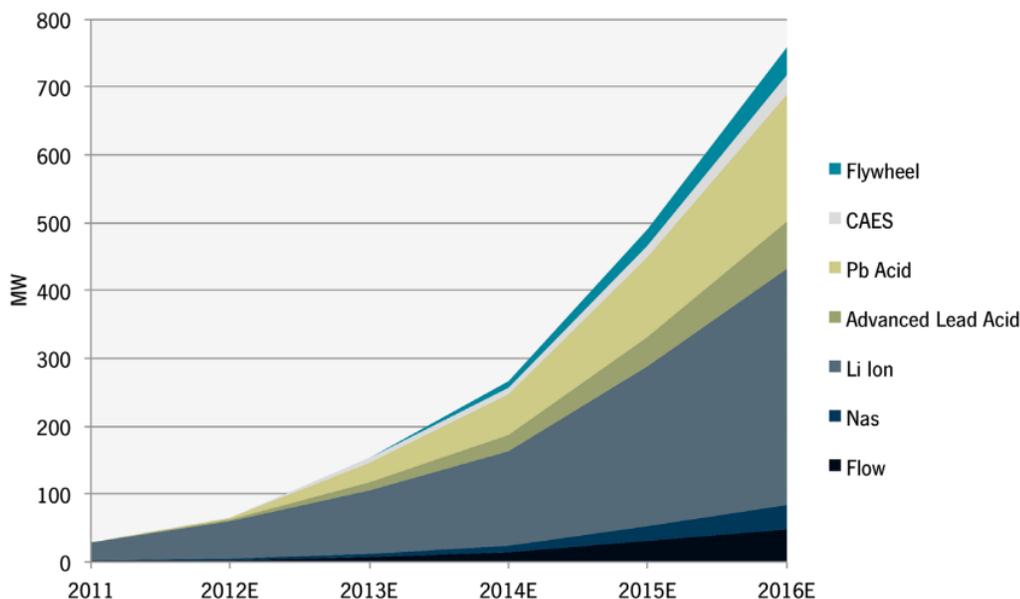
Figura 7. Usos del Litio a nivel global, 1975 - 2008



⁶ Ministerio de Energía de Chile. Estrategia Nacional de Energía 2012-2030.

⁷ Comisión de Minería y Energía. Senado de Chile. 2012

Figura 8. Estimación de los usos de distintas tecnologías de almacenamiento de energía



1.3 ERNC en Chile

En relación a las ERNC en Chile, existe mucho espacio para desarrollar proyectos solares y eólicos. En cuanto a los primeros, el norte grande ofrece oportunidades privilegiadas por la alta radiación solar durante gran parte del año. Si a esto se suma la presencia de un gran número de operaciones mineras de gran escala en la zona, es una poderosa razón para el desarrollo de proyectos de integración energética.

Hay abundancia de ERNC en Chile, están altamente disponibles y son un gran potencial; sin embargo, son inestables, caras de explotar en el presente que requieren tecnologías más o menos presentes en Chile, y de niveles de inversión que no las hacen, de momento, particularmente atractivas frente a las fuentes tradicionales. De todos modos, el marco regulatorio, los incentivos y las políticas públicas en curso son buenas noticias. De hecho, se espera que, a 2020, el 10% de la matriz en Chile sea de ERNC.

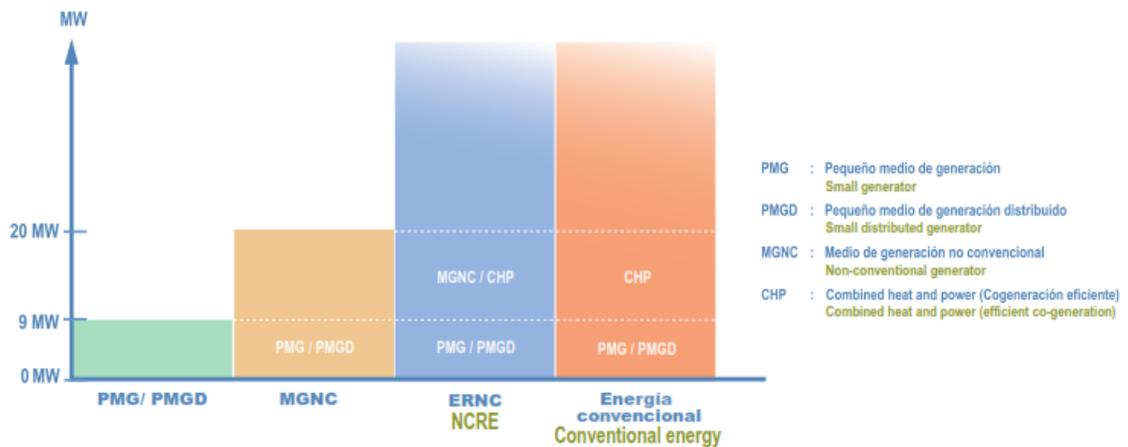
Las centrales de ERNC se basan en recursos cuya disponibilidad es variable (viento, agua); debido a esta potencial intermitencia, no se asegura un suministro constante ni en cantidad suficiente para la operación de centrales. Por otra parte, el uso de recursos de libre disponibilidad y gratis (viento, radiación solar) hace que estas centrales tengan nulos costos variables de operación. La alta y continua radiación en el norte grande de Chile, y su cercanía a las operaciones mineras y a las fuentes de Litio, son otra razón para la creación de oportunidades relacionadas con esta propuesta.

A continuación se presentan algunas gráficas acerca del establecimiento y clasificación de plantas de ERNC en Chile. En ellas se aprecia que se las clasifica en varios tipos y los procesos a los cuales son sometidos tienen varias etapas (los cuales pueden tomar varios años en ser aprobadas).

Figura 9. Etapas desarrollo proyectos ERNC en Chile⁸



Figura 10. Clasificación de medios de generación ERNC en Chile



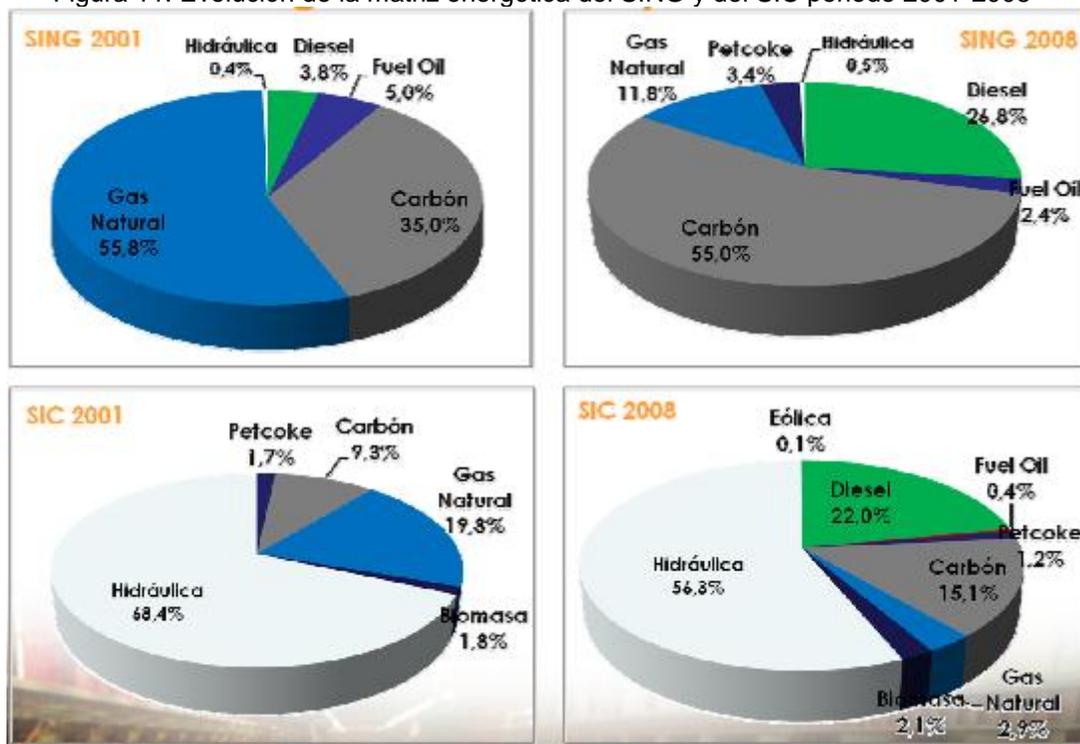
⁸ Palma et al. 2009

2. CARACTERIZACION DEL PROBLEMA

Chile enfrenta desafíos importantes en materia energética, tanto por las presiones desde la demanda de energía eléctrica como por las restricciones, de variada naturaleza, al inicio de nuevos proyectos de generación para el corto y mediano plazo. Lo anterior ha derivado en que, a nivel del SING, exista una desajuste potencial entre la oferta y la demanda de energía eléctrica lo que, sumado a algunas eventualidades y la volatilidad de los precios de los combustibles, genera una tendencia al alza en el horizonte de precios para el mediano plazo e incertidumbres acerca de la posibilidad de suministro a precios competitivos en la industria minera.

Esto se suma al impacto ambiental la matriz del SING (capacidad instalada actual y nuevos proyectos, con un componente importante de combustibles fósiles), lo que despierta cada vez más presiones sociales en contra de nuevos proyectos mineros y de generación en general, y de iniciativas con importantes emisiones en particular. Los medios y las comunidades, organizaciones sociales e instituciones recogen las demandas, preocupaciones y presiones lo que hace que la cartera de proyectos energéticos se vea entrampada y, con eso, los proyectos de producción minera retrasados o definitivamente paralizados.

Figura 11. Evolución de la matriz energética del SING y del SIC periodo 2001-2008⁹



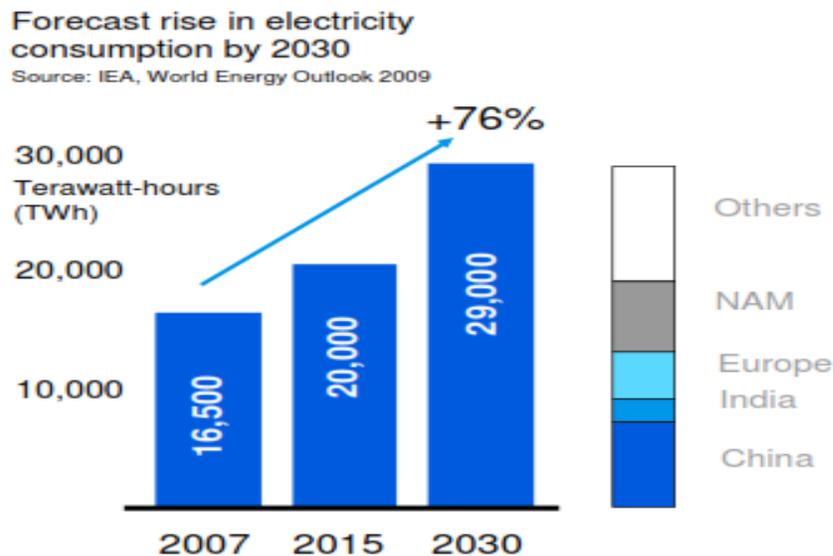
La matriz del SING incorpora una escasa participación de ENRC; la abundancia de potencial solar, paradójicamente, no se ve reflejada en la matriz actual. Diferentes

⁹ Pimentel. 2009

causas que inciden en el precio final de la energía producida con fuentes alternativas inciden fuertemente sobre esta situación. Sin embargo, no es sostenible a largo plazo por las presiones ambientales, la imposibilidad de asegurar un suministro seguro de combustibles a precios competitivos y las oportunidades existentes en minería. Este panorama genera incertidumbres sobre la capacidad de respuesta que tienen los sistemas de las industrias minera y eléctrica para calzar los proyectos de producción minera y de oferta energética, lo que tiene efectos sobre la realización y viabilidad de las inversiones, la estabilidad de precios, la competitividad de la industria y sus efectos sobre el crecimiento, y los efectos macro de esta combinación.

Al igual que en Chile, a nivel mundial la demanda por energía va en aumento en todas las regiones, lo que pone presión a las industrias de generación tradicional y de ERNC para abastecer y aprovechar oportunidades de negocios. Se estima que para calzar las necesidades de energía se requiere la adición de una planta de 1GW (y la infraestructura relacionada) cada semana por los próximos 20 años.¹⁰ A continuación se presenta gráficamente esta situación y aspectos relacionados a la demanda energética mundial.

Figura 12. Proyección de la demanda mundial de electricidad, 2007 - 2030¹¹



En Chile, las alzas en la producción minera y del cobre se relacionan directamente al aumento de la demanda de energía; en este sentido, la minería es un gran consumidor de energía y es el principal cliente del SING.

¹⁰ ABB Group. 2012

¹¹ ABB Group. 2012

Figura 13. Tendencia internacional de consumo de energía de algunos países APEC.

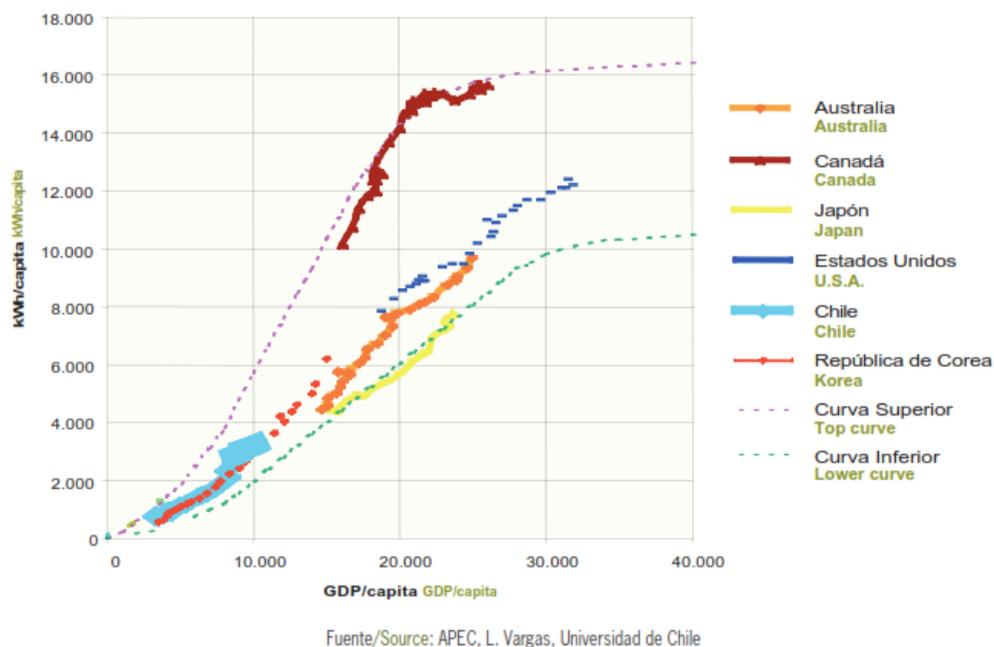
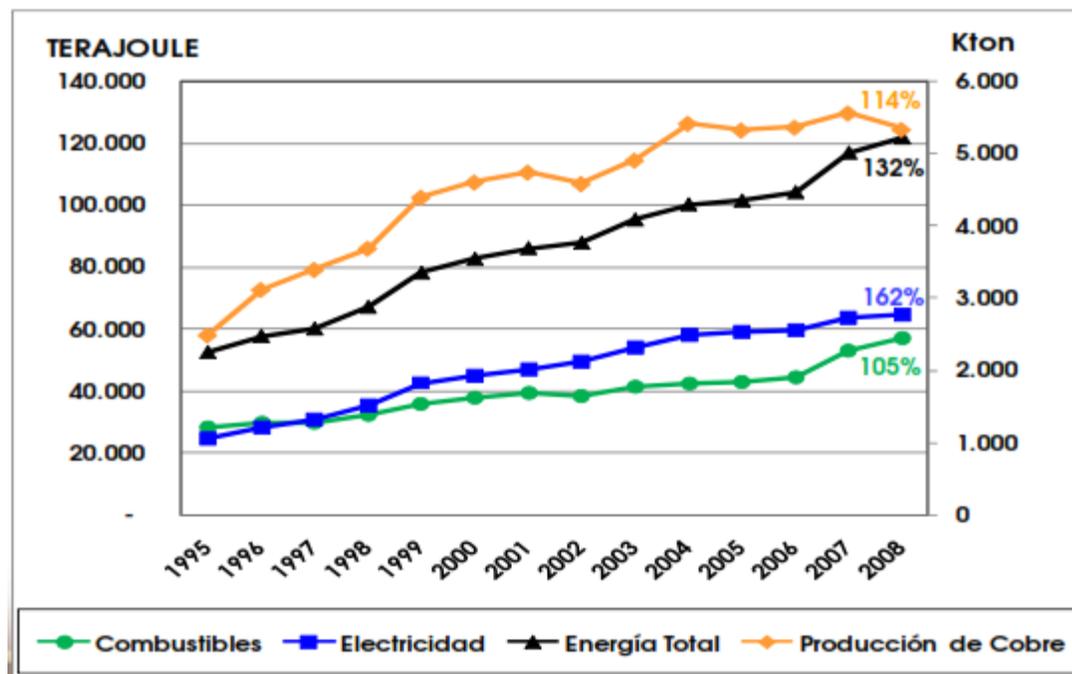


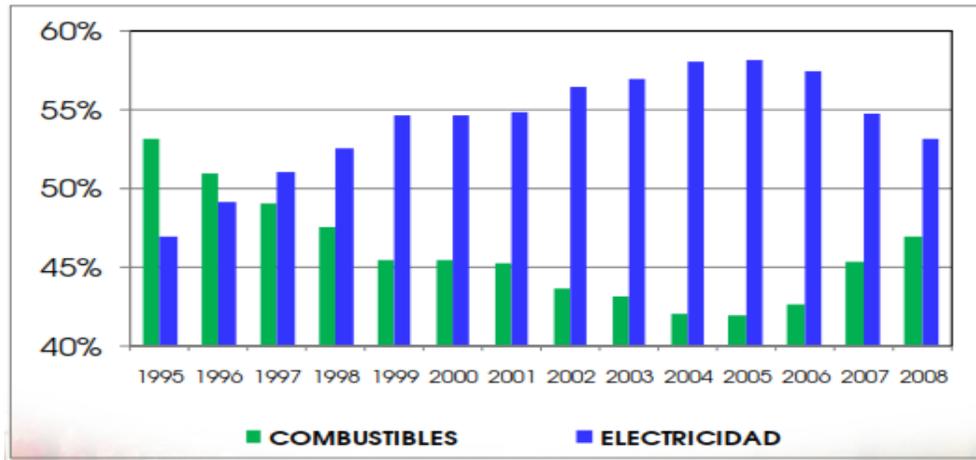
Figura 14. Consumo de energía y producción de cobre en Chile 2008¹²



¹² Pimentel. 2009

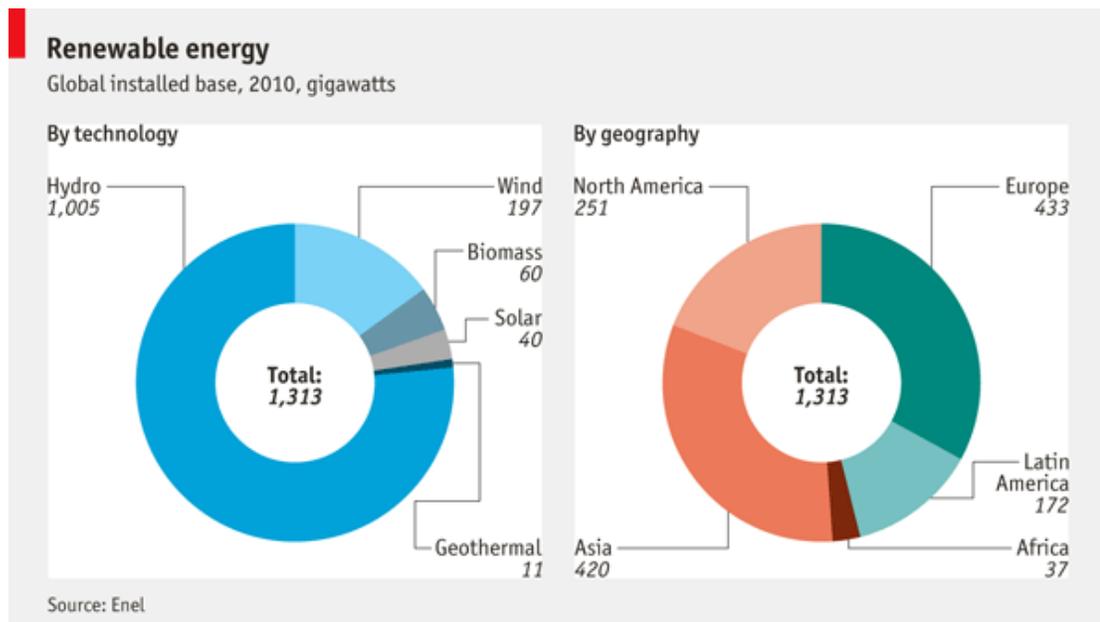
A su vez, hay una dinámica entre los consumos de energía y electricidad en la minería chilena, dinámica que se afecta por factores propios de la actividad y por otros factores relacionados con el sistema en Chile.

Figura 15. Consumo de combustible y energía eléctrica de la minería chilena 1995-2008¹³



Debe considerarse el potencial de ERNC en Chile y la tendencia mundial en el desarrollo de proyectos de ERNC; las energías hidro tienen la mayor capacidad instalada por lejos y Asia y Europa son las regiones con mayor desarrollo¹⁴.

Figura 16. Capacidad instalada (GW) mundial en ERNC por tecnología y región, 2010¹⁵



¹³ Pimentel. 2009

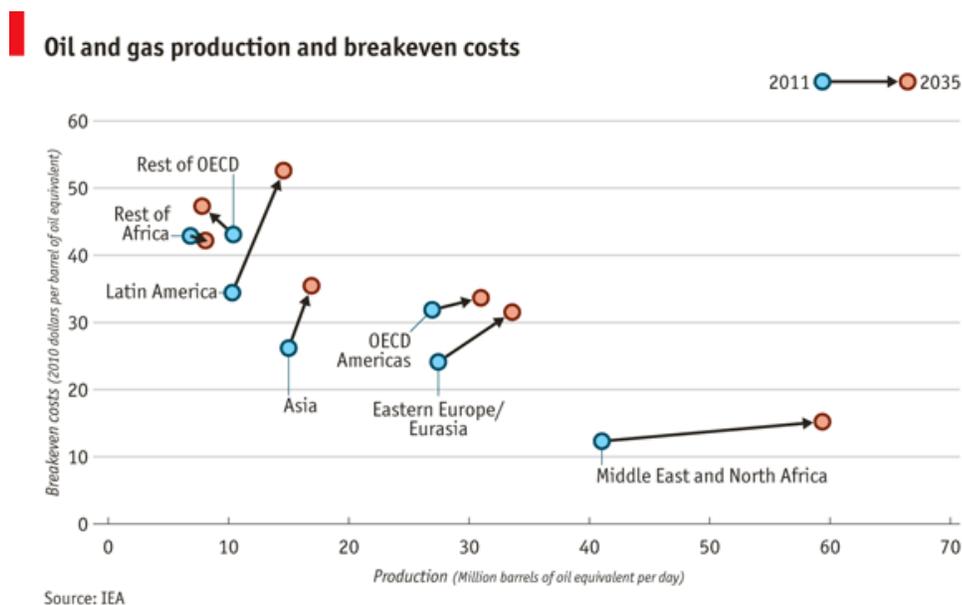
¹⁴ The Economist, Noviembre 2011

¹⁵ The Economist, Noviembre 2011

Esta información debe considerarse con la tendencia alcista por la evolución en los niveles de producción y los costos de explotación en las regiones petroleras. El futuro no se ve, necesariamente, auspicioso para la industria nacional tanto en términos de precios como en seguridad de suministro¹⁶.

Las tendencias exhibidas en producción y costos ciertamente tendrán un impacto en la producción de gases con efecto invernadero e incidirán en las políticas y acciones internacionales relativas a la protección medioambiental¹⁷¹⁸. En este sentido, proyectos de integración energética aportan positivamente a la imagen país y contribuyen directamente con una serie de beneficios desde la innovación tecnológica y clean tech¹⁹. De esta manera, se avanzaría con pasos concretos en la generación de la así llamada “smart energy” que considera variadas opciones tecnológicas eficientes para suministrar electricidad para uso local o para integrarse a la red.²⁰

Figura 17. Evolución de producción y costos para oil & gas, 2011 - 2035²¹



¹⁶ The Economist, Noviembre 2011

¹⁷ <http://www.bbc.co.uk/news/science-environment-15818659>

¹⁸ <http://www.bbc.co.uk/news/science-environment-15820162>

¹⁹ <http://rankings.americaeconomia.com/2011/marca-pais/esp/ranking-global.php>

²⁰ <http://www.pikeresearch.com/research/smart-energy-annual-report-2012>

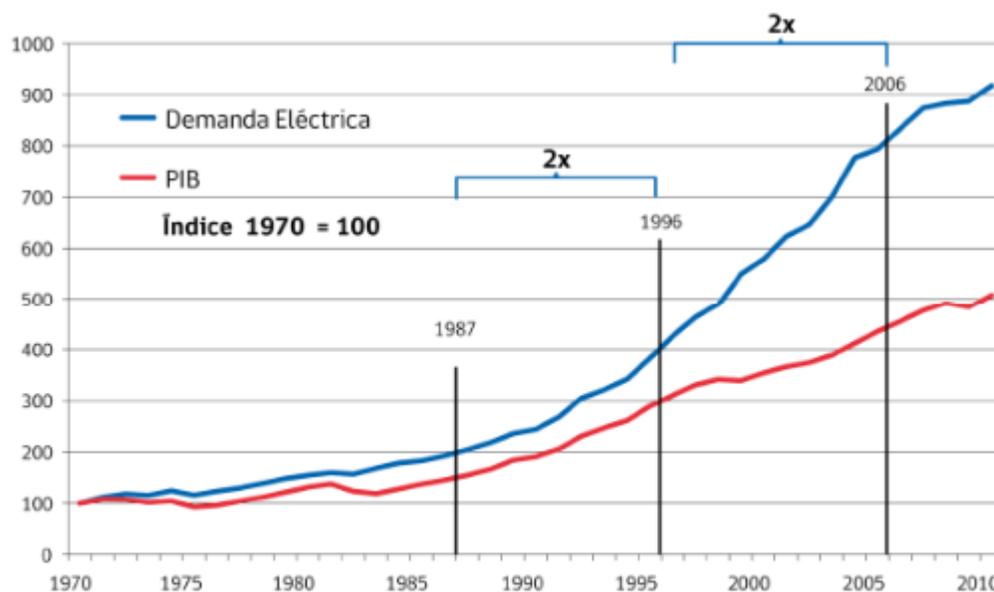
²¹ The Economist, Noviembre 2011

3. JUSTIFICACION

3.1 Aspectos generales del sistema energético en Chile

Algunos de los desafíos ambientales crecientes en América Latina y Chile, son los que enfrentan, en general, otras regiones en desarrollo: la relación entre crecimiento económico (PIB), preservación medioambiental y desarrollo social. Como elemento íntimamente ligado al crecimiento y desarrollo económico de nuestro país, cada década Chile duplica la demanda de energía eléctrica, existiendo en el año 2006 una demanda 7 veces mayor a la existente en 1970, mientras se espera que para 2020 casi dupliquemos la demanda actual²², tal como se observa en el grafico a continuación.

Figura 18. Evolución del PIB y la demanda eléctrica en Chile 1970 - 2010²³

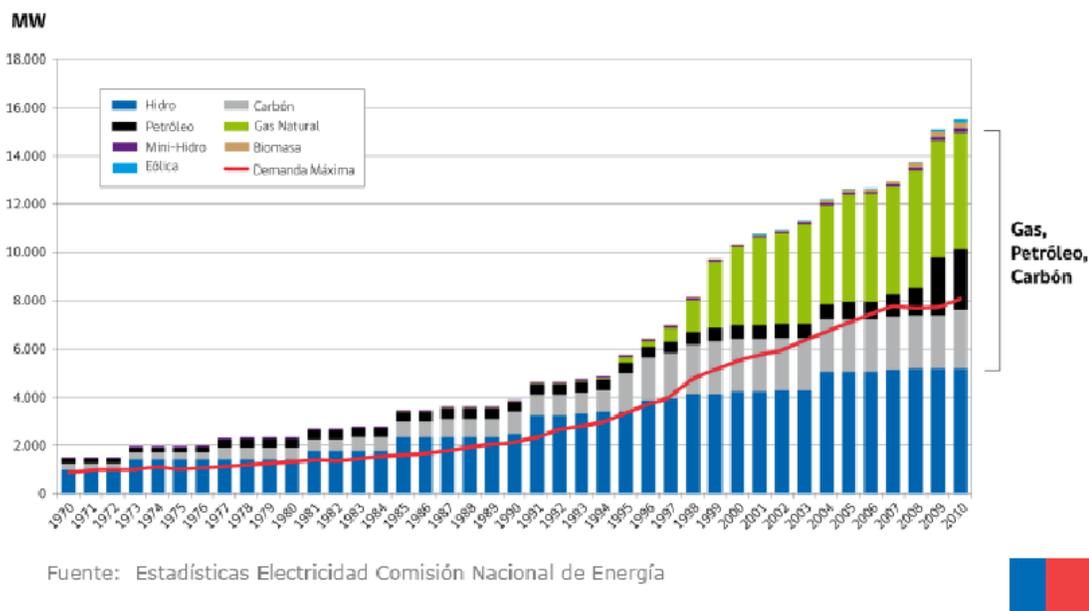


Fuentes: Elaboración Ministerio de Energía a partir de Balances de Energía 1970-2009 & AIE
Notas: Demanda eléctrica total anual y producto interno bruto real anual.

²² Ministerio de Energía de Chile. Septiembre 2011

²³ Ministerio de Energía de Chile. 7 Octubre 2011

Figura 19. Evolución de la oferta y demanda de energía eléctrica en Chile 1970 - 2010²⁴



El sistema eléctrico chileno se caracteriza por ser marginalista (es decir, que el precio de la unidad de energía es determinado por el costo marginal de la última unidad que ingresa al sistema) y de estar dividido en tres grupos de empresas de tres sectores definidos: empresas generadoras, empresas de transmisión y empresas de distribución. A su vez, el territorio nacional tiene varios sistemas (redes) que lo cubren en su totalidad, siendo el Sistema Interconectado del Norte Grande (SING, que va entre Arica y Taltal) y el Sistema Interconectado Central (SIC, que abastece entre las Atacama y Chiloé) las dos redes principales.

La oferta de energía eléctrica en el norte de Chile, a través del Sistema Interconectado del Norte Grande (SING), es ajustada y debe responder a los grandes grupos de usuarios (como empresas mineras, industriales y puertos). El SING cuenta con 22 centrales en tres regiones de Chile (más una en Salta, Argentina) y tiene una potencia instalada de 4550 MW a Diciembre 2011.²⁵

²⁴ Ministerio de Energía de Chile. 7 Octubre 2011

²⁵ <http://www.centralEnergia.cl/centrales/capacidad-instalada-sing/>

Figura 20. Capacidad instalada sistema eléctrico en Chile al 2008 (fuente CNE)²⁶



Regiones Regions	Sistemas eléctricos nacionales National electricity systems	Clientes Costumers
Arica y Parinacota Tarapacá	Sistema interconectado del Norte Grande (SING) Northern Interconnected System (SING) 3.602 MW 27,5%	Clientes regulados 10% Regulated costumers
Antofagasta		Clientes libres 90% Non-Regulated costumers
Atacama Coquimbo Valparaíso Región Metropolitana Lib. Gral. Bdo. O'Higgins Maule	Sistema interconectado Central(SIC) Central Interconnected System (SIC) 9.385 MW 71,5%	Clientes regulados 55% Regulated costumers
Bío-Bío Araucanía Los Ríos Los Lagos		Clientes libres 45% Non-Regulated costumers
Aysén		Clientes regulados 100% Regulated costumers
Magallanes		Clientes regulados 100% Regulated costumers
	Sistema de Aysén Aysén System 47,8 MW 0,36%	
	Sistema de Magallanes Magallanes System 79,6 MW 0,61%	

Fuente/Source: CNE

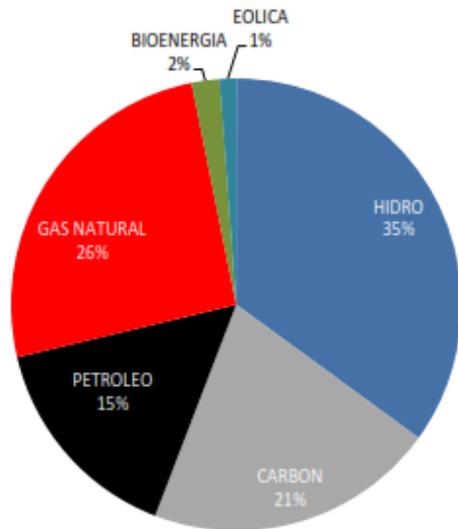
En la matriz energética chilena actual, la hidroelectricidad (que, a nivel mundial, representa un 16%) y el gas producen casi un 35% cada uno, mientras que entre petróleo y carbón suman cerca de un 27% (menor al promedio mundial de 41%) como lo ilustra el siguiente grafico²⁷.

²⁶ Palma et al. 2009

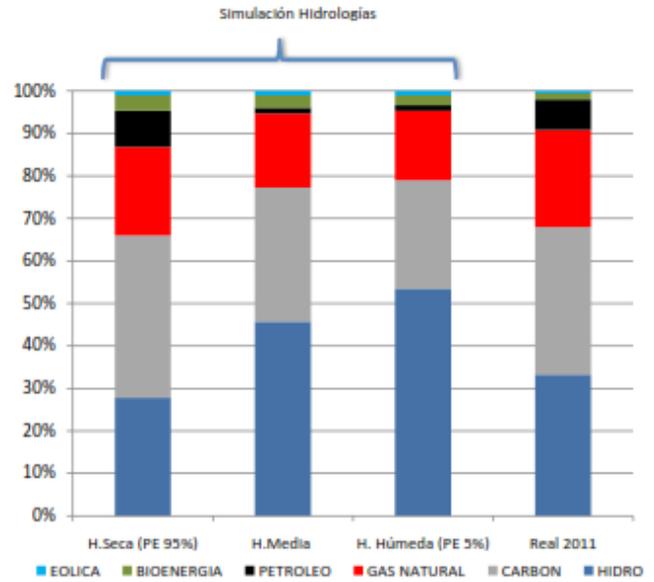
²⁷ Ministerio de Energía de Chile. Septiembre 2011

Figura 21. Matriz eléctrica en Chile (SIC + SING) en 2012²⁸

Capacidad Instalada SIC + SING 2011
16.857 MW



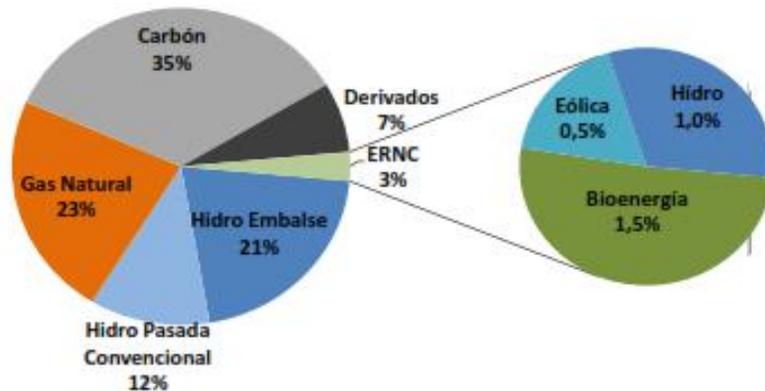
Generación Bruta SIC + SING 2011
61.934 GWh



En la matriz nacional, existe aproximadamente un 3% de ERNC, del cual la bioenergía representa más del 50% del total como se detalla a continuación:

Figura 22. Generación bruta en Chile (2011)²⁹

Generación Bruta SIC+SING:
61,9 TWh (2011)



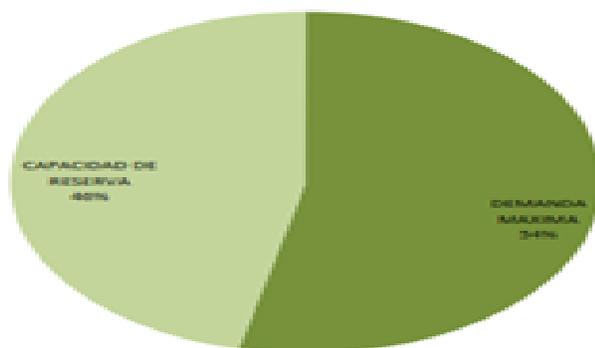
²⁸ Ministerio de Energía de Chile. 7 Octubre 2011

²⁹ Ministerio de Energía de Chile. 7 Octubre 2011

En conjunto, el SING y el SIC generan casi 62,000GWh, tienen una capacidad de reserva del 46% según se aprecia en los gráficos siguientes:

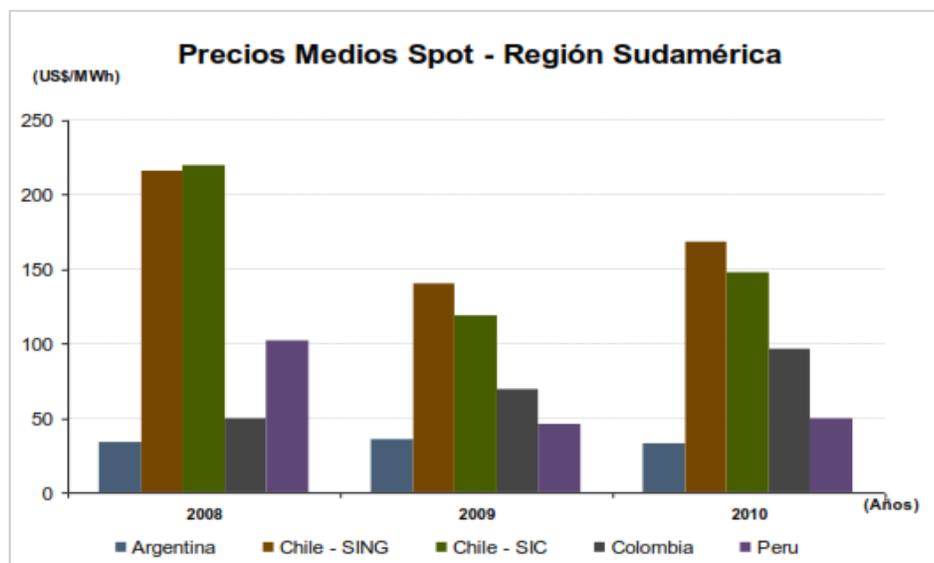
Figura 23. Capacidad de reserva y demanda máxima en Chile (SIC + SING) 2011³⁰

Demanda máxima y Capacidad de reserva



Los diferentes estudios³¹ muestran que la energía en Chile exhibe costos más que el doble que en otros países de la región; esto ha repercutido fuertemente en la competitividad de la industria nacional, por una parte, y en la redefinición de proyectos en carpeta a la espera de nuevos análisis técnicos y económicos.

Figura 24. Precios medios spot de energía en Sudamérica.

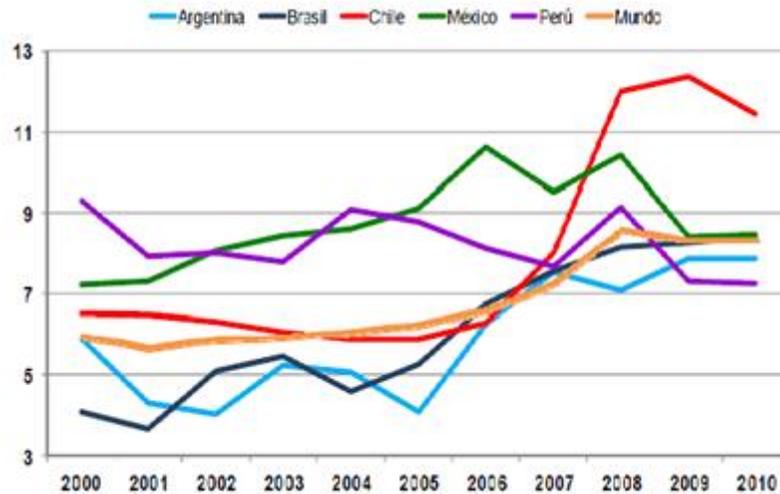


³⁰ Ministerio de Energía de Chile. Mayo 2012

³¹ Ministerio de Energía de Chile. 7 Octubre 2011

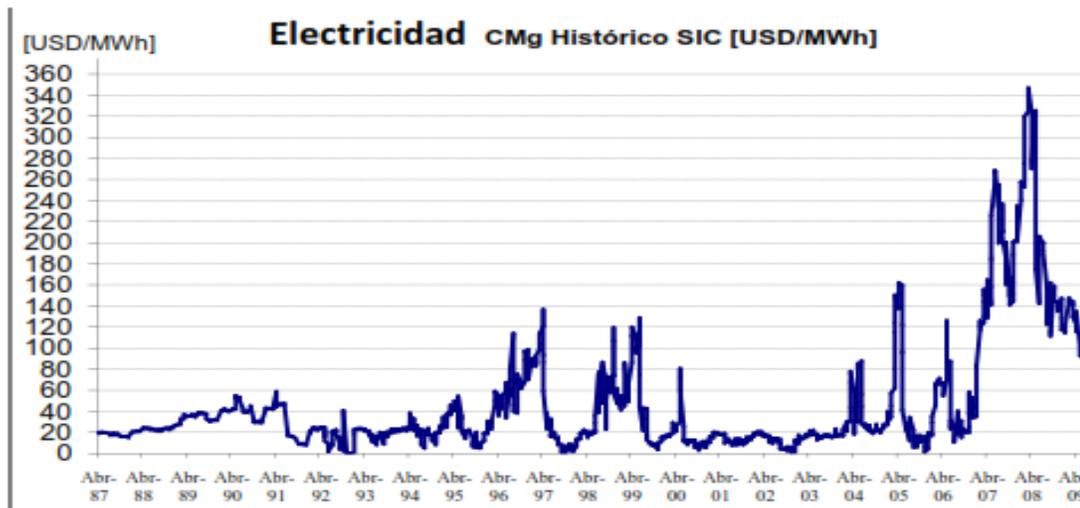
Para la minería del cobre, Chile presenta los costos de energía eléctrica más altos en la región y al cerca de un tercio por sobre el promedio mundial; estos costos van en aumento desde 2007 y esta tendencia alcista debiera mantenerse al menos por el resto de la década.³²

Figura 25. Costos de la energía eléctrica en la minería del cobre para distintos países



Dado el sistema marginalista del mercado eléctrico en Chile, los recortes en la disponibilidad de las fuentes tradicionales de combustibles han impactado en los costos marginales (CMg) de la electricidad en Chile como se refleja en la siguiente gráfica.

Figura 26. Costos marginales (US\$/MWh) de electricidad del SIC en Chile³³



³² Ministerio de Energía de Chile. 7 Octubre 2011

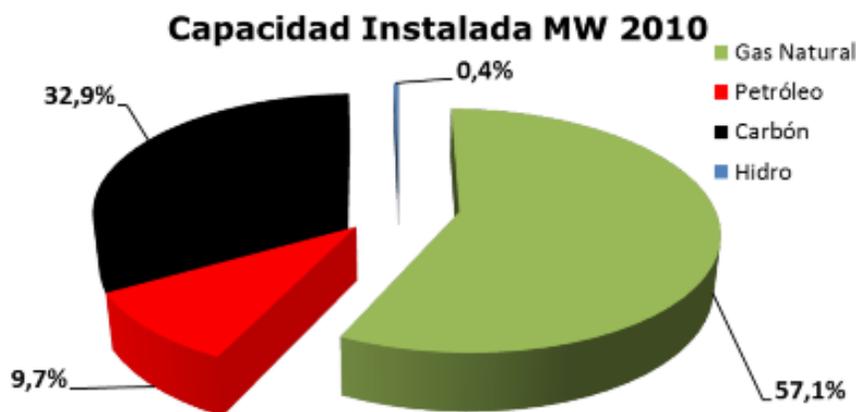
³³ Ministerio de Energía de Chile. Mayo 2012

3.2 El sistema interconectado del Norte Grande (SING)

El SING se caracteriza por estar ubicado en el norte grande donde hay escasez de agua, tener centros de consumo separados por grandes distancias, y por abastecer a grandes empresas (mineras) que representan los principales clientes con sobre el 80% de la demanda³⁴. Dadas las condiciones de fragilidad en el suministro energético del SING (escasa o nula pluviometría en la zona, y dependencia de fuentes fósiles) existe una necesidad creciente de reducir la importación de combustibles fósiles, situación que no es posible mientras no se asegure un suministro confiable, de calidad y estable con otras fuentes.

El panorama chileno no es tan diferente de lo que ocurre a nivel mundial en relación a la abundancia y/o disponibilidad de recursos naturales (como agua y combustibles) en general, y a la energía en particular. Estimando una población de 9 billones de personas hacia 2050, ya en 2030 se prevé una demanda por el doble recursos de lo que el planeta puede ofrecer. La creciente escasez de recursos está detrás de la mayor volatilidad de los precios y de los flujos de inversión; a la vez que gatillando el desarrollo de nuevas tecnologías y redefiniendo patrones de consumo³⁵.

Figura 27. Capacidad instalada SING 2010³⁶



³⁴ <http://web.ing.puc.cl/~power/alumno03/sing/Sing.html>

³⁵ <http://www.economist.com/blogs/theworldin2013/2012/11/global-trends-2013?src=nlw|newe|11-26-2012|4248303|37214683>

³⁶ Ministerio de Energía de Chile. 20 Octubre 2011

Figura 28. Características del SING³⁷



Son altos los costos de energía para la industria minera, entre un 15% y 20% a nivel mundial, y sobre un 25% en Chile³⁸. Mientras que para la industria metalúrgica, los costos en energía representan entre un 20 y un 40%; esto ha llevado a que los líderes de las empresas de ambas industrias inicien campañas de reducción de costos mediante acciones de eficiencia energética e innovación.

La generación del SING tiene un fuerte componente de combustibles fósiles; debido al aumento de las operaciones mineras en la zona que cubre esta red, producto de la expansión de los proyectos existentes o la apertura de nuevos complejos, este crecimiento en la demanda ha sido abastecido, de modo principal, por fuentes térmicas no renovables y/o contaminantes como el petróleo y carbón³⁹; lo anterior se puede apreciar en las gráficas siguientes.

Nuestro país concentra cerca de un tercio de la producción mundial de cobre, así como parte importante de las reservas y las operaciones de exploración a gran escala, y todas las mineras multinacionales importantes tienen operaciones y presencia en Chile,

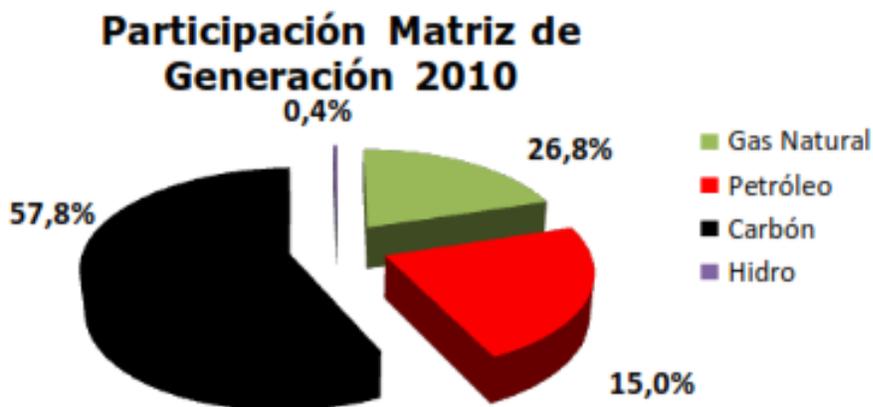
³⁷ Ministerio de Energía de Chile. 20 Octubre 2011

³⁸ http://www.accenture.com/us-en/Pages/insight-sustainable-energy-metals-mining-industry.aspx?c=glb_amalert_10000386&n=emc_0812&emc=19656690:emc-112712

³⁹ Ministerio de Energía de Chile. Septiembre 2011

en especial en el norte del país (desde las regiones de Arica-Parinacota hasta la de Valparaíso), en proyectos actualmente en operaciones productivas y/o en fases de implementación y estudios.

Figura 29. Generación del SING 2010 según fuente⁴⁰



Esto requiere de un suministro eléctrico estable y seguro en el largo plazo, de forma de sustentar los proyectos extractivos en operación y en carpeta. De hecho, se estima que unos 100 mil millones de dólares van a ser invertidos en proyectos mineros en Chile entre 2012 y 2020, estando concentradas las inversiones en las regiones de Antofagasta y de Atacama.

En el desarrollo de la matriz del SING, hubo un fuerte impacto tras la entrada en servicio de centrales a gas: "... a partir de 1999 cuando comenzaron a entrar en servicio centrales cuyo combustible principal era el gas natural procedente de Argentina. En ese momento aumentó fuertemente la potencia instalada en base a este combustible"⁴¹

⁴⁰ Ministerio de Energía de Chile. 7 Octubre 2011

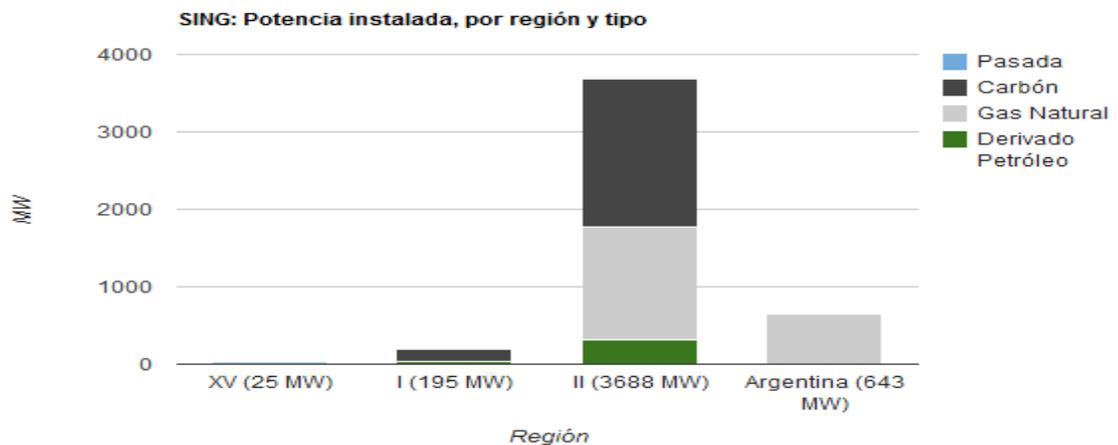
⁴¹ <http://www.centralEnergía.cl/centrales/capacidad-instalada-sing/>

Figura 30. Capacidad instalada y reserva en el SING a Octubre 2009 (fuente CNE)⁴²



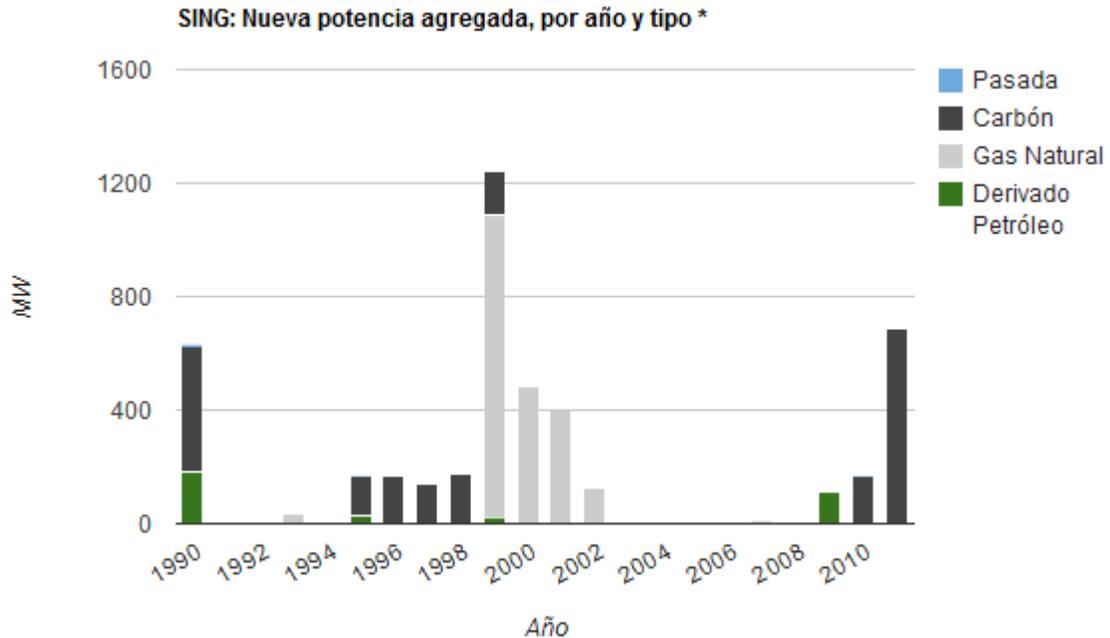
Lo anterior se ve enfrentado a un panorama nacional e internacional con precios de energía eléctrica altos y crecientes. Las razones son, por una parte, en una demanda mayor a la actual oferta que impulsa los precios al alza y, por otra, un escenario internacional presionado hacia mayor oferta eléctrica impulsado por la recuperación global de la economía y sus secuelas en el primer mundo, Asia y América Latina, lo que ha llevado al alza de precios en insumos claves para la matriz eléctrica del norte de Chile como el carbón, el petróleo y el gas.

Figura 31. SING: potencia instalada por año y tipo



⁴² Palma et al. 2009

Figura 32. SING: potencia instalada por región y tipo



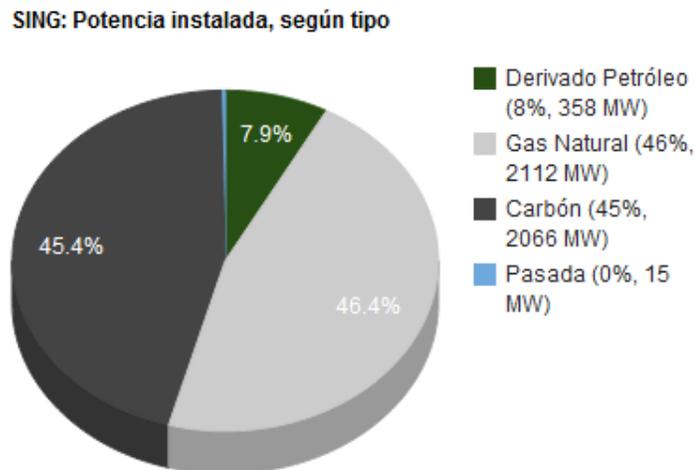
La generación de energía eléctrica en el norte grande de Chile tiene un importante impacto tanto a nivel ambiental como social y económico. Por una parte, la matriz del SING es esencialmente del tipo termoeléctrico, basada en carbón y en otros hidrocarburos (petróleo, gas)⁴³ como se muestra en el gráfico siguiente, lo que trae consigo emisiones a la atmósfera de gases con efecto invernadero. A nivel social, esta matriz termoeléctrica enfrenta la creciente presión de diversos grupos sociales, medioambientales y de interés, especialmente a nivel local y que responden a una lógica global de minimización de emisiones, protección ambiental y compensación por parte de las empresas contaminantes.

En el ámbito económico, la presión al alza en los precios de los insumos para la generación eléctrica ha impactado en las empresas productoras (*mineras) que requieren de un contante, alto y seguro suministro; estos mayores costos de operación no son, necesariamente, traspasados a los precios de venta y, por ende, los niveles de rentabilidad son afectados. Por otra parte, la concentración del SING puede jugar un rol importante en los precios de energía eléctrica en especial para los grandes clientes.⁴⁴

⁴³ <http://www.centralenergía.cl/centrales/capacidad-instalada-sing/>

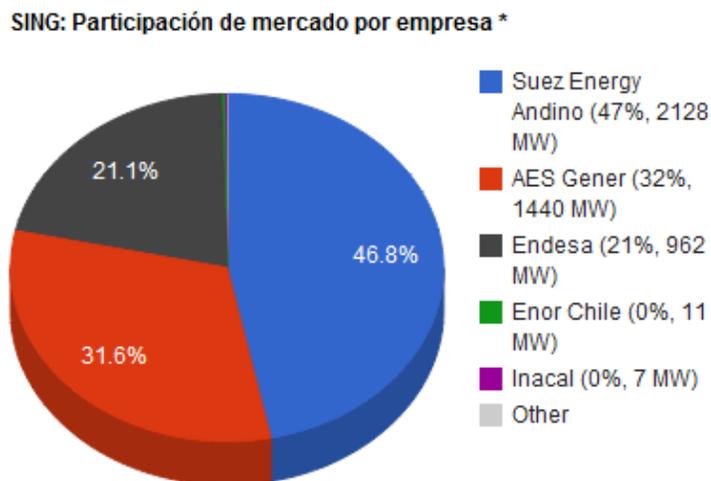
⁴⁴ <http://www.centralenergía.cl/centrales/capacidad-instalada-sing/>

Figura 33. SING: potencia instalada por tipo



El gráfico siguiente muestra la participación de mercado de las principales empresas del SING:

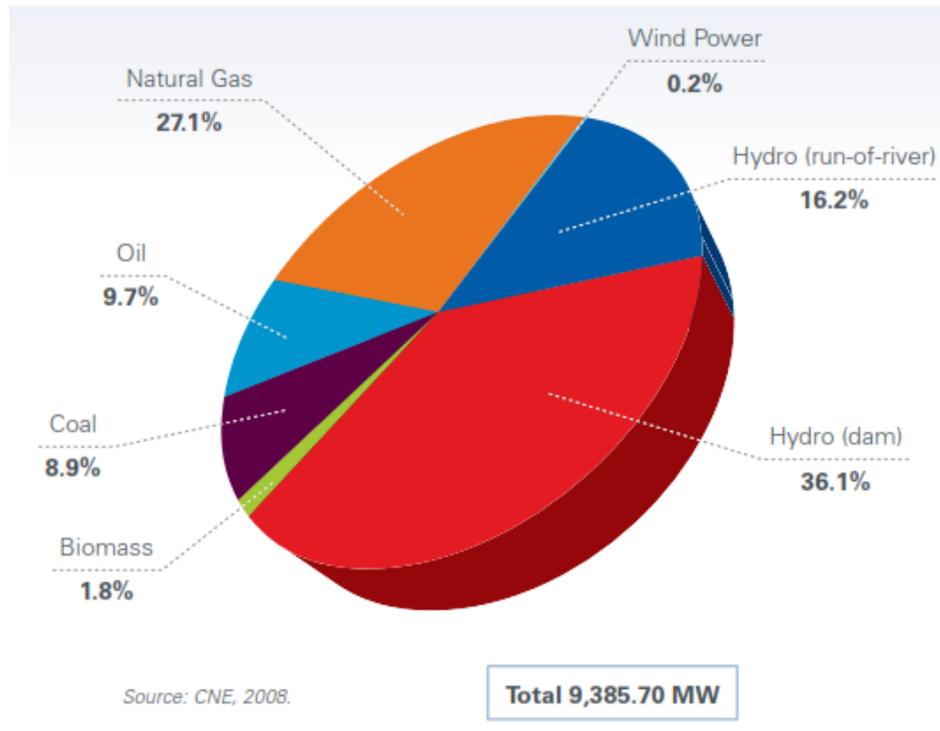
Figura 34. SING: participación de mercado por empresa



3.3 El Sistema Interconectado Central (SIC)

El SIC cubre gran parte del superficie nacional y abastece a cerca del 90% de la población de Chile. Se ubica entre las regiones de Atacama y Los Lagos, la hidroelectricidad es un componente importante y cuenta con varias centrales hidroeléctricas, los centros de consumo están cercanos entre sí, son abundantes y el uso domiciliario representa el tipo de cliente principal.

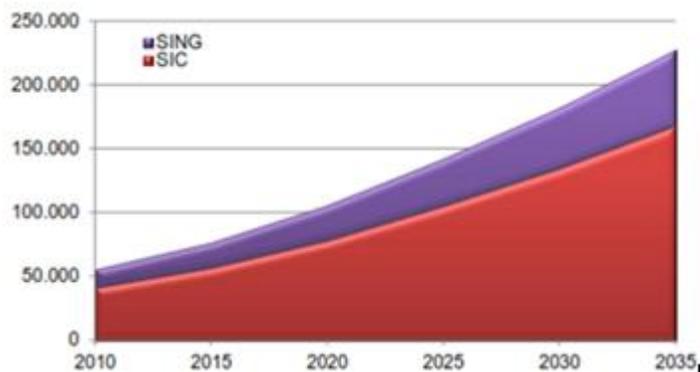
Figura 35. Capacidad del SIC (fuente: CNE 2008)⁴⁵



3.4 Proyecciones de oferta y demanda eléctrica para Chile

La demanda eléctrica en Chile muestra un crecimiento anual promedio de 6.7% para el periodo 2010-2035, con un promedio 2010-2020 acumulado para el periodo 2010-2020 de 91%, es decir, de casi el doble en una década.

Figura 36. Demanda de electricidad (GWh) del SIC + SING. 2010-2035⁴⁶

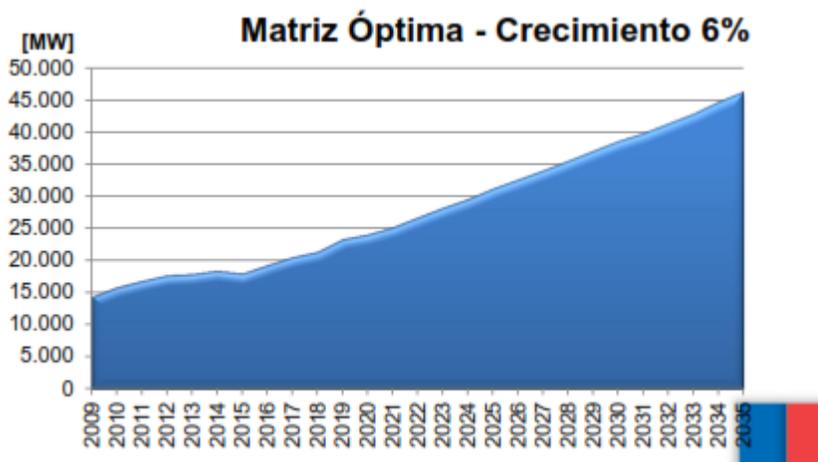


⁴⁵ CORFO-InvestChile. 2009

⁴⁶ Ministerio de Energía de Chile. 1Septiembre 2011

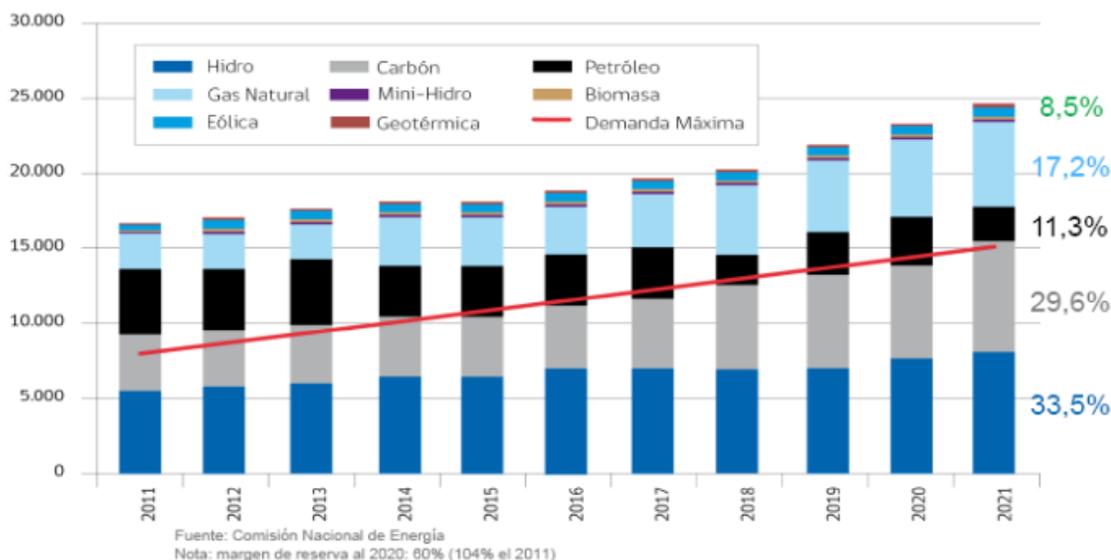
Para lograr abastecer la demanda creciente de energía, la matriz nacional debe crecer a tasas de 6% anual hasta 2035 lo que implica instalar más de 8000MW de capacidad generadora hacia 2020.

Figura 37. Evolución del crecimiento de la demanda energética en Chile 2009 - 2035



En materia de proyecciones de energía eléctrica hacia inicios de la próxima década, la oferta integrada (SIC + SING) llegaría a cerca de 25000MW mientras que la demanda lo haría a niveles cercanos a 15000MW, existiendo un margen de reserva del 60% en 2020 (menor en comparación al 104% del 2011)⁴⁷. Esto aparece graficado a continuación.

Figura 38. Proyecciones de oferta y demanda eléctrica en Chile 2010- 2021



⁴⁷ Ministerio de Energía de Chile. Septiembre 2011

Se estima que el SING requiere entre 1000 y 1400 MW extras hasta 2020, principalmente para abastecer la demanda proveniente de la industria minera a partir de los nuevos proyectos que comenzaran a operar a partir de 2015 (los cuales, además, necesitarán ser abastecidos por agua de mar).⁴⁸

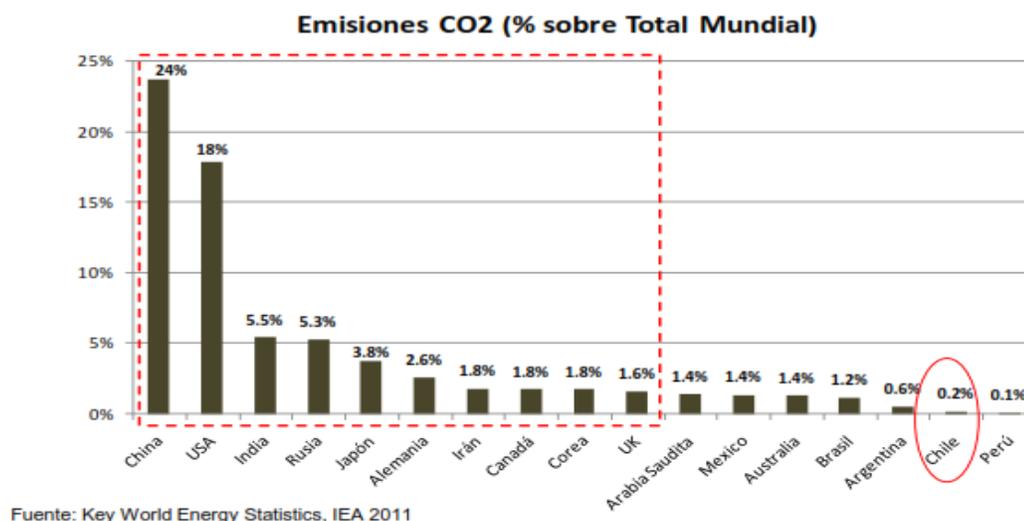
3.5 Emisiones en Chile y ERNC

Como lo apuntan varios estudios para Chile y el mundo⁴⁹, algunos de los drivers para la implementación de proyectos de ERNC:

- seguridad energética: disponibilidad, abordables, sustentabilidad y diversificación de la matriz
- desarrollo económico: crecimiento y empleos “verdes”; innovación y desarrollo industrial; desarrollo rural
- reducción de las emisiones de CO²
- otros beneficios ambientales

Las emisiones de los gases con efecto invernadero (GEI) son un desafío directo para el sector minero en especial si se tiene en mente los aumentos de la demanda de los últimos años, por lo que se hace un llamado a las empresas del sector a mantener actitudes proactivas y ser apoyados por programa del estado en materia de eficiencia energética⁵⁰. A continuación se presenta una serie de gráficos en relación a las emisiones de CO₂ por país, tipo de país, y per cápita.

Figura 39. Emisiones de CO₂ por países en 2009⁵¹



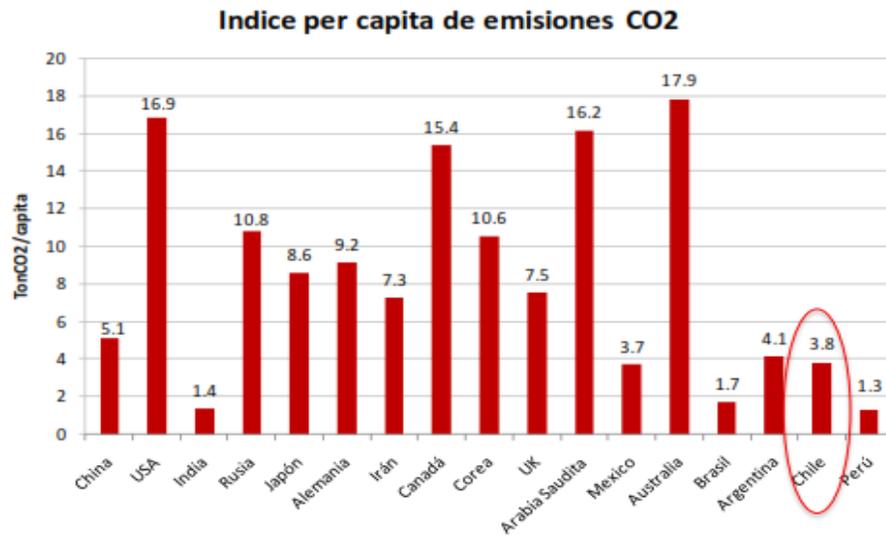
⁴⁸ Ministerio de Energía de Chile. 7 Octubre 2011

⁴⁹ Gascó. 2011

⁵⁰ Pimentel. 2009

⁵¹ Ministerio de Energía de Chile. Mayo 2012

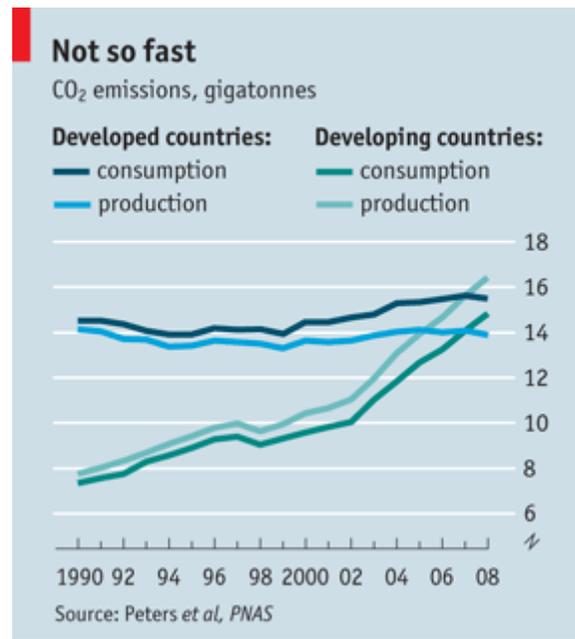
Figura 40. Emisiones CO2 per cápita en 2009⁵²



Fuente: Key World Energy Statistics, IEA 2011

En la última se observa un alarmante acercamiento entre las emisiones de CO2 de las economías desarrolladas y las en desarrollo (lideradas por China e India) durante las dos décadas pasadas⁵³.

Figura 41. Emisiones de CO2 por tipo de país, 1990 - 2008⁵⁴



⁵² Ministerio de Energía de Chile. Estrategia Nacional de Energía 2012-2030

⁵³ The Economist, 30 Abril 2011

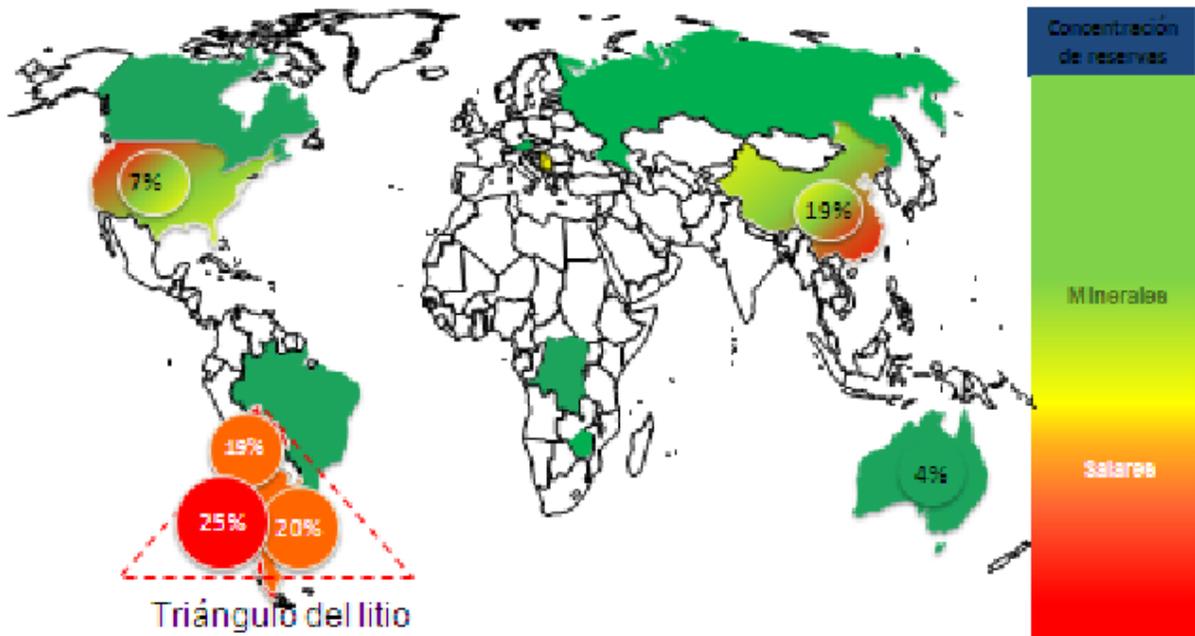
⁵⁴ The Economist. 30 Abril 2011

3.6 Litio en Chile

El norte de Chile junto a al sur de Bolivia y noroeste de Argentina conforman el triángulo del Litio, que es la zona donde se concentran tantos los recursos como las reservas probadas de Litio. Entre los tres países se produce más del 50% del Litio a nivel mundial y una cifra similar de las reservas mundiales.⁵⁵

En Chile, existe un alto potencial para la producción de Litio. Primero, Chile cuenta con las segundas mayores reservas del mineral a nivel mundial luego de Bolivia y es el primer país a nivel de producción. Segundo, la industria del Litio cuenta con grandes jugadores a nivel mundial (SQM y SCL) y, de hecho, es un mercado altamente concentrado con características de monopolio. En tercer lugar, la experiencia y la tecnología convierten al país en líder mundial en la industria con una estructura de costos, nivel productivo y de reservas, y know-how que pocos países pueden ofrecer.

Figura 42. Distribución de reservas de Litio en el mundo



Por otra parte, en 2012 se dio inicio a una nueva propuesta del Estado de Chile para concesionar explotaciones y fomentar la industria del Litio permitiendo, por una parte, la incorporación de nuevos actores al mercado y, por otra, estimulando el desarrollo de la industria y la agregación de valor en toda la cadena. A este respecto, el trabajo y proyecciones del centro de Innovación del Litio (CIL, de la Universidad de Chile), sirven de base para el desarrollo de una industria que podría alcanzar niveles de complejidad, tecnología y potencial similares (aunque no necesariamente comparables) a la del

⁵⁵ Comisión de Minería y Energía. Senado de Chile. 2012

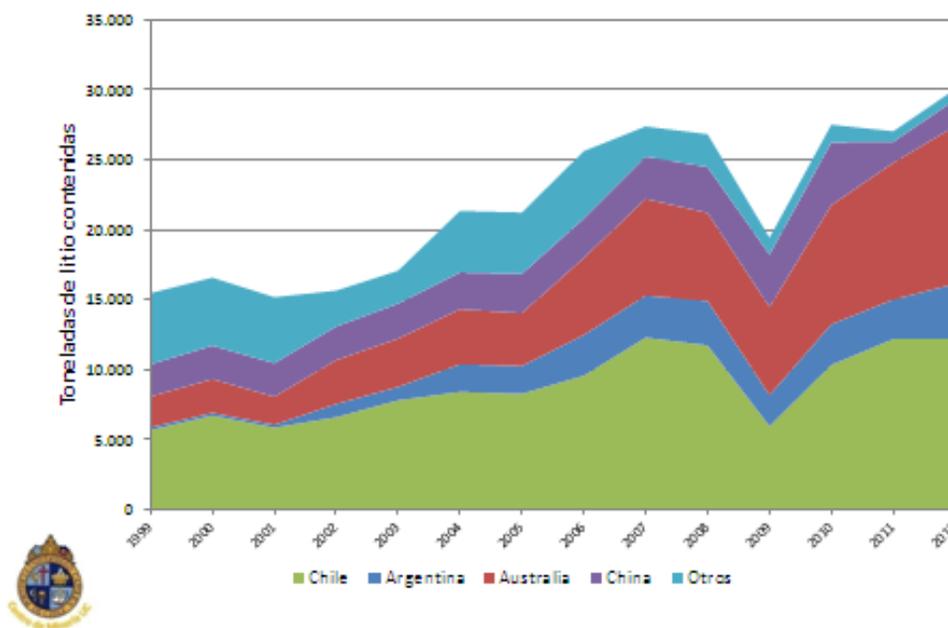
cobre. Si bien el proceso de entrega de nuevas concesiones para el Litio (los así llamados Contratos Especiales de Operación del Litio, CEOL) ha sido temporalmente detenido, se estima que se reactive a inicios de 2013 para seguir con el impulso a la industria de parte del Estado.

Si bien en Chile no existe un consenso sobre la condición estratégica, la bondad y oportunidad del sistema de concesiones del Litio, y el modelo de negocios más adecuado a adoptar para las nuevas explotaciones, a nivel transversal se reconoce su importancia y existe conciencia política, técnica y económica para impulsar programas (públicos y/o privados) que permitan desarrollar tecnologías, agregar valor y aumentar controladamente la producción del Litio en Chile⁵⁶.

Por último, la judicialización de los grandes proyectos energéticos durante los últimos años en Chile ha contribuido, directa e indirectamente, al encarecimiento de la energía para las empresas en Chile cuyos costos por la energía son superiores a los otros países de la región y que, por otra parte, llevan a construir casi una situación sin salida (o aumento de la termo generación o apertura a la energía nuclear) tal como se reconoce por autoridades centrales en nuestro país⁵⁷.

La producción de Litio ha aumentado en los principales países productores y ha tenido un renovado impulso luego de la recuperación de la crisis del 2008, destacando los aumentos de producción en Australia y un descenso comparativo de la producción en Chile como se observa a continuación.

Figura 43. Evolución de la producción Litio en principales países. 1990 - 2012⁵⁸



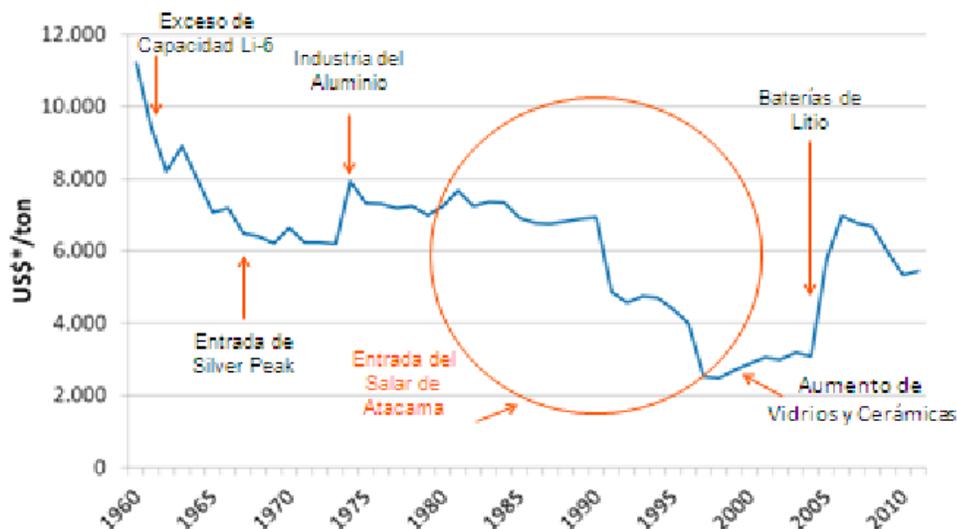
⁵⁶ Comisión de Minería y Energía. Senado de Chile. 2012

⁵⁷ <http://www.latercera.com/noticia/negocios/2012/06/655-466632-9-subsecretario-de-Energía-advierte-que-demandas-contraproyectos-electricos.shtml>

⁵⁸ Comisión de Minería y Energía. Senado de Chile. 2012

Por su parte, los precios han reaccionado a los ajustes entre la demanda y la oferta, existiendo una tendencia al alza de los precios a partir de la década del 2000 que puede explicarse por las presiones de la demanda gatilladas, a su vez, por las nuevas aplicaciones y en particular por el desarrollo de tecnologías de baterías de litio⁵⁹.

Figura 44. Evolución de los precios del carbonato de Litio 1960-2011 (en moneda real 2011)⁶⁰

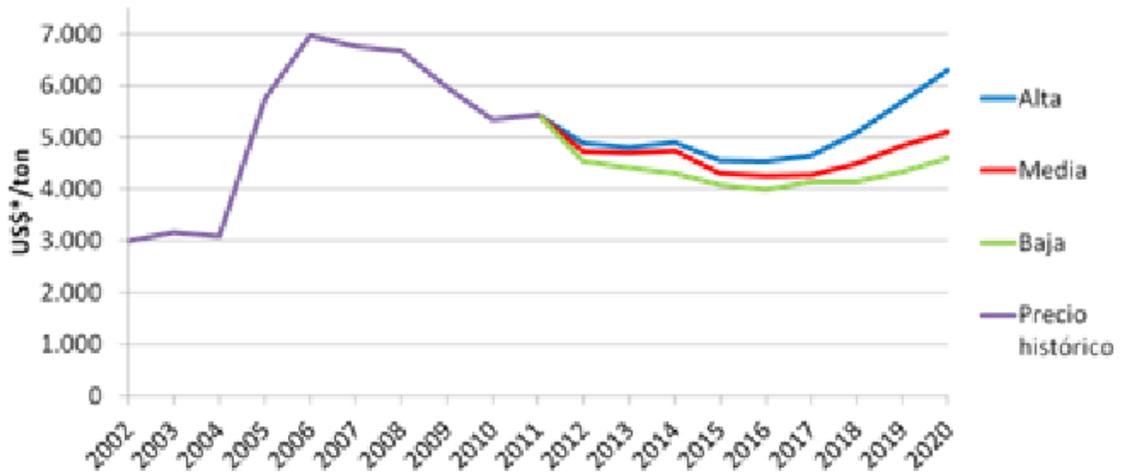


En resumen, en el norte grande de Chile nos enfrentamos a un panorama en el que hay un calce interesante entre demanda y oferta de energía eléctrica que permite la consideración de un proyecto como el propuesto en este modelo de negocios: existe un alto potencial generación de electricidad mediante ERNC (esencialmente, solar y posibles desarrollos conjuntos a partir de energía solar); una demanda local real de grandes usuarios, demanda que es creciente y de largo plazo; un alto potencial de desarrollo de la industria del Litio (segundas mayores reservas probadas del mineral a nivel mundial, la mayor producción a nivel global, la implementación del CIL) e instrumentos y políticas de estado en apoyo a la diversificación de las matrices energéticas del país y al impulso de la industria extractiva del Litio.

⁵⁹ Comisión de Minería y Energía. Senado de Chile. 2012

⁶⁰ Comisión de Minería y Energía. Senado de Chile. 2012

Figura 45. Precios del carbonato de Litio ante tres escenarios posibles, 2002 - 2020⁶¹



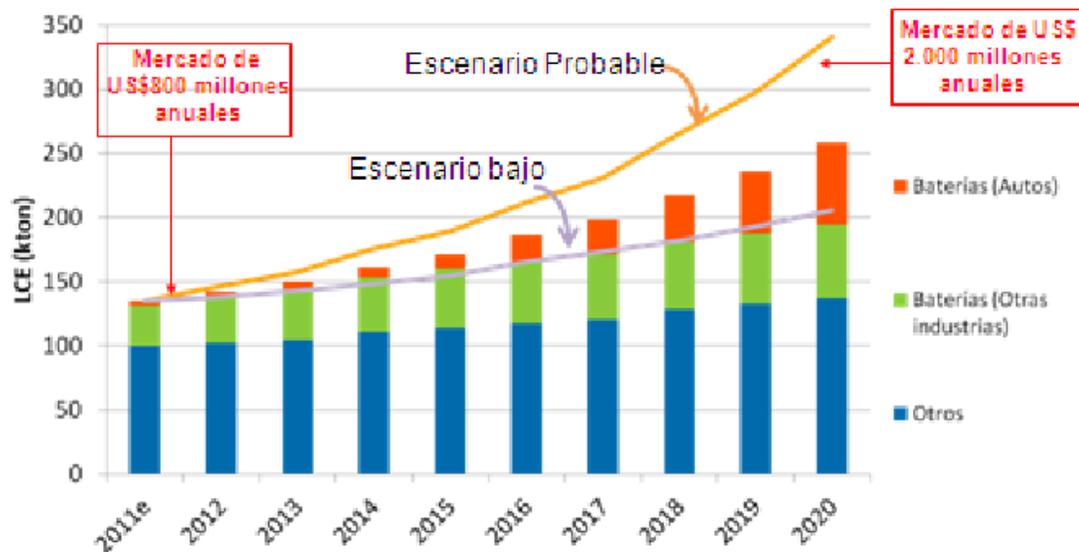
* En moneda real del año 2011

Fuente: GEM (2010)

Precios de largo plazo (US\$2011/ton)	Escenario demanda alta	Escenario demanda media	Escenario demanda baja
		6.300	5.100

En línea con lo anteriormente expuesto, la proyección de la demanda del carbonato de Litio ha aumentado por nuevas aplicaciones y aumento en los usos actuales⁶² como se aprecia en la siguiente grafica:

Figura 46. Proyección demanda carbonato de Litio 2011 – 2020⁶³



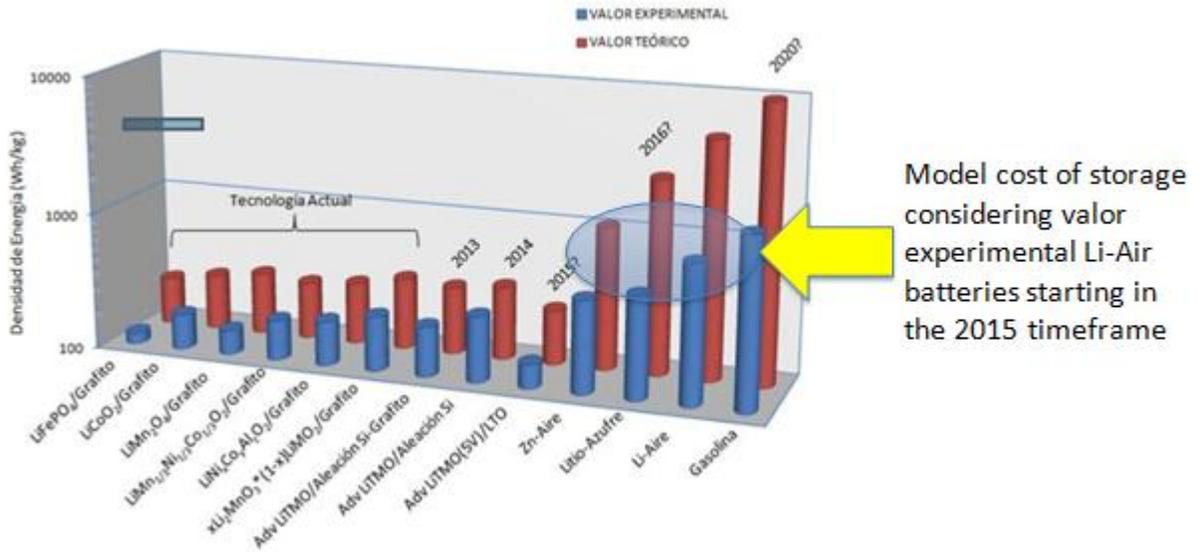
⁶¹ Comisión de Minería y Energía. Senado de Chile. 2012

⁶² Comisión de Minería y Energía. Senado de Chile. 2012

⁶³ Comisión de Minería y Energía. Senado de Chile. 2012

En relación a las nuevas tecnologías que están en desarrollo, se ofrece una temporal panorámica sobre las estimaciones de uso y maduración de tecnologías tales como Li-air, Zn-Aire y Lito-Azufre.

Figura 47. Evolución de las tecnologías de almacenamiento de energía⁶⁴



Uno de los desarrollos de mayor relevancia y que agrega valor al Litio, son los de baterías que usan Litio de una u otra forma. Las baterías almacenan energía en forma de energía química, y existe un gran número de tipos, diseños, tecnologías y usos. Todas las baterías pueden almacenar importantes cantidades de energía y son de reacción rápida en acciones de carga/descarga.⁶⁵

Figura 48. Tecnologías según tipo de uso por diversas empresas



⁶⁴ Arimitsu. 2011 (a)

⁶⁵ Breeze. 2009

4. METODOLOGIA

El modelo de negocios planteado considera que la existencia del Litio, de la alta radiación solar y de los grandes clientes potenciales (concentrados y ubicados en una zona cercana) constituye una ventaja competitiva que debe aprovecharse. Esta es una etapa inicial y se requieren de análisis posteriores más completos para elaborar un plan de negocios ajustado a las condiciones de mercado existentes en ese momento.

En la elaboración de este modelo, se han considerado etapas tales como búsqueda de información, revisión bibliográfica y reuniones con especialistas (en las áreas técnica, ambiental, económica y de I+D+i), conformación de un equipo de trabajo, presentaciones del proyecto a potenciales inversores y la firma de un acuerdo de confidencialidad (NDA) cuando sea el momento oportuno.

Luego de ajustar detalles técnicos y económico-financieros, este modelo necesita convertirse en un proyecto para ser presentado a concursos de fondos (públicos y privados) y a potenciales inversores, en Chile y/o en el extranjero, para iniciar operaciones de la empresa en Chile durante los próximos tres a cinco años. Algunas de estas etapas ya se han realizado mientras otras se deben hacer o ya están en curso como:

- Entrevistas y reuniones de trabajo en Chile y/o en el extranjero
- Asistencia a workshops y conferencias sobre los principales temas tratados
- Evaluación estratégica y de viabilidad del proyecto: Que permita, en un paso siguiente, el uso de indicadores financieros acordes al nivel y tipo de inversión, y al riesgo de la propuesta de negocio. Determinación de inversión inicial, Valor Presente Neto (VPN), Tasa Interna de Retorno (TIR), tasas de interés, WACC, y plazo de recuperación de la inversión
- Postulación del proyecto a concursos como Start-up Chile (<http://www.startupchile.org/>) y otros fondos públicos en Chile (Corfo, Ministerio de Energía, FNDR, fondos privados)
- Presentación del proyecto a inversores y fondos locales y extranjeros
- Evaluación económica-financiera de la fase comercial del proyecto
- Presentación propuesta a inversores nacionales e internacionales
- Formación del equipo
- Establecimiento de una planta para fabricar el prototipo
- Fabricación del (de los) prototipo(s) seleccionado(s)
- Evaluación técnica, económica y comercial de los prototipos
- Pruebas piloto en terreno
- Formación de alianzas con clientes potenciales y socios estratégicos
- Firmas de PPA con clientes
- Formalización de alianzas con las empresas desarrolladores de tecnologías (Nexeon, A123, ABB)

A continuación, se detallan algunos pasos a realizar después del MGPG y, en la propuesta de valor (capítulo siguiente) se presenta el modelo de negocios en el formato canvas (Business Canvas Model).

Para llevar a cabo este proyecto, se propone firmar un contrato con licencia de exclusividad con una compañía que desarrolle tecnologías de ánodos y cátodos de tecnología avanzada de modo de fabricar en Chile las baterías con la tecnología licenciada⁶⁶. Una vez que se formalicen los acuerdos y se obtengan todos los permisos necesarios (tanto técnicos como ambientales a nivel local y nacional) para la construcción de la planta y se cuente con la aprobación del proyecto, se comenzará con la etapa de fabricación de las baterías.

Un paso siguiente es introducir las baterías en las industrias objetivo. En el caso de la minera, las unidades serían de utilidad para, por ejemplo, todos los equipos y maquinarias (correas transportadoras, chancadoras, molinos) en aquellas operaciones que requieren un suministro continuo de electricidad y que consumen altos niveles de energía. En el caso del transporte pesado, las baterías podrían ser usadas en camiones de alto tonelaje y otras maquinarias con alto consumo de energía y que son clave para la operación minera.

Finalmente, se debería firmar un OEM con una reconocida empresa mundial⁶⁷ (del tipo Sony, NEC, Nissan) para fabricar en la planta unidades de baterías que ellos requieran aprovechando la capacidad instalada, el licenciamiento de la tecnología, el know-how acumulado y las ventajas competitivas del proyecto.

Respecto a los inversores y el financiamiento, se deben buscar fondos en Chile y en el extranjero. En Chile, financistas directos son agencias del Estado como Corfo, Fundación Chile y FNDR que pueden apoyar con fondos a modo de subsidios, aportes directos y/o créditos con buenas condiciones. Otros agentes son VC e inversionistas ángeles de Chile y el extranjero, así como organismos internacionales interesados en este tipo de proyectos (como el Banco Interamericano del Desarrollo).

⁶⁶ Empresas de este tipo son A123 (<http://www.a123systems.com>), ABB (<http://www.abb.com>) y Nexeon (<http://www.nexeon.co.uk>), por ejemplo

⁶⁷ Empresas como Sony, NEC, Nissan, GM y Renault con productos que requieren baterías de ion Litio

5. PROPUESTA DE VALOR

5.1 Proyectos BESS

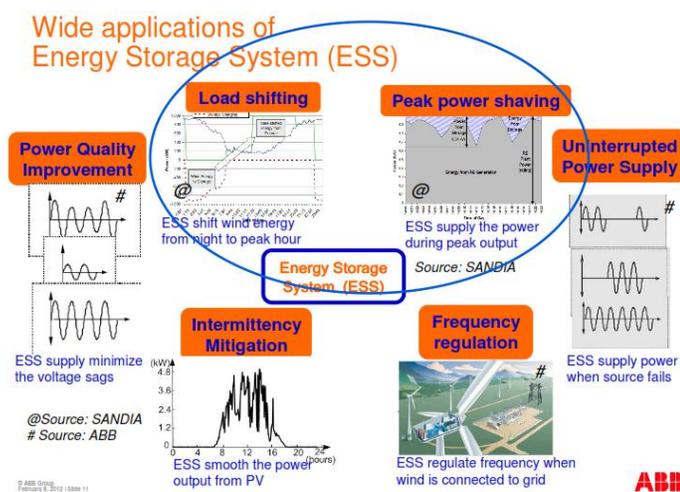
Las BESS constituyen una excelente oportunidad. Por una parte, su uso permite aumentar las eficiencias en el sistema eléctrico como un todo; por otra parte facilitan la incorporación de las ERNC a la red, la integración energética y diversificación de la matriz nacional. Con esto, se consigue avanzar en metas planteadas a nivel de Estado y que se relaciona con crecimiento económico, productividad y competitividad, y desarrollo sustentable.

Se debe insistir que, junto a lo anterior, y como lo propone este modelo, la fabricación de BESS en el norte de Chile aprovecharía las ventajas comparativas y competitivas de nuestro país y explotaría las oportunidades de largo plazo a nivel nacional e internacional.

A continuación se entregan algunas características y aplicaciones de las BESS:⁶⁸

- Mejora la integración de fuentes de ERNC
- Amortización de proyectos de transmisión y distribución
- Reserva y rápida entrada al sistema
- Apoyo a la transmisión
- Estabiliza la transmisión y distribución en la red
- Mejora los ciclos de carga y descarga y la regulación de la frecuencia
- Disminuye las pérdidas en la transmisión
- Apoyo al voltaje
- Posibilitan un uso más eficiente de las instalaciones de generación existentes
- Reducción de las emisiones de gases invernadero

Figura 49. Aplicaciones BESS⁶⁹



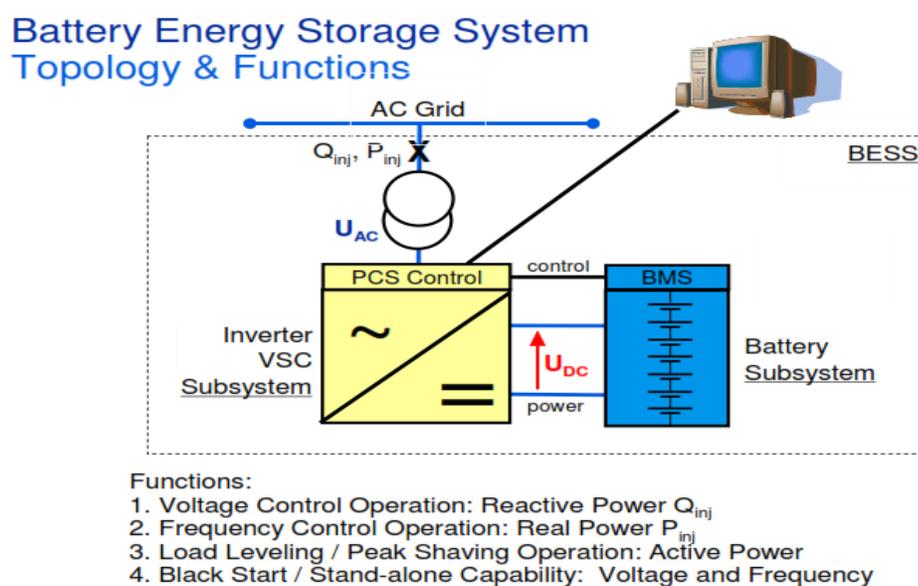
⁶⁸ Teleke. 2011

⁶⁹ ABB Group. 2012

La figura anterior muestra la variedad de usos de la tecnología BESS; en particular, es importante destacar su uso en mitigar la intermitencia, regulación de frecuencia y de suministro continuo, ya que son aspectos de relevancia para el contexto del norte grande de Chile. También se muestra un esquema de sus funciones y de la integración a la red.⁷

Las BESS están compuestas de celdas con nanofosfato de Litio; un esquema de las reacciones involucradas en las baterías de Litio se presenta en la figura a continuación⁷⁰. El mercado mundial de baterías de ion Litio fue de US\$11 billones en 2010 y algunas proyecciones indican que, hacia 2020 el mercado mundial de baterías de ion Litio se cuadruplica, llegando a cerca de US\$43 billones.⁷¹

Figura 50. Esquema del sistema de integración de los BESS a la red⁷²



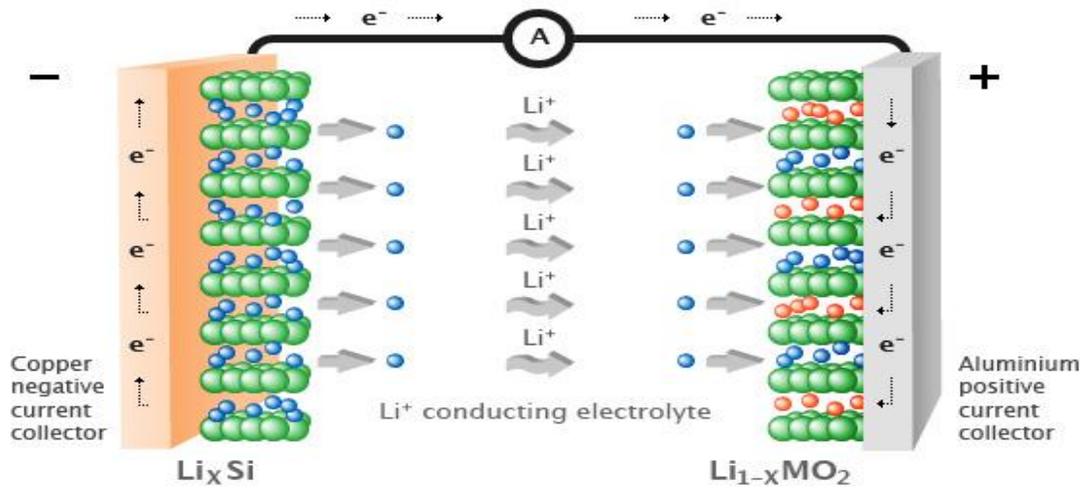
Junto a las bondades económicas y el potencial comercial de las tecnologías con Litio y de las BESS, es importante considerar el impacto ambiental directo e indirecto de la implementación de las ERNC y de las smart grids. En el siguiente grafico se presentan estimaciones recientes los aportes relativos de cuatro fuentes de acción.

⁷⁰ <http://www.nexeon.co.uk/technology/about-li-ion-batteries/>

⁷¹ <http://www.electric-vehiclenews.com/2011/02/lithium-ion-battery-market-to-quadruple.html>

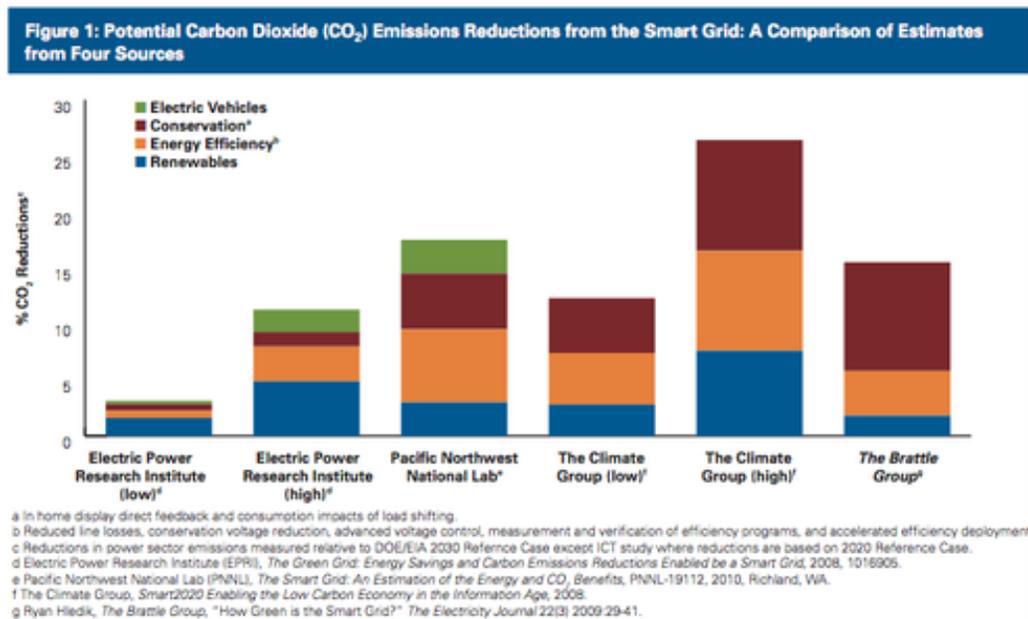
⁷² ABB Group. 2012

Figura 51. Esquema de reacciones en baterías de Litio



El peso de tecnologías y de iniciativas productivas sustentables va a tener un peso creciente en las economías mundiales.

Figura 52. Potencial de reducción en las emisiones de CO2 de las smart grids⁷³



Por último, destacar que hay regiones donde hay importantes desafíos electrificación y de suministro de energía. Es justamente hacia esas regiones donde este modelo apunta en el mediano y largo plazo, actuando como oferente de unidades BESS y, una

⁷³ Pike Research. 2012

vez que sea posible, como un actor de los mercados locales con la venta de energía spot o mediante contratos. La tabla siguiente presenta un resumen para distintas regiones del mundo, y se aprecia que en el África subsahariana y en las zonas rurales de Asia y América Latina existen oportunidades potenciales.

Tabla 1. Electrificación en distintas regiones del mundo

Table 1: Electricity access in 2009 - Regional aggregates				
	Population without electricity million	Electrification rate %	Urban electrification rate %	Rural electrification rate %
Africa	587	41.8	68.8	25.0
North Africa	2	99.0	99.6	98.4
Sub-Saharan Africa	585	30.5	59.9	14.2
Developing Asia	675	81.0	94.0	73.2
China & East Asia	182	90.8	96.4	86.4
South Asia	493	68.5	89.5	59.9
Latin America	31	93.2	98.8	73.6
Middle East	21	89.0	98.5	71.8
Developing countries	1,314	74.7	90.6	63.2
World*	1,317	80.5	93.7	68.0

* World total includes OECD and Eastern Europe / Eurasia

Source: WEO-2011

5.2 Propuesta

El concepto básico de este modelo de negocios propone instalar en Chile una compañía que fabrique baterías de ión Litio de mediana a alta capacidad (BESS 50KW) para aplicaciones industriales y de transporte pesado, y que permita suministrar energía segura, estable y a menores precios a grandes clientes. La planta fabricará las baterías usando 100% de ERNC (integración energética) a partir de la energía proveniente de plantas solares ubicadas en la zona y del tipo “carbon free”. La fabricación en masa permitiría llevar el precio de la energía a niveles cercanos a US\$300/KWh y se podría apostar a lograr un 25% del mercado mundial de las baterías de ion Litio de gran capacidad de almacenaje.

Además, se propone la integración con parques solares presentes en la zona y con las redes para llegar a grandes clientes. En el primer caso, esto permitiría abastecer al SING con la energía solar producida y almacenada en las BESS; en el segundo caso, se lograría llegar a lugares remotos para actuar tanto en el almacenaje de la energía como en su distribución.

El proyecto plantea proveer de BESS a una cartera de clientes específica (grandes operaciones mineras y compañías generadoras y/o distribuidoras de electricidad), considerando las alternativas de licenciamiento de tecnologías y de alianzas

estratégicas con empresas internacionales desarrolladoras de tecnologías que tengan capacidad financiera, productiva y know-how.

El desarrollo de este modelo ahonda en los aspectos conceptuales y de estrategia del proyecto más que en aspectos directamente técnicos o financieros. En primer lugar, se plantea aprovechar las ventajas comparativas (recursos disponibles, tecnologías de producción) y competitivas (establecimiento del Comité de Innovación del Litio CIL, la Estrategia Nacional de Energía 2012-2030, la madurez y perspectivas de crecimiento de la industria minera) del país, y en segundo lugar, propone un modelo de negocios con sus propias ventajas competitivas (integración de ERNC, desarrollo de softwares únicos, actuación en diferentes niveles de la cadena eléctrica) frente al resto de las opciones que, en el mediano y largo plazo, se presenten para proveer de electricidad al norte de Chile.

Las BESS funcionan en base a celdas nanofosfato de Litio de alto poder, tienen altos estándares de seguridad en la operación y uso, y una larga vida útil (incluso con alta frecuencia de carga y descarga). Las principales características de las BESS son:

- Flexibilidad: modulares, escalables, y de rápida instalación y multipropósito
- Confiabilidad: ultra robustos con redundancias múltiples, continuo uso del activo (pronta-respuesta), sistema seguro
- Interoperabilidad: doble vía de intercambio de energía e información, administración de energía e integración escalables (desde unidades a redes en áreas mayores)

Las ventajas inherentes a la tecnología de BESS se refieren a regulación de frecuencia (mitigan la intermitencia del suministro), mejora la calidad de la energía entregada, rápida capacidad de respuesta y spinning reserve, reducción de costos de operación y mantención de las estaciones, integración de ERNC, reducción de las emisiones, mejora en el desempeño de las redes e implementación de smart grids. Spin-offs y otros negocios innovadores relacionados al desarrollo de la industria del Litio con valor agregado en Chile, así como sucedió en Japón luego del terremoto⁷⁴; es decir, el circuito virtuoso de I+D+i puede surgir desde varias fuentes y por muchas razones.

⁷⁴ <http://www.bbc.com/future/story/20120309-japan-earthquake-spurs-innovatio?selectorSection=science-environment>

Figura. 53. Esquema de la propuesta que integra ERNC, proveedores de Litio y desarrolladores⁷⁵

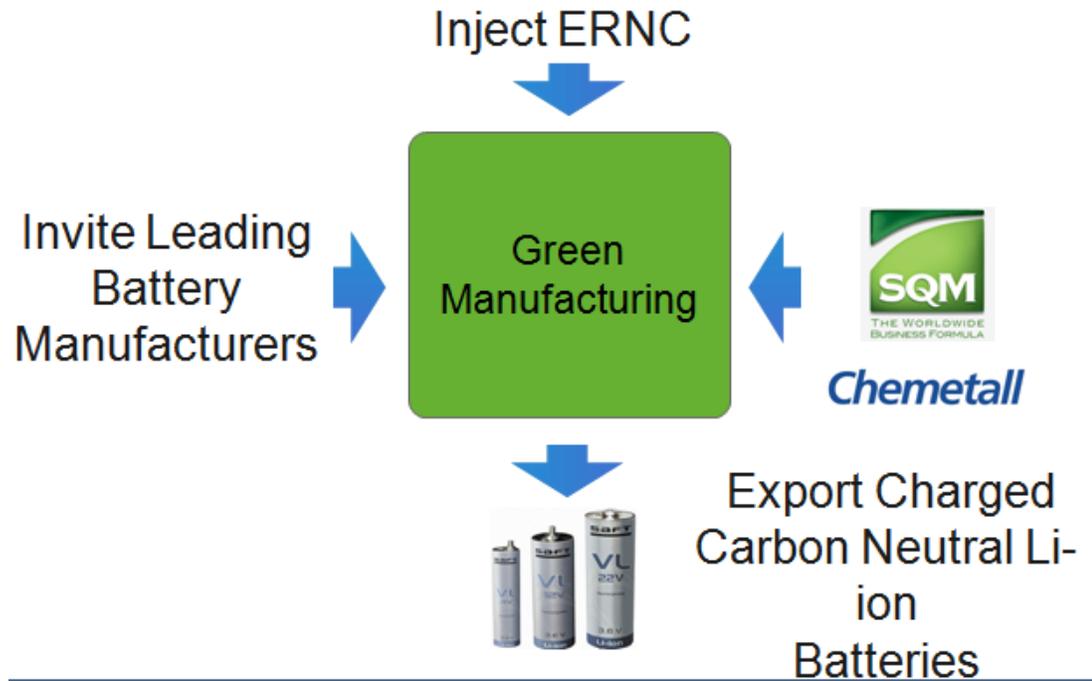
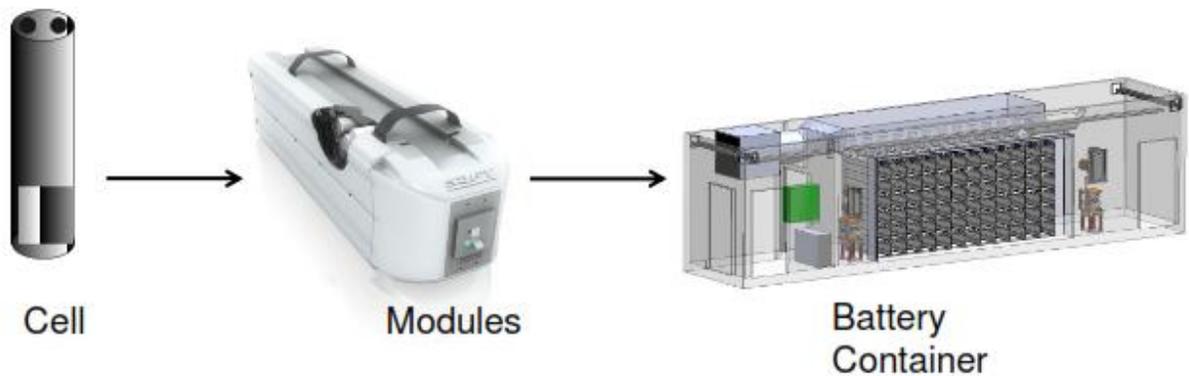


Figura 54. Jerarquía soluciones de batería < 1200 Vdc⁷⁶



⁷⁵ Preparado en base a la presentación de Arimitsu, 2011 (b)

⁷⁶ ABB Group. 2012

Figura 55. Contenedor estándar (2MW) de almacenamiento de Energía⁷⁷



2MW Containerized PCS

Los clientes potenciales son de dos tipos: los industriales y los de transporte. Para los primeros, constituye una alternativa valiosa al asegurar suministro energético (de calidad, estable y seguro) incluso en lugares remotos donde generalmente se encuentran las operaciones mineras. Para los segundos, representa ventajas al disminuir costos operacionales y aportar en los esfuerzos para disminuir emisiones contaminantes. Para ambos, significa una apuesta inteligente por dispositivos que aseguren un suministro seguro y estable de energía a menores costos y con posibilidad de alcanzar zonas alejadas.

Como un todo, el modelo aporta valor al incorporar, en Chile, la actividad manufacturera con tecnología de punta y que haga uso de un 100% ERNC transformando la zona donde se emplacen los proyectos en áreas sin emisión (zero emission). El análisis usando el modelo de negocios Canvas (Canvas business model) aparece en la sección de Metodología (sección 6) y entrega un resumen respecto a la propuesta de valor.

⁷⁷ ABB Group. 2012

Figura 56. Lay-out BESS⁷⁸



5.3 Modelo Canvas

A continuación se presenta la propuesta siguiendo el modelo Canvas (Canvas business model).

⁷⁸ ABB Group. 2012

Tabla 2. Modelo Canvas de la propuesta BESS

<p>Socios clave</p> <p>Empresas mineras y otros grandes clientes de energía eléctrica</p> <p>Empresas/proyectos de parques solares</p> <p>Empresas desarrolladoras de tecnología en baterías de ión Litio</p> <p>Empresas explotadoras y procesadoras de Litio</p> <p>Empresas generadoras y distribuidoras de energía eléctrica</p> <p>Organismos públicos nacionales y extranjeros con intereses en el desarrollo de clean tech y ERNC</p>	<p>Actividades clave</p> <p>Formación de alianzas con clientes potenciales y socios estratégicos</p> <p>Instalación de la planta de fabricación de BESS con tecnología patentada</p> <p>Recursos clave</p> <p>Tecnología patentada BESS</p> <p>Ingeniería y capital humano (fabricación, estrategia, marketing)</p> <p>Litio procesado</p>	<p>Propuesta de valor</p> <p>Comenzar en Chile una compañía que fabrique baterías de ion Litio de mediana a alta capacidad (BESS 50KW) para aplicaciones industriales y de transporte pesado, y que permita suministrar energía segura, estable y a menores precios a grandes clientes</p> <p>Llevar el precio de la energía a niveles cercanos a US\$300/KWh, apostando a lograr un 25% del mercado mundial de las baterías de ion Litio de gran capacidad de almacenaje</p> <p>Las baterías serán producidas usando 100% de ERNC (integración energética) y del tipo "carbon free"</p> <p>Integración con parques solares (para abastecer al SING) y con las redes para llegar a grandes clientes (para actuar como distribuidores)</p>	<p>Relaciones con clientes</p> <p>Establecimiento de contratos de provisión de equipos y/o de energía</p> <p>Desarrollo de alianzas estratégicas que aseguren un margen de exclusividad y de convenios de provisión flexibles y que permitan mayores niveles de integración energética</p> <p>Canales de distribución</p> <p>Directamente con grandes usuarios mediante contratos de venta o arriendo (que consideran servicio técnico e instalación)</p>	<p>Segmentos de clientes</p> <p>En generación de energía: empresas de la industria</p> <p>En distribución y/o almacenamiento de energía: empresas mineras y grandes clientes de electricidad</p>
<p>Estructura de costos</p> <p>Terrenos y permisos</p> <p>Construcción y habilitación de la planta</p> <p>Recursos humanos: operarios, equipo técnico y plana directiva</p> <p>Materiales y equipos para la fabricación</p> <p>Pago de licencias</p> <p>Pago de seguros</p>		<p>Flujos de ingresos</p> <p>Venta y arriendo de unidades</p> <p>Venta de energía almacenada al sistema</p>		

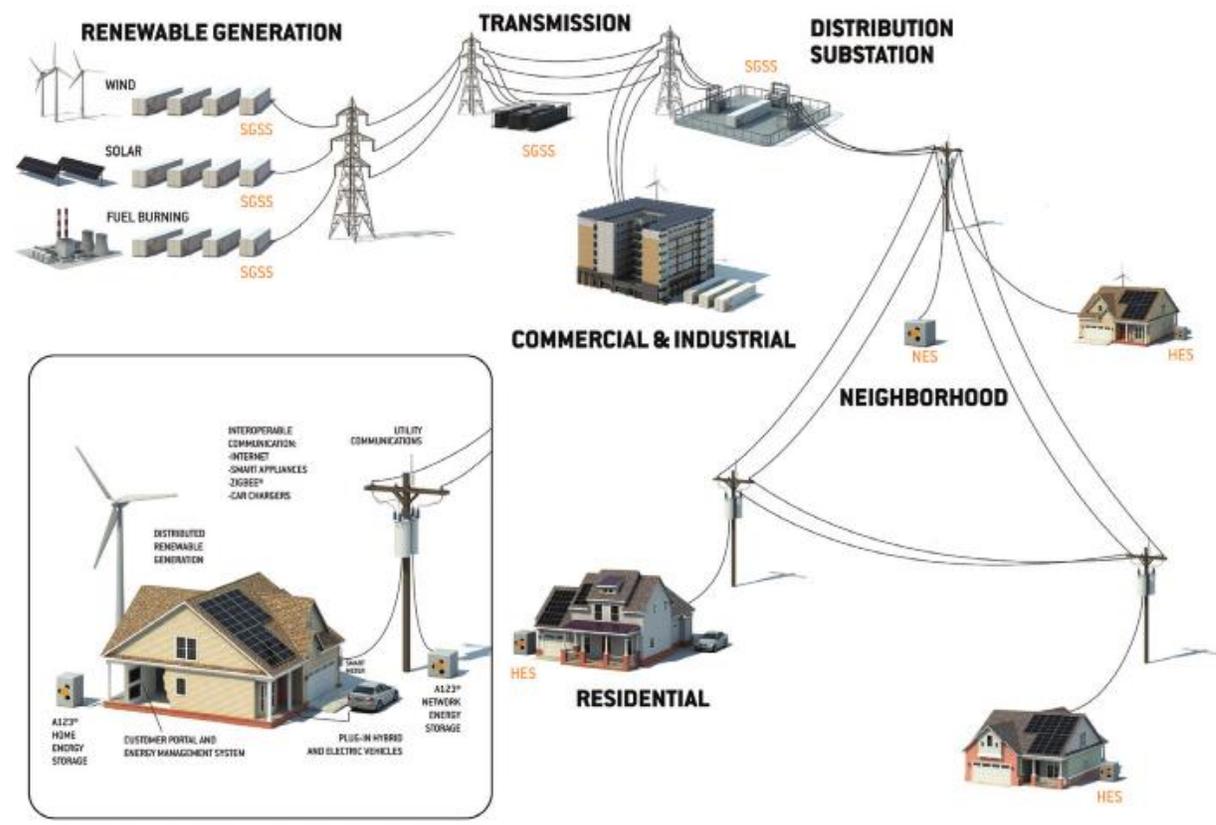
6. CLIENTES

El modelo de negocios propuesto apunta a dos sectores que pueden transformarse en clientes clave: grandes usuarios y las empresas del SING. En ambos casos, se propone un conjunto de bienes y servicios a ofrecer mediante venta, arriendo y/o partnership. El proyecto considera la fabricación y venta/arriendo de unidades BESS.

Una idea esquemática y a largo plazo de la implementación de este modelo como parte de un proyecto mayor, puede observarse en la figura 32.

Como ya se ha mencionado, las grandes empresas (por ejemplo, mineras, de transporte, industriales y puertos) necesitan contar con un suministro de energía eléctrica seguro, estable, eficiente y estable. Idealmente que se consiga al menor costo posible y que cuyos sistemas internos permitan el recorte en los periodos peak de consumo (peak shaving) para disminuir los costos de operación.

Figura 57. Esquema conceptual de aplicaciones de una smart grid⁷⁹



Esta propuesta permitirá a estos clientes contar con unidades BESS que les dé un suministro estable, seguro y eficiente, y a un costo inferior al que pagan con el actual

⁷⁹ A123 Systems Grid Solutions. 2010

sistema. Sin embargo, lo más importante para ellos es que permitirá una oferta estable y segura, permitiendo confiar en la continuidad de las operaciones y en la mantención e incluso mejora de los niveles de eficiencia operativa. Esto se logrará mediante la venta y/o arriendo de las unidades BESS para ser llevadas a los lugares donde se necesita en las faenas (por ejemplo, en plantas de concentración, lixiviación o chancado; en cintas transportadoras; en molinos) o a la venta de la energía eléctrica producida.

A las empresas eléctricas que conforman el SING se les pueden ofrecer los servicios de generación, distribución y/o almacenamiento de energía eléctrica.

El modelo se plantea con dos horizontes escenarios principales: en el corto y mediano plazo, para abastecer la demanda de clientes en Chile, mientras que a mediano y largo plazo, se alcanzaría mercados en América Latina así como a regiones donde los BESS potenciarían las iniciativas de electrificación (África y el sur este de Asia, por ejemplo). Estos escenarios consideran la participación de la empresa tanto en la fabricación y venta/arriendo de las unidades BESS así como en el mercado eléctrico local y regional.

A continuación se presenta una tabla que ordena los clientes por tipo.

Tabla 3. Matriz de clientes propuesta BESS

Tipo de cliente	Unidades (BESS)	Energía
Comprador	Empresas mineras, empresas de transporte, empresas industriales, empresas eléctricas (de transmisión, distribuidoras, cooperativas)	Empresas mineras, empresas de transporte, empresas industriales, empresas eléctricas (de transmisión distribuidoras, cooperativas)
Arrendatario	Empresas mineras, empresas de transporte, empresas industriales, empresas eléctricas	

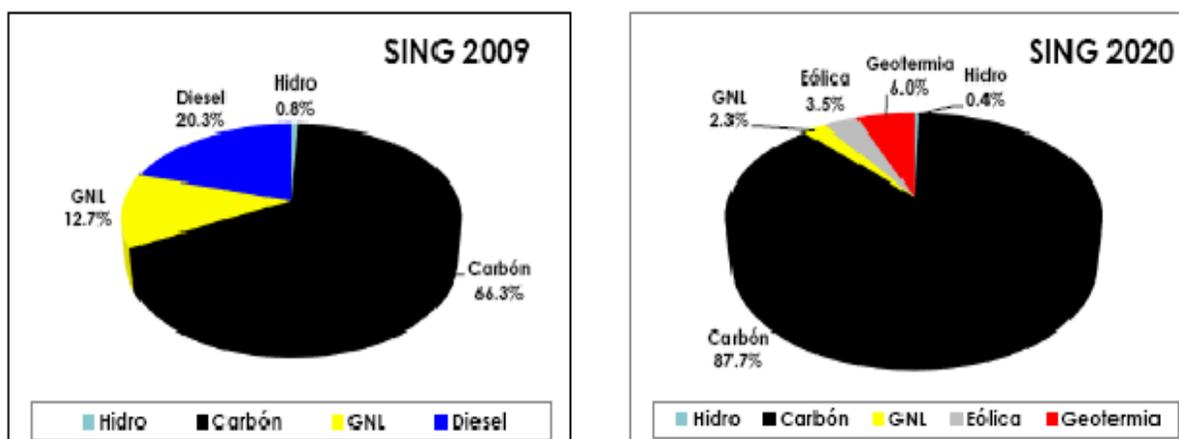
7. ANÁLISIS

El escenario nacional actual permite constatar al menos tres elementos claves para que este modelo se considere seriamente. En primer lugar, la existencia de una demanda potencial de gran tamaño y de largo plazo en las empresas y operaciones mineras ubicadas en el norte de Chile y en otras regiones productivas de América Latina; estas empresas requieren asegurar un elevado y constante suministro de electricidad para optimizar la gestión operacional y la viabilidad de los proyectos en carpeta.

En segundo lugar, la existencia de radiación solar altamente disponible, en el tiempo y en el espacio, que permita generar energía eléctrica con proyectos solares fotovoltaicos que alimenten la planta y que permitan almacenar energía en las unidades fabricadas.

Por último, un marco político y jurídico que promueve la iniciativa privada y la asociatividad, a la vez que cuenta con una institucionalidad relacionada al emprendimiento y la innovación en general, y al Litio en particular, que harían viables proyectos de este tipo.

Figura 58. Participación en matriz de generación SING periodo 2009-2020 (e)⁸⁰

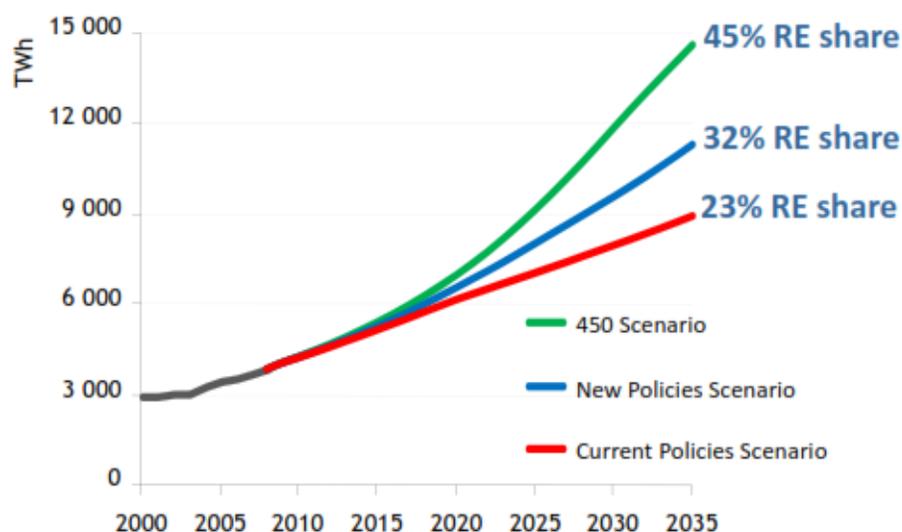


Fuente: Modelación de escenarios de largo plazo sobre la base del Plan de Obras. Comisión Nacional de Energía. 2009

A nivel mundial se proyecta un aumento de los proyectos de ERNC lo que contribuirá a abaratar costos, adoptar tecnologías, y promover y replicar iniciativas exitosas.

⁸⁰ Ministerio de Energía de Chile. 20 Octubre 2011

Figura 59. Aumento de las ERNC (periodo 2000-2035) bajo tres escenarios⁸¹



Existe una sobre implementación de proyectos de tecnología fotovoltaica (PV, por sus iniciales en Inglés) en Europa (desde 5000 MW en 2005 a 40000MW en 2010), por lo que la flexibilidad en los recursos y soluciones de ERNC es clave: plantas despachadoras, respuesta por el lado de la demanda (mediante smart grid), instalaciones para almacenamiento de energía e interconexión con mercados cercanos⁸². Considerando estos datos, el modelo de negocios propuesto es una excelente respuesta a los desafíos presentes y a las oportunidades potenciales.

En Dinamarca, se ha dado marcha al plan de contar con un 100% de ERNC al 2050, que contempla medidas como conversión a sistemas de calefacción “verdes”, mas ER en los edificios (construcciones) y en la actividad industrial, smart grids, mejores condiciones para la expansión de biogás, incorporación de biogás en el transporte, así como más actividades de investigación, desarrollo y demostración.⁸³⁸⁴

Se reconoce que la implementación de nuevos proyectos de ENRC constituye un objetivo estratégico (político y económico) para nuestro país dado que aportan a la independencia energética, hacen un uso intensivo de la mano de obra, forman y apoyan el desarrollo de industrias auxiliares, contribuyen a la disminución en la importación y/o uso de combustibles fósiles, y aportan a la estabilidad de precios de energía eléctrica en el largo plazo. Por ejemplo, para un mercado nacional de 2000MW en energía solar, se generarían cerca de 4000 puestos de empleo en componente solares, además de 8000 en la etapa de construcción y sobre 1000 en la operación y mantención⁸⁵.

⁸¹ Gascó. 2011

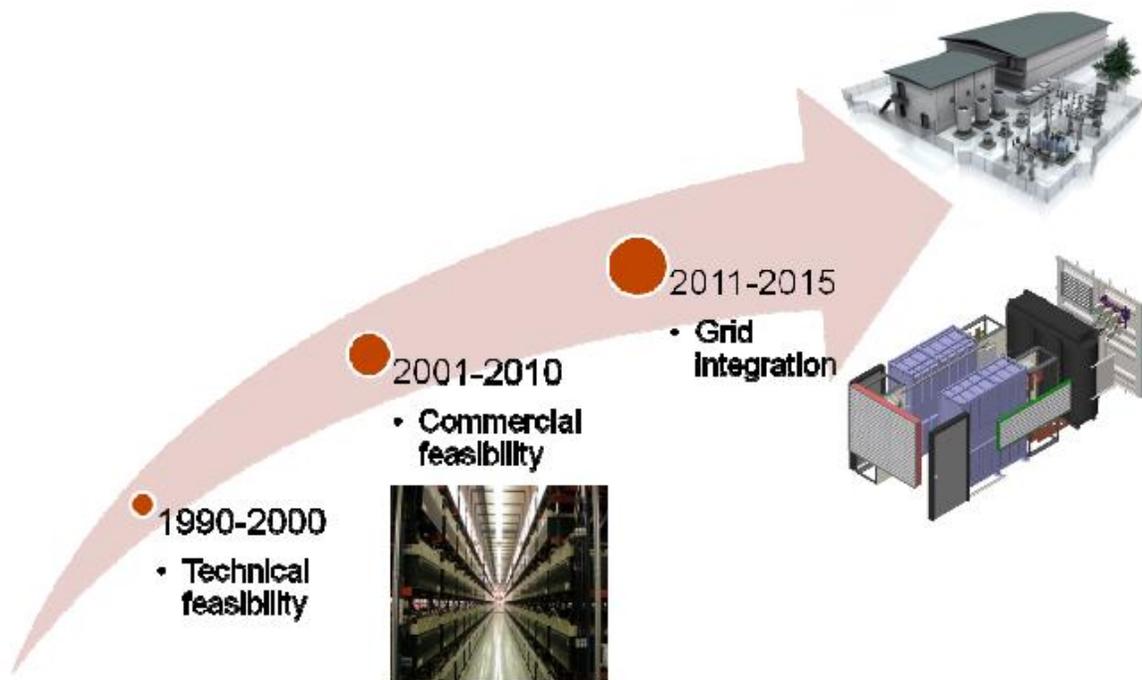
⁸² Gascó. 2011

⁸³ <http://www.pikeresearch.com/blog/denmark-aims-for-100-renewables-by-2050/>;

⁸⁴ <http://www.kemin.dk/Documents/Presse/2012/Energiaftale/FAKTA%20UK%201.pdf>

⁸⁵ Ministerio de Energía de Chile. Septiembre 2011

Figura 60. Evolución de los sistemas de almacenamiento en su integración a los smart grids⁸⁶



Diversos estudios demuestran un crecimiento sostenido e importante de las proyecciones de proyectos de PV solar a nivel mundial desde 2007⁸⁷, como se observa en el gráfico a continuación; este impulso debiera llegar también a América Latina y Chile lo que representa una señal más de la oportunidad para el modelo propuesto.

Existe una amplia gama de tecnologías disponibles y que son adaptables prácticamente a todas las realidades, geografías y contextos. La pregunta correcta es saber lo que la tecnología considerada debe hacer y no lo que debe ser; con este enfoque se puede avanzar en el desarrollo de proyectos con sentido y potencial económico, bases técnicas y sustentabilidad ambiental que permitan implementar y expandir proyectos productivos en el largo plazo.

⁸⁶ ABB Group. 2012

⁸⁷ US Department of Energy. 2008

Figura 61. Instalaciones y proyecciones de mercado de proyectos PV solar

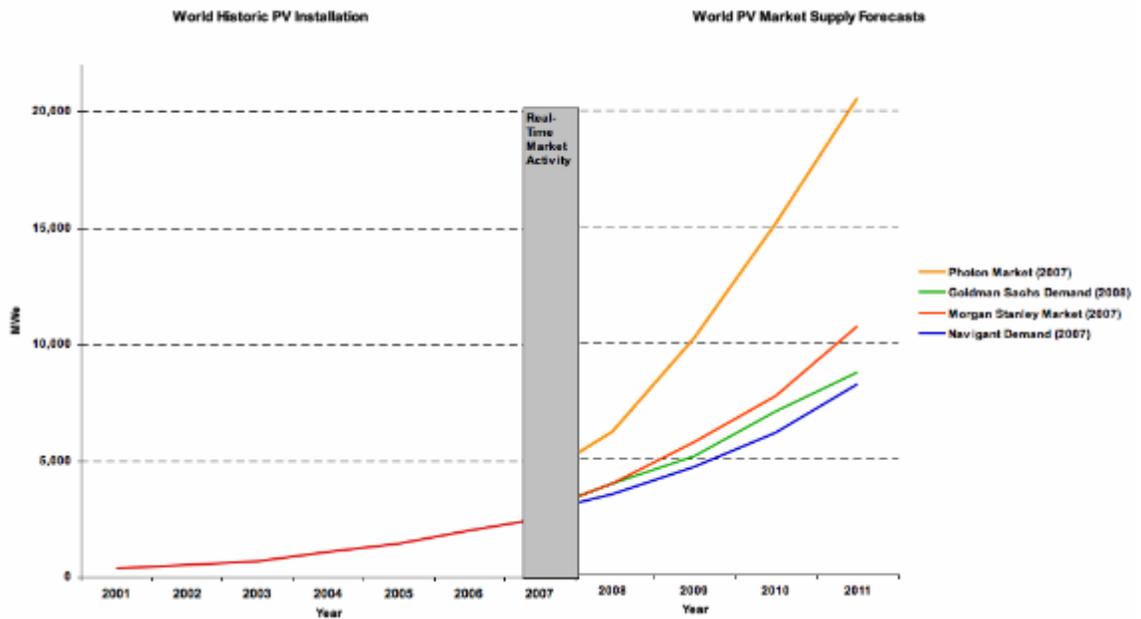
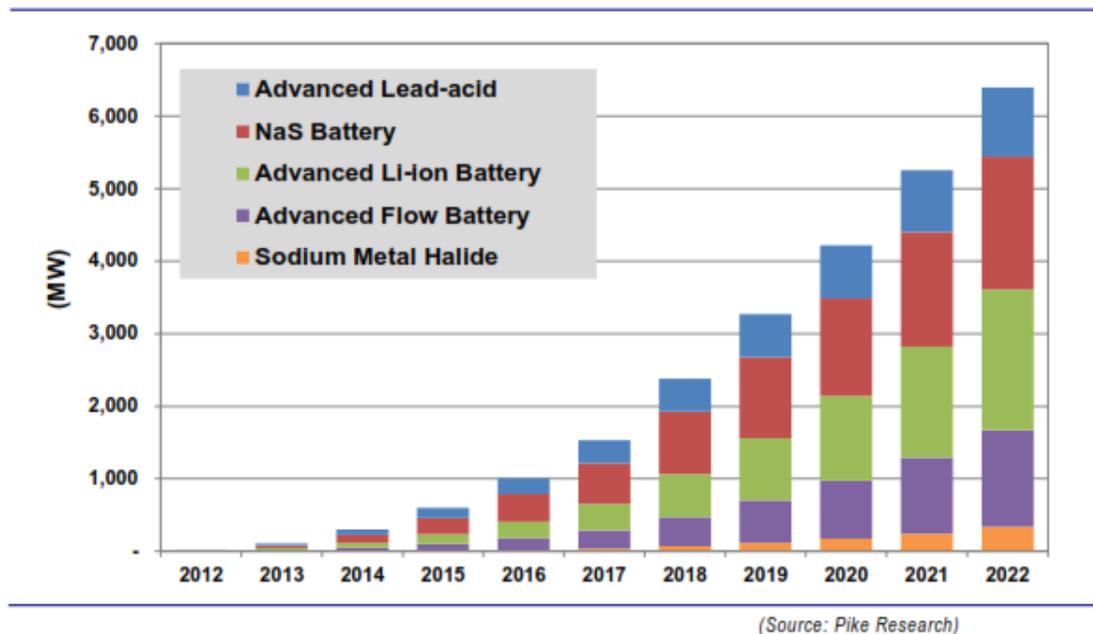


Figura 62. Capacidad instalada de baterías para grandes aplicaciones por tipo de baterías en Asia 2012-2022⁸⁸

Chart 1.1 Total Installed Capacity of Advanced Batteries for Utility-scale Applications by Technology, Asia Pacific: 2012-2022



⁸⁸ Pike Research. 2012

Según estimaciones recientes, en Chile se necesitan sobre US\$450M en transmisión para que las ERNC se unan al sistema eléctrico, considerando los 4000MW en líneas de transmisión en el SING (US\$120M) y el SIC (US\$325M), siendo el principal problema para estos proyectos el lograr acuerdos entre privados para efectuar los tendidos. En este sentido, la idea de la carretera eléctrica, considerada en la ENE, podría ayudar a destrabar la situación⁸⁹.

Figura 63. Criterios para elegir el almacenamiento energía correcto⁹⁰

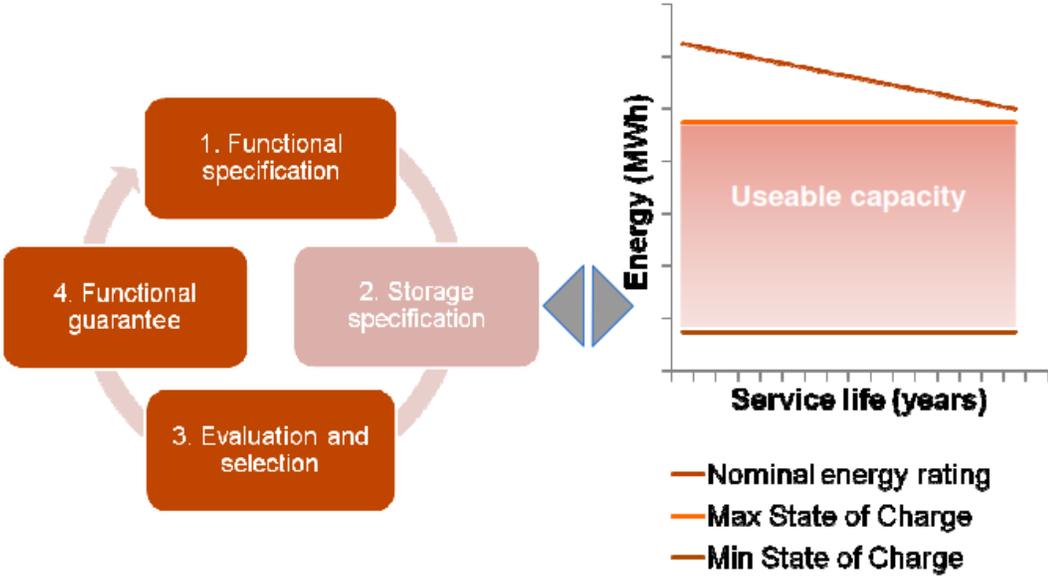
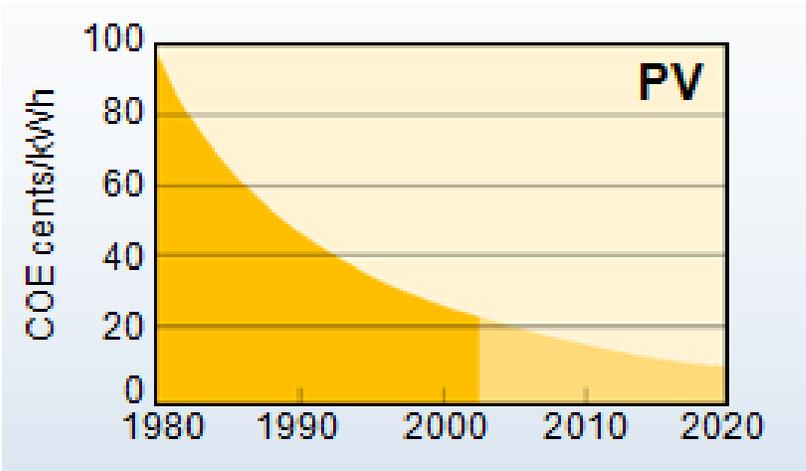


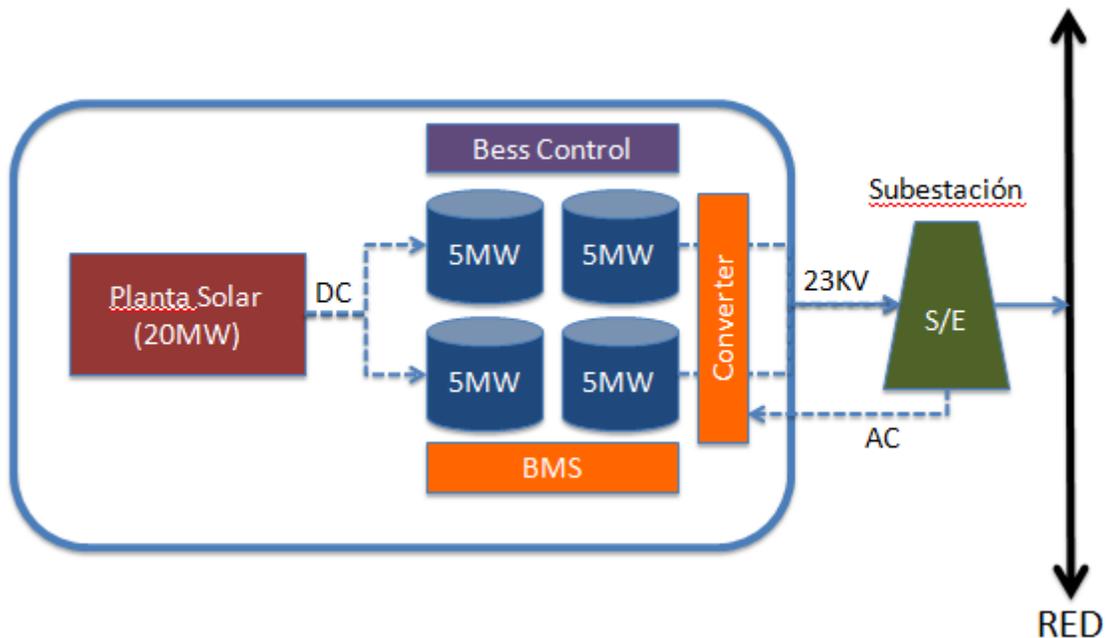
Figura 64. Tendencia de costos de ERNC (centavos US\$/KWh en dinero año 2000)⁹¹



⁸⁹ Celfin Capital. 28 Noviembre 2012
⁹⁰ ABB Group. 2012
⁹¹ NREL. 2002

Esta es una apuesta a explotar las ventajas comparativas del norte grande de Chile y generar las ventajas competitivas mediante la formación de alianzas claves, pensamiento estratégico de largo plazo y proyección internacional de una actividad innovadora, con alto valor agregado y con beneficios ambientales, sociales y económicos sostenibles

Figura 65. Propuesta conceptual: integración planta PV solar y BESS usando DC⁹²



La propuesta de este modelo tiene aun mas sentido toda vez que se considera como parte de un macro plan regional de integración energética y de un ecosistema económico y tecnológico sustentable, enlazando los actores principales de modo armonioso, con sentido económico y proyección de largo plazo. Este concepto se visualiza en la figura 72.

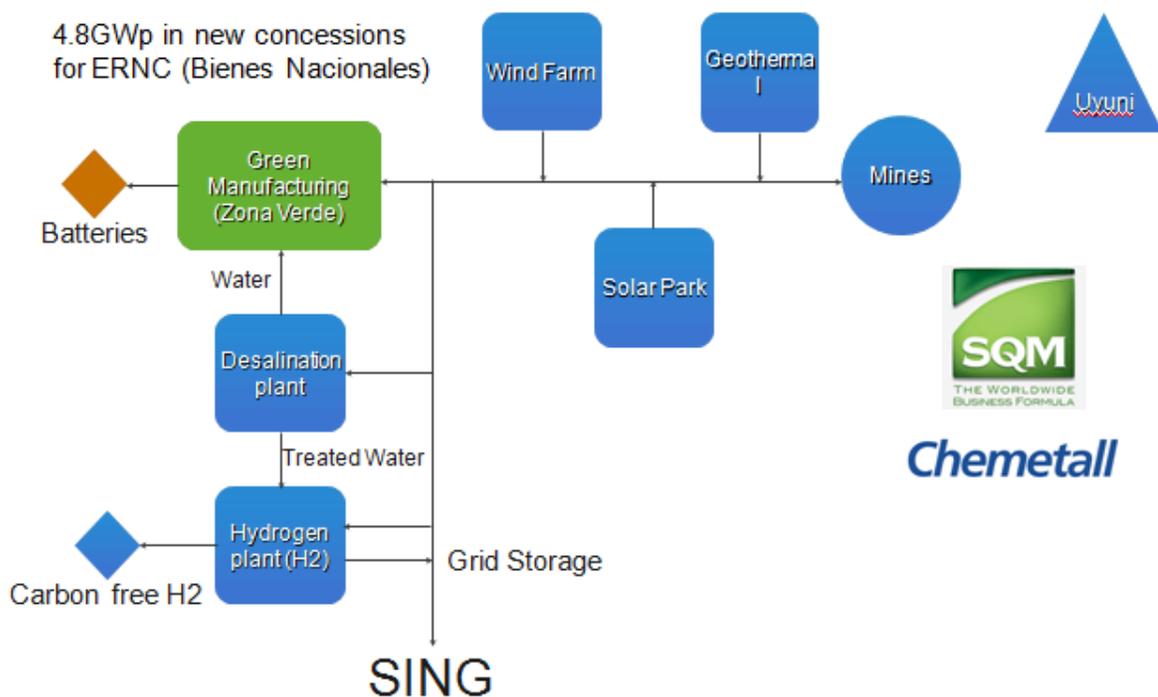
En suma, la idea es aprovechar las ventajas comparativas de Chile y generar ventajas competitivas para el desarrollo y fabricación de baterías de ión Litio de gran capacidad de almacenamiento de energía, con un modelo de patentamiento y licenciamiento de tecnología, y de producción en masa. Algunas de estas ventajas competitivas son:

- De mercado (industrial, minero y de transporte pesado): real, local, de gran consumo, creciente, interesado (por precios y aseguramiento de suministro)

⁹² Arimitsu. 2011 (a)

- Geográficas/de localización de la demanda, concentrada en las zonas con reservas y producción de Litio, de mayor radiación solar, y terrenos disponibles
- De ecosistema: Estado proactivo y promotor de proyectos innovadores (mediante agencias como Corfo, Fundación Chile y Start-up Chile), industrias interesadas en propuestas que apoyen las mejoras en eficiencia, presencia de inversores locales y extranjeros con condiciones seguras para recuperar inversiones, existencia de la Ley 16.669⁹³ (llamada Ley Arica que es un beneficio tributario destinadas a la producción de bienes o prestación de servicios en las provincias de Arica y Parinacota)

Figura 66. Ecosistema de ER⁹⁴



A su vez, se identifica una serie de beneficios (directos e indirectos, tanto de mediano como de largo plazo) asociados a este proyecto; por ejemplo:

- Mayor bienestar social: fuente de trabajo para la mano de obra local (especialmente en una zona extrema con problemas crónicos de altas tasas de desempleo); actividad industrial con un importante impacto medioambiental positivo; impacto económico y de promoción de la zona donde se instale (se considera la provincia de Arica-Parinacota) al atraer actividades
- Ecosistema virtuoso: apoyo al desarrollo y uso de las ERNC; coordinación y colaboración con los equipos que integran el CIL; encadenamiento y asociación

⁹³ http://www.prochile.cl/regiones_pro/archivos/region_1/ley_arica.pdf

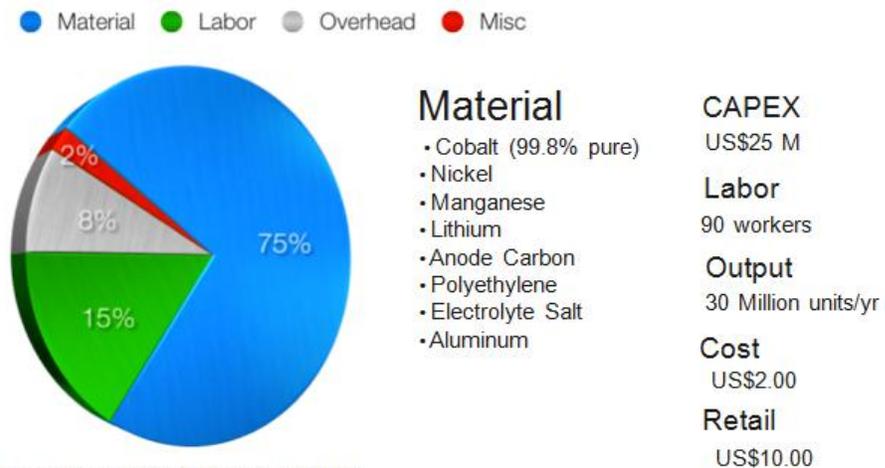
⁹⁴ Preparado en base a de Arimitsu. 2011 (b)

con las industrias objetivo; formación de alianzas con instituciones del Estado; permitiría el desarrollo y florecimiento de innovaciones complementarias relacionadas (aunque no circunscritas) al uso del Litio, de las baterías y los EVs; aportar significativamente a consolidar un ciclo virtuoso de innovación, emprendimiento y agregación de valor en Chile

- Eficiencias sistémicas: menores costos operacionales y mejoras en la gestión de la producción y del transporte, así como el reforzamiento de los beneficios ambientales, sociales y económicos mencionados. Finalmente, un elemento concreto para potenciar el establecimiento y desarrollo de las smart grids en Chile

Figura 67. Estructura de costos de fabricación de baterías en USA⁹⁵

High Power Cell - 100 amp hour



Source: DOE analysis of Japanese plant in US

Las acciones relacionadas a las medidas para implementar y potenciar el establecimiento de smart grid y de producción sustentable están en línea con las recomendaciones de expertos mundiales sobre acciones en eficiencia energética para las industrias minera y metálica⁹⁶ en según lo plantea un informe reciente que identifica seis acciones prioritarias que ambas industrias deben adoptar para ser más eficientes energéticamente, promover combustibles alternativos y avanzar en sus oportunidades de negocios en el mercado de la energía sustentable.

Estas acciones tienen que ver con el trabajo en conjunto con gobiernos y empresas eléctricas locales; mejorar la EE de las operaciones existentes; desarrollar consideraciones energéticas de avanzada para el diseño y desarrollo de nuevos activos y operaciones; diversificación del portafolio para el desarrollo de productos y generación de materiales que conduzcan la EE y el uso de energías renovables; usar y procesar

⁹⁵ Preparado en base a de Arimitsu. 2011 (b)

⁹⁶ http://www.accenture.com/us-en/Pages/insight-sustainable-energy-metals-mining-industry.aspx?c=glb_acnemaalert_10000386&n=emc_0812&emc=19656690:emc-112712

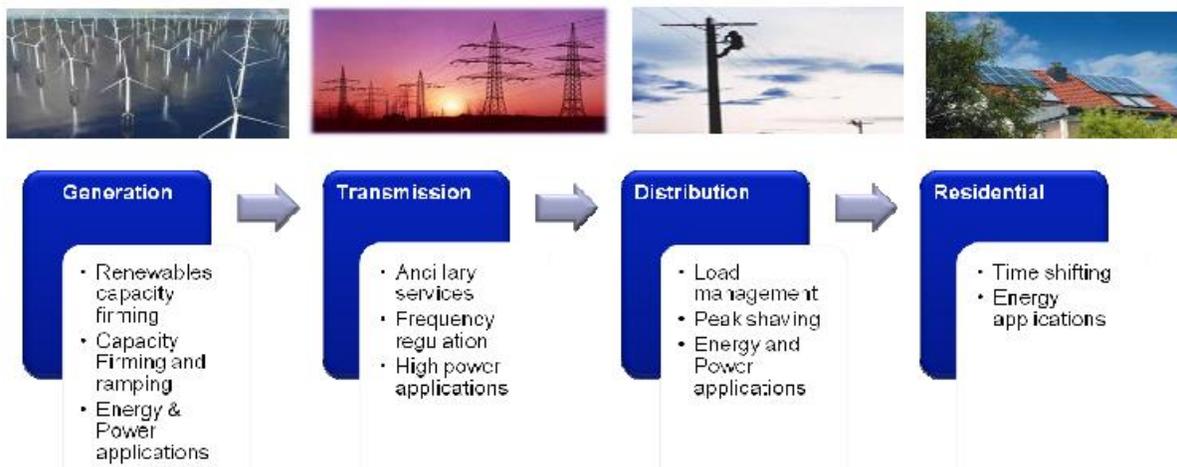
subproductos como fuentes combustibles, y el uso de mas fuentes de energía renovable para suplir las necesidades energéticas operacionales.

En este sentido, el modelo de negocios propuesto va en la dirección correcta al aprovechar las condiciones existentes y proponer medidas que solo impactan positivamente al sistema como un todo desde todo punto de vista. Un proyecto de este tipo traería beneficios, directos e indirectos, en áreas como reducciones de costos, aumento de ingresos, manejo del riesgo y potenciamiento de marca, así como mejoras importantes en los niveles de gestión operacional y ambiental.

Figura 68. Impacto de la inversión en ERNC sobre la economía local⁹⁷



Figura 69. Cadena de valor del almacenamiento de energía. Lugares y razones⁹⁸



⁹⁷ Ministerio de Energía de Chile. 7 Octubre 2011

⁹⁸ ABB Group. 2012

Considerando todos estos beneficios, la formación de alianzas con los actores claves es altamente factible, acciones que considerarían, por ejemplo, la firma de convenios y precontratos de colaboración (cartas de intención, memorandos de entendimientos, NDA, patentamiento de propiedad intelectual y licenciamiento de tecnologías) con empresas e instituciones nacionales y extranjeras como ya se ha mencionado.

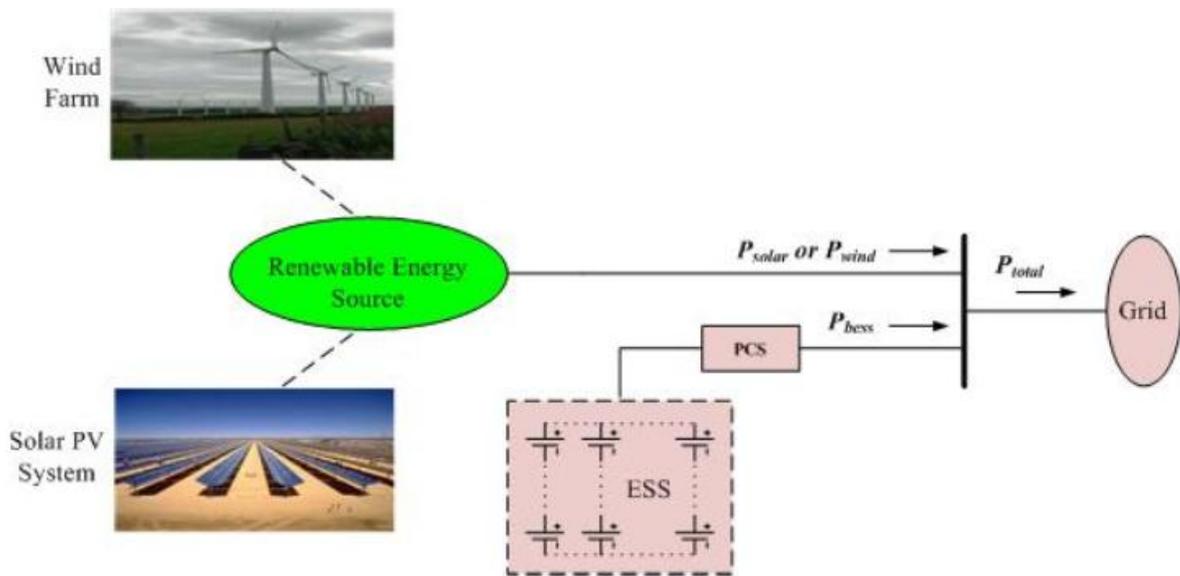
Aspectos claves a manejar serán el desarrollo de tecnologías y protección de la propiedad intelectual involucrada a nivel mundial, y la necesidad de potenciar el establecimiento de este proyecto desde un principio, dadas las potencialidades de expansión internacional y del desarrollo de proyectos complementarios (de gran envergadura y largo plazo) que puedan surgir a partir del mismo. Por ejemplo, el acoplamiento a la industria de los EVs y de la telefonía celular mediante la fabricación de baterías y otros insumos requeridos por estas empresas y que hagan uso de una tecnología similar que sea factible de fabricar en la planta.

En definitiva, se considera como un modelo que aporta al desafío nacional para hacer de Chile un país desarrollado al 2020, en la medida que contribuye a la innovación tecnológica, aporta a la integración energética y, eventualmente, aumenta la demanda de capital humano y de puestos de trabajo calificado en las áreas técnicas y profesionales.

8. RESULTADOS

En Chile están dadas todas las condiciones para que este modelo tenga una oportunidad real de concreción. Por un parte, está la demanda energética (actual y potencial) de grandes clientes ubicados en una misma macro zona. Por otra parte, se enfrenta un escenario de precios elevados y al alza de la energía eléctrica. Además, se cuenta con radiación solar para proyectos de PV y terrenos disponibles en la zona norte de Chile. Finalmente, existe la institucionalidad que posibilita el establecimiento y desarrollo de emprendimientos innovadores en materia de ERNC.

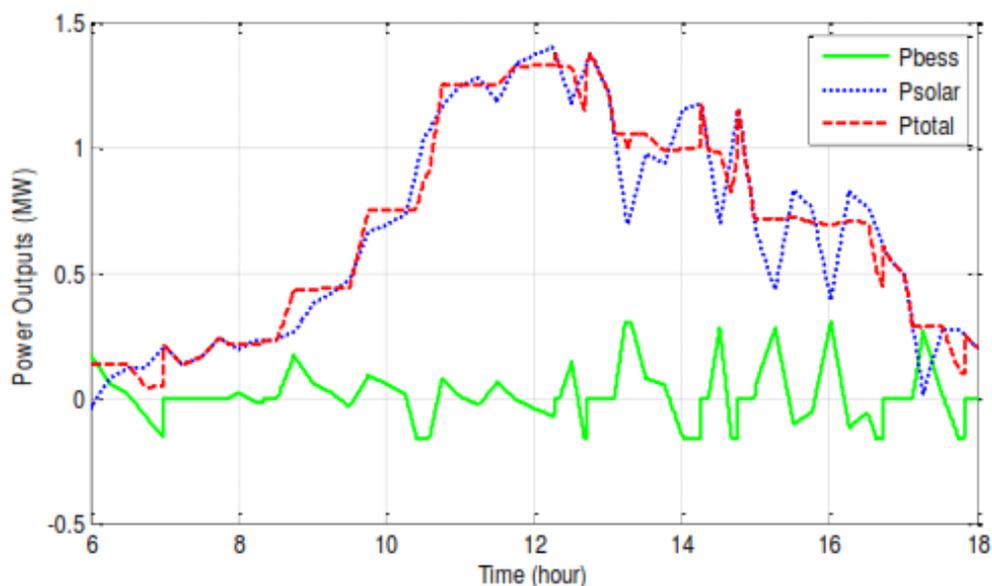
Figura 70. Integración de BESS a fuentes de energía renovable⁹⁹



La alimentación de los BESS con energía solar permite la estabilización del suministro de energía a los clientes y a la red.

⁹⁹ Teleke. 2011

Figura 71. Curvas de desempeño de descarga de BESS + planta PV solar



Como lo señalan Morel y Alée en su informe, los costos de las baterías de alto rendimiento es difícil de definir y en todos los modelos de proyección de costos, los materiales son el ítem más relevante de las celdas con tres cuartas partes del costo total¹⁰⁰. Estimaciones al respecto se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 4. Estructura de costos en la fabricación de baterías de ión Litio¹⁰¹

Nivel de integración	Categoría del costo			Total (%)
	Materiales	Manufactura	Otros	
Celda	87%	2.7%	10.3%	75.0
Modulo	91.1%	8.8%	0%	3.6%
Paquete	38.5%	2%	59.5%	21.4%
Aporte Total	76.7%	2.8%	20.5%	100.0%

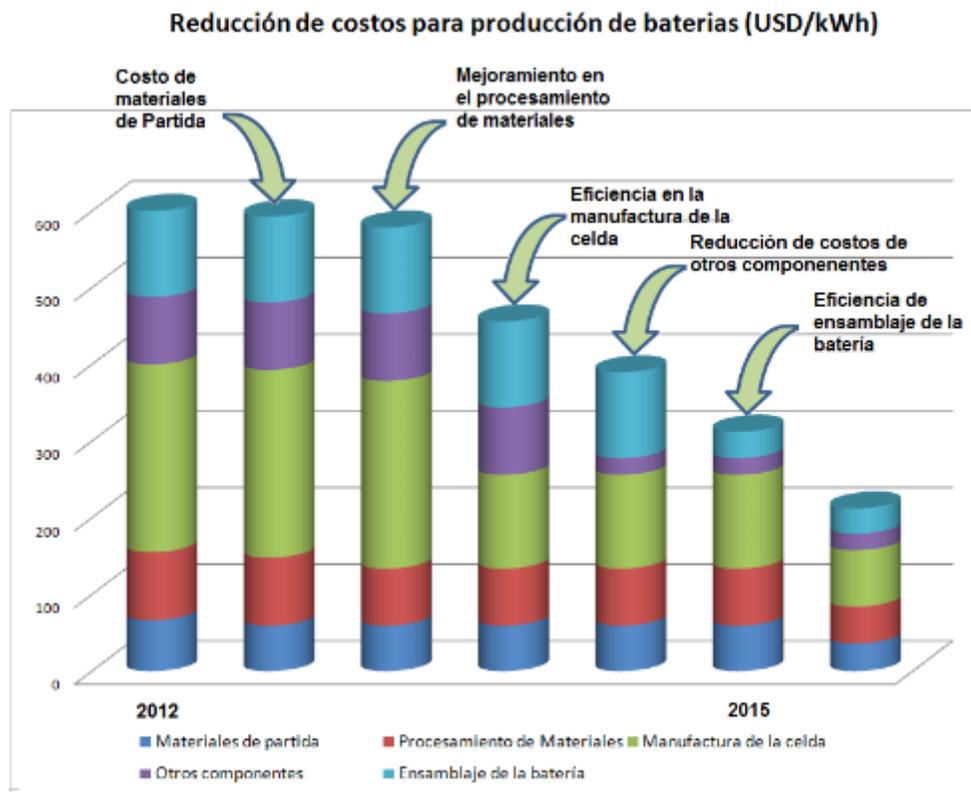
Se proyecta que este nivel de costos disminuya, como lo ha hecho hasta la fecha, a niveles tres veces menor hacia 2015, gracias a la adopción masiva de tecnologías, los aumentos de producción y menores costos de los materiales asociados¹⁰².

¹⁰⁰ Morel y Alée. 2012

¹⁰¹ Morel y Alée. 2012

¹⁰² Morel y Alée. 2012

Figura 72. Reducción de costos para producción de baterías 2012-2015



Estudios de proyectos similares de BESS arrojan ROI cercanas a 13% anuales, asumiendo proyectos de 8MW con 32 MWh y niveles de inversión de US\$25M¹⁰³.

Estimaciones a cinco años de proyectos similares, indican que con precios del orden de US\$300/Kwh y con una producción de 200MW/año, los ingresos brutos bordearían los US\$60M; considerando un 30% margen bruto, esto significa ingresos de US\$18M anuales. En base a las experiencias nacionales en materia de BESS¹⁰⁴, estas estimaciones serían conservadoras y habría espacio para al menos triplicar la capacidad instalada con iniciativas de este tipo.

¹⁰³ Teleke. 2011

¹⁰⁴ http://www.revistaei.cl/noticias/index_neo.php?id=31365

Tabla 5. Flujos estimados para proyectos BESS¹⁰⁵

Value Stream	Avoided Cost/Revenue	Unit	Explanation of Calculation	Yearly Avoided Cost/Revenue (\$)
Hourly Dispatch [21]	5.00	\$/MWh	60 MW wind farm with 30% capacity factor	\$788,400.00
Curtailment Mitigation	47790.00	\$	Prevention of about 1500 MWh wind curtailment	\$47,790.00
Frequency Regulation [22]	36.43	\$/MWh	8 MW for 15 min	\$638,253.60
Voltage Regulation [23]	30.00	\$/MWh	20% more power transfer	\$946,080.00
Reserve Capacity [22]	6.32	\$/MWh	10% of 32 MWh battery	\$177,162.24
Delay in line upgrade	309417.14	\$	Delay of upgrade for a line of around 30 miles length	\$309,417.14
Peak Shaving [24]	121000.00	\$/MW	25% of 8 MW Energy Storage	\$242,000.00
			Total Avoided Cost/Revenue per year	\$3,149,102.98
			ROI in one year	12.60%

Para hacerlos más económicamente viables, los proyectos BESS debieran ser usados como multipropósito (mitigación de la intermitencia, regulación de voltaje y soporte reactivo, mejorar la capacidad de factor)¹⁰⁶.

¹⁰⁵ Teleke. 2011

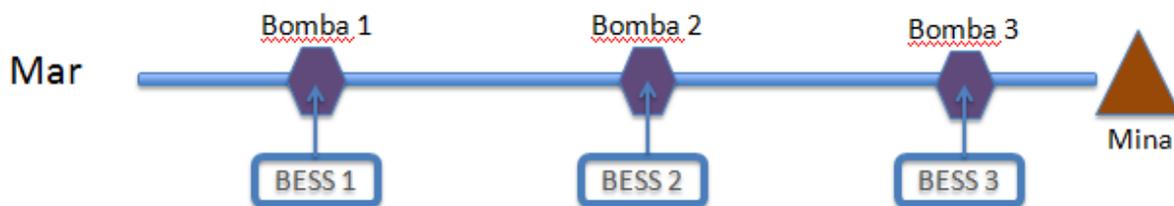
¹⁰⁶ Teleke. 2011

Tabla 6. Cartera de proyectos ERNC en Chile (a Abril 2012)¹⁰⁷

Estado	Operación	Construcción	SEIA	
			RCA aprobada, sin construir	En calificación
Mini-Hidráulica	260	64	226	110
Eólica	205	100	2501	935
Biomasa	270	170	69	7
Solar	0	1	685	1903
Geotermia	0	0	0	120
Total	734	336	3481	3075

Posibles aplicaciones de las BESS consideradas en este modelo se refieren al abastecimiento de energía para estaciones de bombeo para la industria minera (para el transporte de agua desde nivel del mar a operaciones minera en altura), y de alimentación de data centers y otras instalaciones, maquinarias y equipamientos en escenarios de alta complejidad; ambos casos se presentan de manera grafica a continuación¹⁰⁸.

Figura 73 Aplicación de las BESS a partir del modelo: estaciones de bombeo¹⁰⁹



El segundo ejemplo de aplicación de las BESS es como abastecedor ininterrumpido de energía eléctrica para escenarios de alta complejidad (por ejemplo, data centers de observatorios astronómicos).¹¹⁰

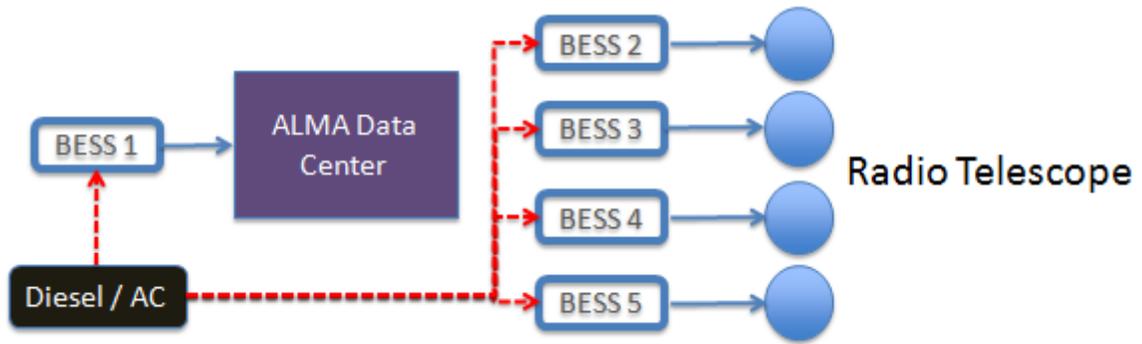
¹⁰⁷ Ministerio de Energía de Chile. Septiembre 2011

¹⁰⁸ Arimitsu. 2011 (a)

¹⁰⁹ Arimitsu. 2011 (a)

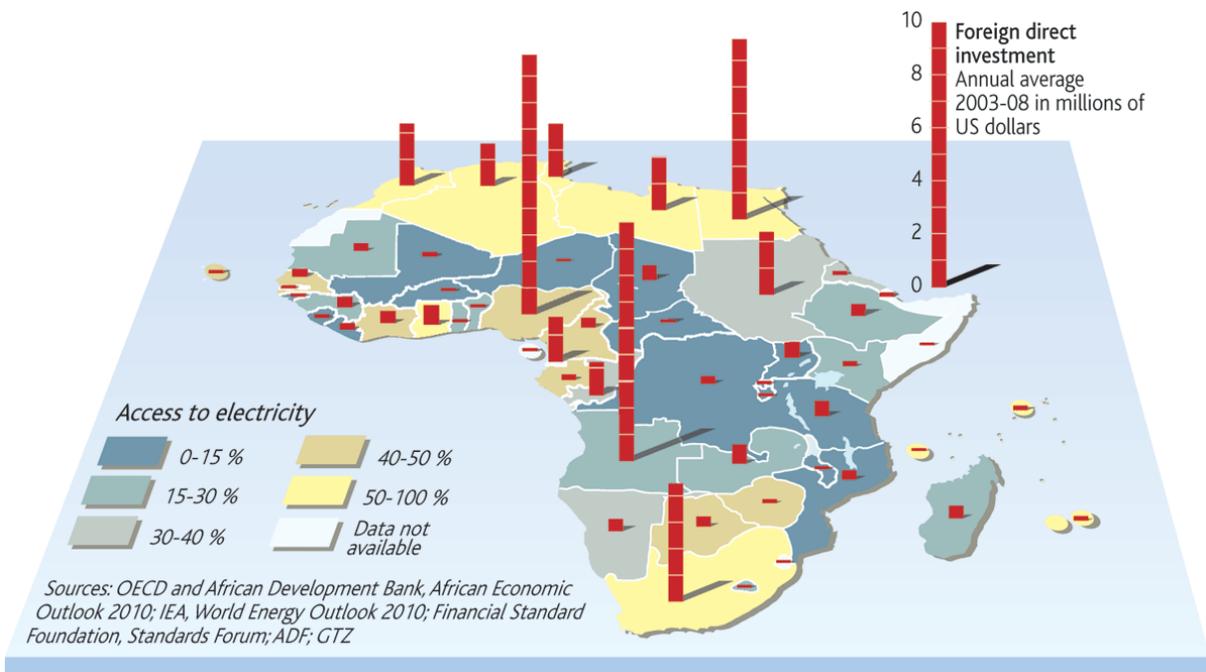
¹¹⁰ Arimitsu. 2011 (a)

Figura 74. Aplicación de BESS a partir del modelo propuesto¹¹¹



Con las unidades producidas por este modelo se daría origen a, al menos, tres alternativas de negocios viables: BESS que funcionen como unidades estacionarias en sitios como minas y operaciones industriales; BESS móviles que se puedan trasladar junto a las maquinarias a las cuales le prestan servicios de provisión/almacenamiento de energía (por ejemplo, grandes maquinas perforadoras), y BESS como unidades de almacenamiento de energía simplemente. Esto pudiera desarrollarse como un cuarto eslabón en el mercado eléctrico de Chile, trabajando en paralelo a la transmisión y potenciando el sistema mediante la incorporación de un cuarto actor: generadoras – transmisión/almacenamiento– distribución.

Figura 75. Mapa de acceso a electricidad en África y niveles de FDI en proyectos de electricidad

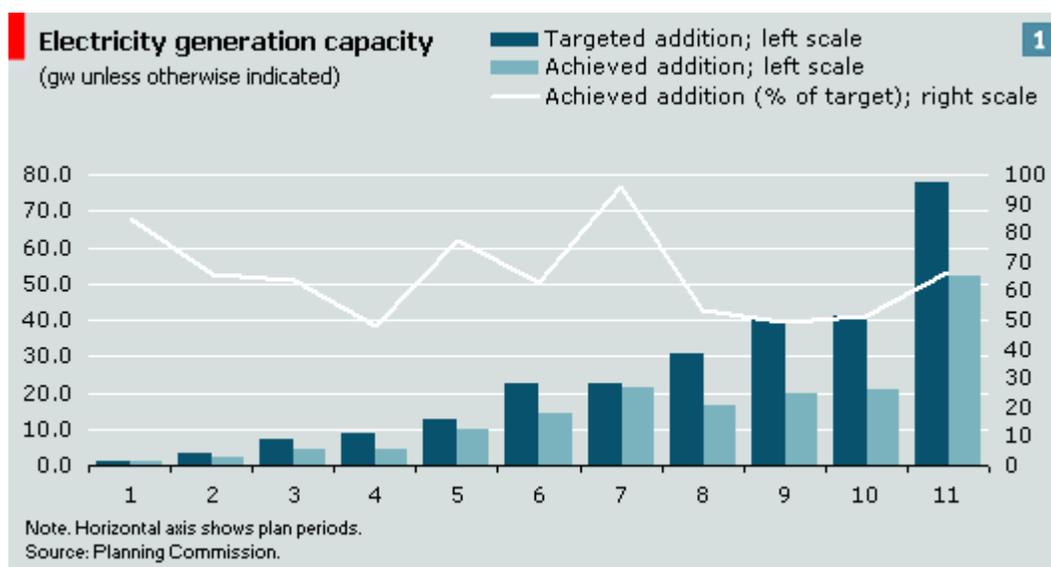


¹¹¹ Arimitsu. 2011 (a)

Esta área de negocios (el almacenamiento de energía) traería nuevas oportunidades en apartadas zonas rurales del país y, como iniciativa innovadora, podría exportarse su modelo y aplicación a otros países de la región y de otras regiones en desarrollo, como ya se plantea en África con propuestas similares en lo que se conoce como portable grid, nicho que podría significar un interesante negocio en América Latina y África Sub-Sahariana, por ejemplo¹¹²¹¹³¹¹⁴. China se convierte en una buena alternativa para exportar las unidades y replicar el modelo, dados los desafíos energéticos que enfrenta y los espacios que quedan de oferta sin cumplir.¹¹⁵

El mercado de los EVs también es un objetivo a alcanzar en el mediano plazo y una vez que se desarrollen todas las competencias en la fabricación de las BESS y se avance a la producción de unidades iguales o menores a 50KW. Esto avanzaría en paralelo a los desarrollos propios de la industria de los EV lo que significa un gran potencial en nuevos mercados y desafíos comerciales¹¹⁶. Esto posibilitaría su desarrollo e integración al ecosistema de innovación y agregación de valor de los EV¹¹⁷. El análisis planteado reconoce la importancia de Brasil como uno de los mercados solares con más rápido crecimiento y que son objetivos de los fabricantes de paneles y otras tecnologías solares¹¹⁸

Figura 76. Capacidad de generación eléctrica en China por programas quinquenales¹¹⁹



¹¹² <http://www.bbc.com/future/story/20120308-powering-up-africa-by-battery?selectorSection=science-environment>

¹¹³ <http://egg-energy.com/>

¹¹⁴ <http://www.iea.org/weo/electricity.asp>

¹¹⁵ The Economist, Agosto 2012

¹¹⁶ <http://www.bbc.co.uk/news/business-16500944>

¹¹⁷ <http://www.bbc.com/future/story/20120312-wireless-highway-to-charge-cars?selectorSection=science-environment>

¹¹⁸ <http://www.ft.com/intl/cms/s/0/fa36c6de-9461-11e1-bb47-00144feab49a.html#axzz1yBHyd9VT>

¹¹⁹ The Economist. 2011

En suma, el proyecto resulta ser técnicamente factible, económicamente rentable y estratégicamente conveniente. Inicialmente, la primera etapa a desarrollar en este proyecto es la etapa de prototipo para lo cual hay pendientes aspectos tales como:

- Estructura de costos
 - Inversión inicial (lugar, equipamiento y tecnología)
 - Equipos de trabajo
 - Materiales
 - Ingeniería y desarrollo
 - Otros (administración, comunicaciones)
- Determinación de los ingresos
 - Venta y arriendo de unidades
 - Venta de energía eléctrica
 - Producción de unidades (modelo de licenciamiento)
- Ubicación geográfica ideal (enlace al ecosistema I+D+i)
- Determinación del potencial de mercado en Chile y proyecciones internacionales

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Chile tiene un mercado de la energía de precios altos y crecientes; una matriz progresivamente centrada en fuentes térmicas no renovables - carbón y petróleo - especialmente en el SING, y una legislación y normativas técnicas cada vez más exigentes para proyectos con impacto ambiental considerable. Hoy existe una mayor presión social sobre mega proyectos energéticos y de cualesquier fuentes de contaminación. Este escenario es complejo y para enfrentarlo exitosamente se requieren de acciones conjuntas y de una visión de largo plazo. Es preciso tomar acciones en el corto plazo, orientadas por la autoridad y con apoyo transversal de los principales actores involucrados, dado que el encarecimiento de la energía repercute directamente en los costos de producción de las industrias y, por ende, en la competitividad nacional.

En el norte grande de Chile (entre las regiones de Arica y Parinacota hasta la de Coquimbo) existe abundancia de recursos naturales y de terrenos disponibles para proyectos en ERNC, además están las empresas mineras que son grandes consumidores de electricidad. Existe un creciente ecosistema de innovación y líneas de apoyo al emprendimiento y a las ERNC, a la vez que se ha dado un nuevo impulso a la industria del litio y existe conciencia política sobre la importancia de este recurso (aunque no un consenso sobre su carácter estratégico). Por lo tanto, se conjuga la existencia de tres aspectos claves: disponibilidad y abundancia de recursos (radiación solar, terrenos, litio); grandes usuarios con una alta demanda y sostenible en el largo plazo, e incentivos administrativos y económicos para propuestas de ERNC innovadoras que generen valor agregado y nuevas capacidades en el país.

Dado que en las operaciones mineras e industriales, es necesario un suministro estable, seguro y de calidad de energía la energía eléctrica, este modelo de negocios contribuiría a aumentar la confiabilidad en el sistema de transmisión y distribución, al poner a disposición de ambos sistemas, unidades BESS de 50MW capaces de entregar energía en momentos de mayor demanda, ayudando al peak shaving, y actuando como almacenadores de energía durante todos aquellos periodos en que hay suficiente producción de energía en plantas generadoras de PV solar. El modelo propuesto es técnicamente viable, comercialmente rentable, y estratégicamente conveniente (aseguramiento energético, instalación de capacidades, agregación de valor, encadenamiento productivo). Existen todos los elementos necesarios (de oferta y demanda, de incentivos y de marco regulatorio) para evaluar favorablemente una iniciativa de este tipo. Estimaciones a cinco años, con precios de US\$300/Kwh y producciones de 200MW/año, arrojan ingresos de US\$60M/año y márgenes de US\$18M anuales.

Este modelo se orienta a potenciar una rápida incorporación de ERNC al SING, a aumentar la participación ERNC en la matriz energética nacional, y a traer beneficios a nivel país de largo plazo. Lo anterior se complementa con las características de escalabilidad e internacionalización del proyecto, permitiendo llevar la solución a zonas cuyas demandas de suministro eléctrico están insatisfechas –en países en desarrollo de América Latina y regiones emergentes de Asia y África¹²⁰-, a la vez que tiene un

¹²⁰ http://www.accenture.com/us-en/outlook/Pages/outlook-journal-2012-catching-asean-wave.aspx?c=glb_acnemaalert_10000151&n=emc_0212

potencial multipropósito (almacenamiento, generador y/o distribuidor de energía eléctrica).

Por último, permite la creación de nuevas oportunidades de negocios -de carácter exportable e factible de internacionalizar- en el rubro energético. Un caso es el de unidades móviles que puedan actuar como almacenadores y distribuidores de energía en áreas lejanas a la infraestructura de transmisión y generación.

En cuanto a las recomendaciones, se necesita un análisis completo referido a las alternativas propuestas por el modelo y a la integración de este proyecto dentro de un marco público-privado mayor de alcance y coherente con las estrategias energéticas, de innovación y de emprendimiento de Chile. Se sugiere la formación de un equipo de trabajo acorde al desafío técnico y económico, la formalización de la empresa, el acceso a todas las fuentes de financiamiento disponibles a nivel nacional e internacional, y un serio esfuerzo para conformar alianzas estratégicas de largo plazo con los actores involucrados que permitan viabilidad y sustentabilidad.

También se recomienda la realización de un plan de negocios con un análisis económico y financiero detallado, y la revisión de los supuestos asumidos por este modelo para avanzar en la etapa de prototipo BESS. Se deben aclarar todos los pasos antes de pasar a etapas relacionadas con la protección de la propiedad intelectual de las tecnologías en desarrollo, firma de los NDA y los procesos de licenciamiento requeridos. Igualmente, se necesita la participación continua de consultores y asesores para los aspectos técnicos, comerciales y organizacionales. Finalmente, y con todo lo anterior en lugar, se pueden iniciar rondas de presentación con potenciales inversores nacionales e internacionales.

BIBLIOGRAFIA

- (1) A123 Systems Grid Solutions. [2010]. SGSS Brochure [brochure] USA. Texto en inglés. 4p.
- (2) ABB Group. 2012. BESS Overview – Components, Drivers, Application. En: IEEE PES Meeting in Chicago: 8 Feb 2012. Chicago, USA. 55p.
- (3) AGENCIA Peruana de Noticias. 2011. Ecuador se prepara para exportar energía eléctrica a la Unasur [en línea]. América Economía en Internet. 13 de noviembre, 2011. <<http://www.americaeconomia.com/negocios-industrias/ecuador-se-prepara-para-exportar-Energía-electrica-la-unasur>> [consulta: 13 noviembre 2011]
- (4) ARIMITSU, K. [2011]. BESS Chile concepto [documento Power Point] Texto en inglés. 4p.
- (5) ARIMITSU, K. 2011. Carbon Neutral Manufacturing. En: TALLER CIL Fase 0. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. 9p.
- (6) BBC. 2011. No let up in greenhouse gas rise. [en línea] BBC News en Internet. 21 de noviembre, 2011. <<http://www.bbc.co.uk/news/science-environment-15820162>> [consulta: 21 noviembre 2011]
- (7) BBC. 2011. Revamp for India's Tata Nano - the world's cheapest car. [en línea]. BBC News en Internet. 21 de noviembre, 2011. <<http://www.bbc.co.uk/news/world-asia-15815850>> [consulta: 21 de noviembre de 2011]
- (8) BREEZE, P. [2009]. The Future of Electrical Energy Storage. The economics and the potential of new technologies [business report]. USA. Business Insights. Texto en inglés. 138p.
- (9) BREEZE, P. [2009]. The Intelligent Grid and Renewable Integration. Technology developments, key costs and the future outlook [business report]. USA. Business Insights. Texto en inglés. 103p
- (10) CENTRAL ENERGIA. 2012. Centrales [en línea] <http://www.centralenergia.cl/centrales/> [Consulta: 20 junio 2012]
- (11) COMISION de Minería y Energía, Senado de Chile. [2012]. Informe de la industria del Litio en Chile [documento oficial] Valparaíso, Chile. Texto en español. 75p.
- (12) CORFO-InvestChile. [2009] Renewables in Chile. Investment opportunities and project financing. Project Directory 2009 [document corporativo]. Corfo. Santiago, Chile. Texto en inglés. 128p.
- (13) DANISH Ministry of Climate, Energy and Building. [2012]. DK Energy Agreement, March 2012 [documento oficial]. Dinamarca. Texto en inglés. 4p.

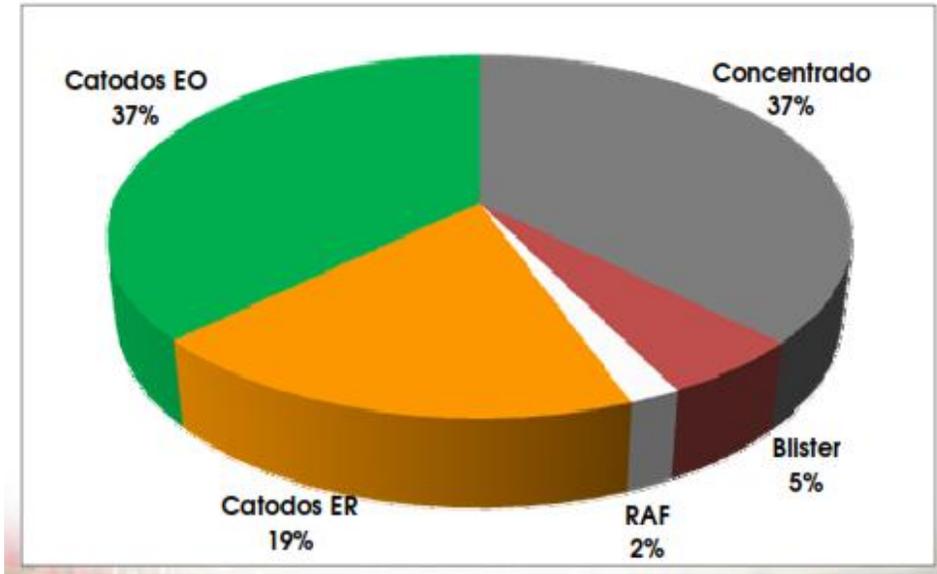
- (14) ELECTRIC VEHICLE News. 2011. New Battery Electrode is World's Lightest Material. [en línea] Electric Vehicle News en Internet. 21 de noviembre, 2011. <http://electric-vehicles-cars-bikes.blogspot.com/2011/11/new-battery-electrode-is-worlds.html?utm_source=feedburner&utm_medium=email&utm_campaign=Feed%3A+blogspot%2FpEcq+%28Electric+Vehicles%29> [consulta: 21 noviembre 2011]
- (15) FUTURE Brand. 2011. Ránking global, marca país. [en línea]. América Economía en Internet. 21 de noviembre, 2011. <<http://rankings.americaeconomia.com/2011/marca-pais/esp/ranking-global.php>> [consulta: 20 marzo 2012]
- (16) GASCO, C. 2011. Global trends in Renewables and the Chilean Context. En: SEMINARIO INTERNACIONAL de energías renovables. 3 de septiembre de 2011. Santiago de Chile. IEA/OECD. 24p.
- (17) KINVER, M. 2011. Climate concerns as 'ozone-friendly' HFCs use grows. [en línea]. BBC News en Internet. 21 de noviembre, 2011. <<http://www.bbc.co.uk/news/science-environment-15818659>> [consulta: 21 noviembre 2011]
- (18) LAS ENERGIAS renovables no convencionales en el mercado eléctrico chileno. 2009. Por Rodrigo Palma "et al". Santiago de Chile. ByB Impresores. 146p.
- (19) MINERIA CHILENA. 2012. Santiago, Chile. (369)
- (20) MINISTERIO de Energía de Chile. 2011. Chile y los dilemas de su política energética. En: PRESENTACION AL Senado de la Republica de Chile. 14 de septiembre de 2011. Valparaíso, Chile. 28p.
- (21) MINISTERIO de Energía de Chile. 2012. Estrategia Nacional de Energía 2012-2030. Energía para el futuro. Ministerio de Energía de Chile. 38p.
- (22) MINISTERIO de Energía de Chile. 2012. Estrategia Nacional de Energía 2012-2030. Energía para el Futuro. En: ENCUENTRO NACIONAL de ERNC 2012. Mayo de 2012. Santiago, Chile. 29p.
- (23) MINISTERIO de Energía de Chile. 2011. La encrucijada energética de Chile. Los desafíos del desarrollo. En: SEMINARIO LA encrucijada energética de Chile. 7 de octubre de 2011. Santiago. 45p.
- (24) MINISTERIO de Energía de Chile. [2011]. Situación energética Sistema Interconectado Norte Grande. [documento Power Point]. Antofagasta, Chile. Texto en español. 20 de octubre de 2011. 28p.
- (25) MOREL, M. y ALEE, J. [2012]. Requerimientos y actualidad en el desarrollo de baterías de baterías de ion-Li para vehículos eléctricos. 2012 LIB evolution update. [informe Centro de Innovación del Litio]. Santiago, Chile. Universidad de Chile. Texto en español. 26 de mayo de 2012. 30p.
- (26) NATIONAL RENEWABLE Energy Laboratory. [2002]. Renewable energy cost trends. [documento Power Point]. USA. Octubre 2002. Texto en inglés. 3p.

- (27) PIKE RESEARCH. [2012]. Energy Storage in Asia Pacific. National Policy, Industry Analysis, Technology Development, and Market Forecasts. 4Q 2012 [resumen ejecutivo; documento corporativo]. Boulder CO, USA. Texto en inglés. 14p.
- (28) PIMENTEL, S. 2009. Consumo de Energía y emisiones de gases de efecto invernadero de la minería del cobre de Chile. En: FORO ELECTRICO del SING. 7 de octubre de 2009. Antofagasta, Chile. 20p.
- (29) TELEKE, S. [2011]. Energy storage overview: Applications, Technologies and Economical Evaluation [reporte corporativo]. Raleigh NC, USA. Quanta Technology. Texto en inglés. 11p
- (30) THE ECONOMIST. 2011. Lessons of design learned from nature. [en línea] The Economist en Internet. 9 de noviembre, 2011. <<http://www.economist.com/blogs/prospero/2011/11/ga-michael-pawlyn>> [consulta: 9 noviembre 2011]
- (31) U.S. Department of Energy. [2008]. Multi year Program Plan 2008-2012. Solar Energy Technologies Program. [documento oficial]. 15 de abril de 2008. Texto en inglés. 125p.
- (32) VALGESTA Energía. [2011]. Impacto de las energías renovables en la operación del sistema. Informe final. [reporte corporativo]. Santiago, Chile. Marzo 2011. Texto en español. 43p.
- (33) VARTANIAN, C. [2010]. Grid Stability Battery Systems for Renewable Energy Success [business report]. USA. Texto en inglés. 4p.

ANEXOS

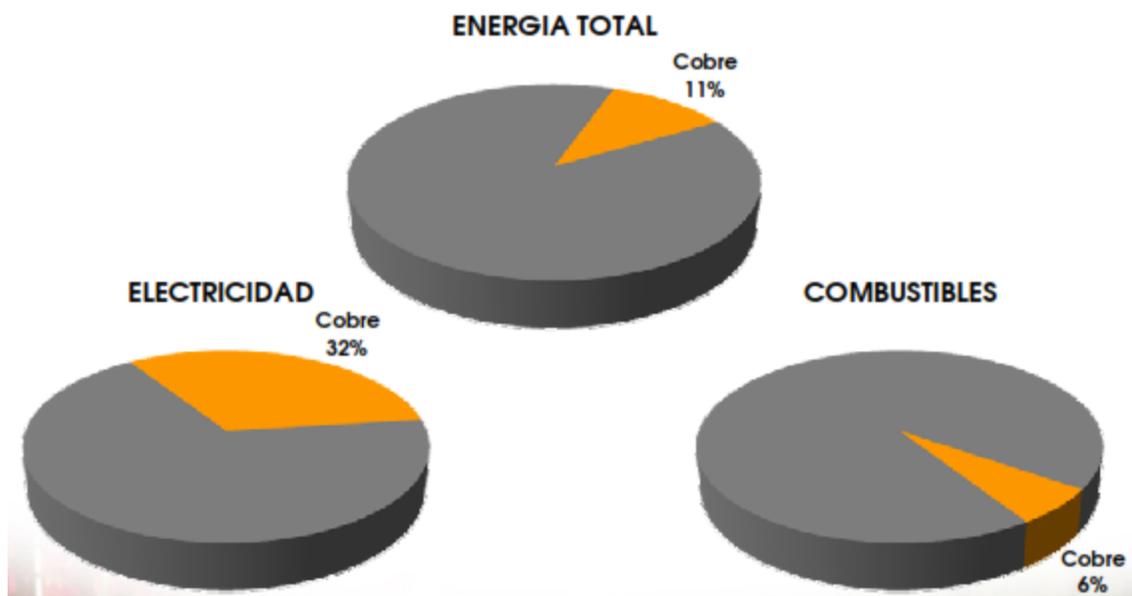
ANEXO A. Producción minera y energía en Chile

Anexo A - 1. Canasta producción minera Chile 2008



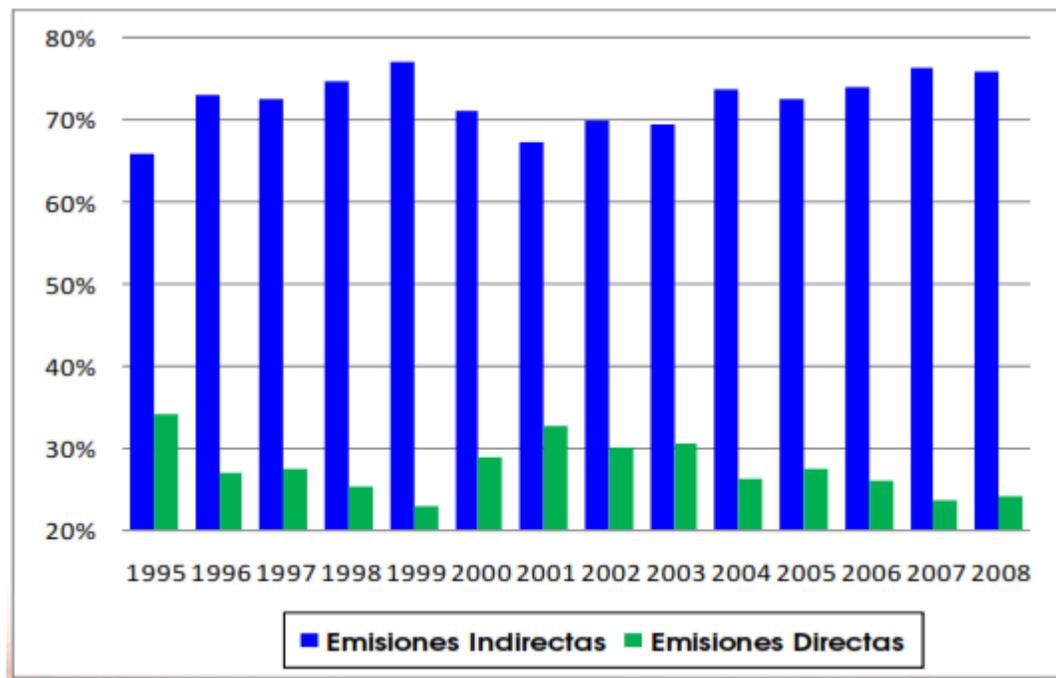
Fuente: Pimentel. 2009

Anexo A -2. Uso de energía y combustibles en la industria minera en Chile al 2009



Fuente: Pimentel. 2009

Anexo A - 3. Patrón de emisiones de la minería del cobre en Chile 1995-2008



Fuente: Pimentel. 2009

Anexo A - 4. Proyectos mineros en carpeta de Chile, desde 2010

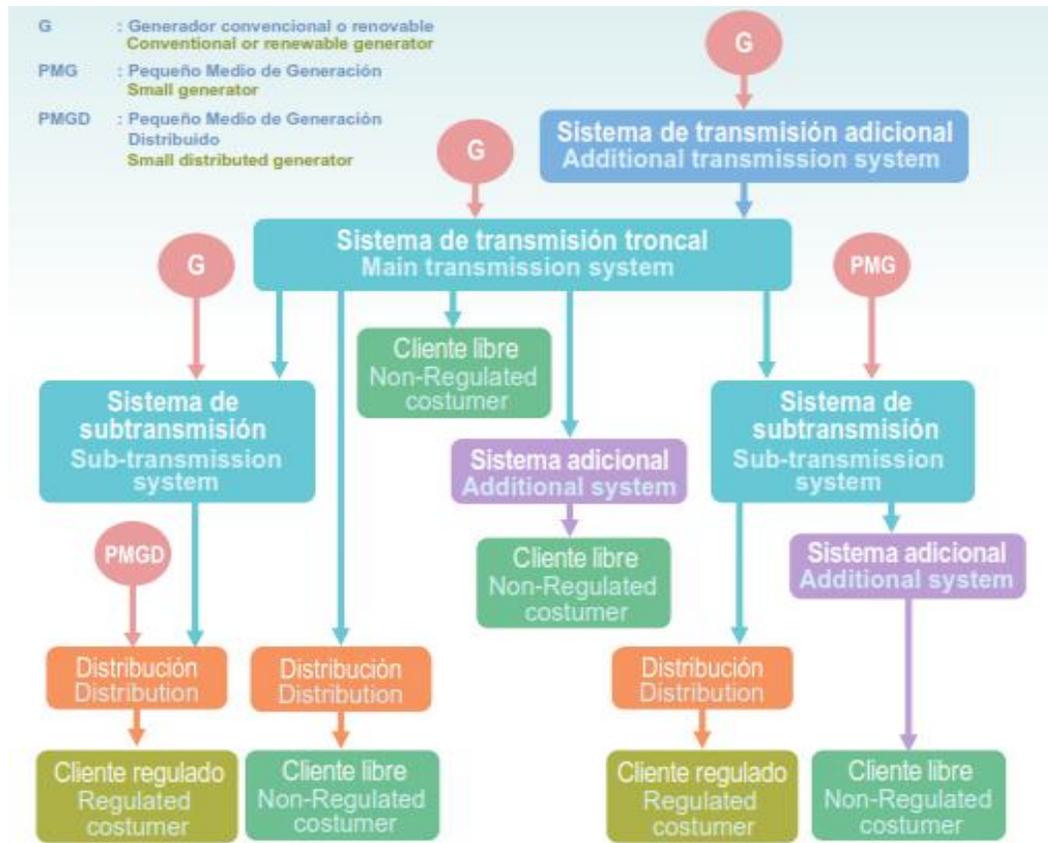
CHILE: Calendario de Puesta en Marcha de Principales Proyectos			
Año Puesta en Marcha	Empresa	Proyectos	Inversión (Millones US\$)
2010	Antofagasta Min.	Ampliación Los Pelambres	1.000
	Codelco Andina	Expansión a 94KTPD(FaseI)	980
	Codelco Norte	RT Sulfuros Fase I	397
	Codelco Teniente	Pilar Norte	125
2011	Antofagasta Min.	Esperanza	2.170
	BHP Billiton	Escondida Nva Pila Biolixiv.	384
	Vale	Tres Valles	92
2012	Anglo American	Expansión Los Bronces	2.200
	Collahuasi	Expansión Fase I	750
	FreeportMc Moran	El Abra Sulfolix	600
	Xstrata	Extensión Lomas Bayas II	293
2013	Pan Pacific Copp.	Caserones	2.000
	Barrick	Pascua-Lama	1.500
	BHP Billiton	Escondida Nueva Pila Lixiv Ox.	413
	Cerro Dominador	Diego de Almagro	120
2014	Goldcorp	El Morro	2.500
	Codelco Norte	Mina Ministro Hales	1.700
	Far West	Santo Domingo	600
	Kinross	Lobo - Marte	575
	Panaust	Inca de Oro	400
	Codelco Salvador	San Antonio Oxidados	230
2015	Codelco Andina	Expansión A230 Ktpd (Fase II)	4.800
	Barrick	Cerro Casale	2.324
Después del 2015	Teck	Quebrada Blanca Hipógeno	3.000
	BHP Billiton	Escondida Fase V	2.514
	Collahuasi	Expansión Fase II	2.450
	Codelco Norte	Chuquicamata Subterránea	2.000
	QuadraFnx Mining	Sierra Gorda	1.600
Codelco Teniente	Nuevo Nivel Mina	1.500	

Fuente: Elaborado en COCHILCO, sobre la base de los antecedentes de cada proyecto. En esta cartera de proyectos no se incluyen algunos proyectos hipotéticos que podrían operar en la segunda mitad de esta década, pero se carece de antecedentes suficientes para incluirlos en la proyección de inversiones ya reseñada.

Fuente: Ministerio de Energía de Chile. Octubre 2011

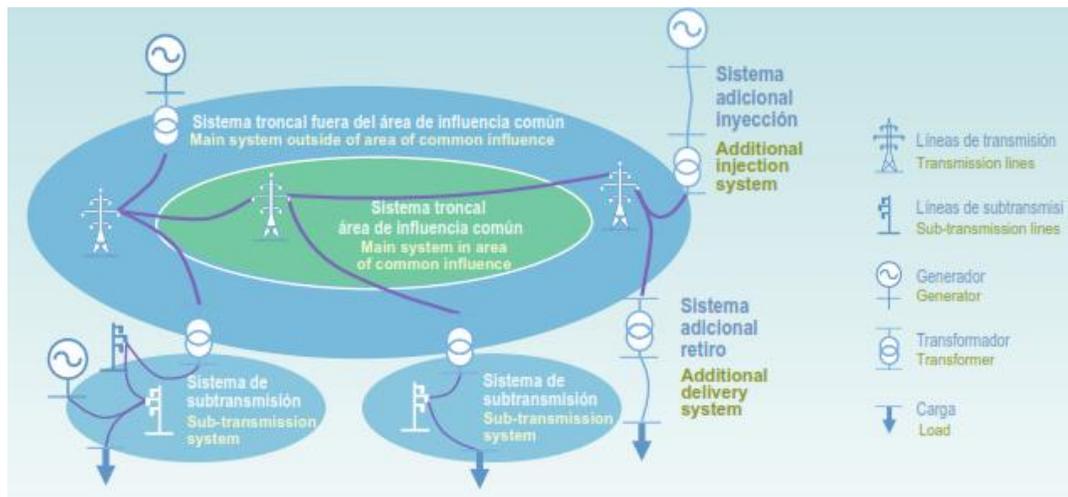
ANEXO B. Mercado y sistemas de energía en Chile

Anexo B -1. Sistemas de transporte de energía en Chile



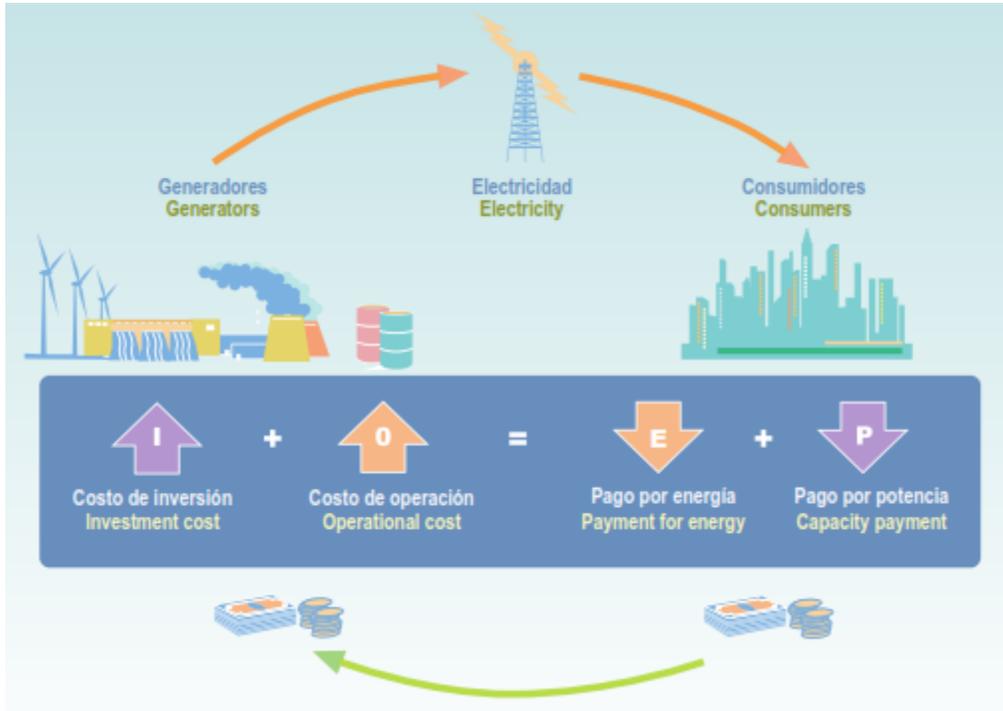
Fuente: Palma et al. 2009

Anexo B - 2. Segmentos del sistema de transporte de energía en Chile



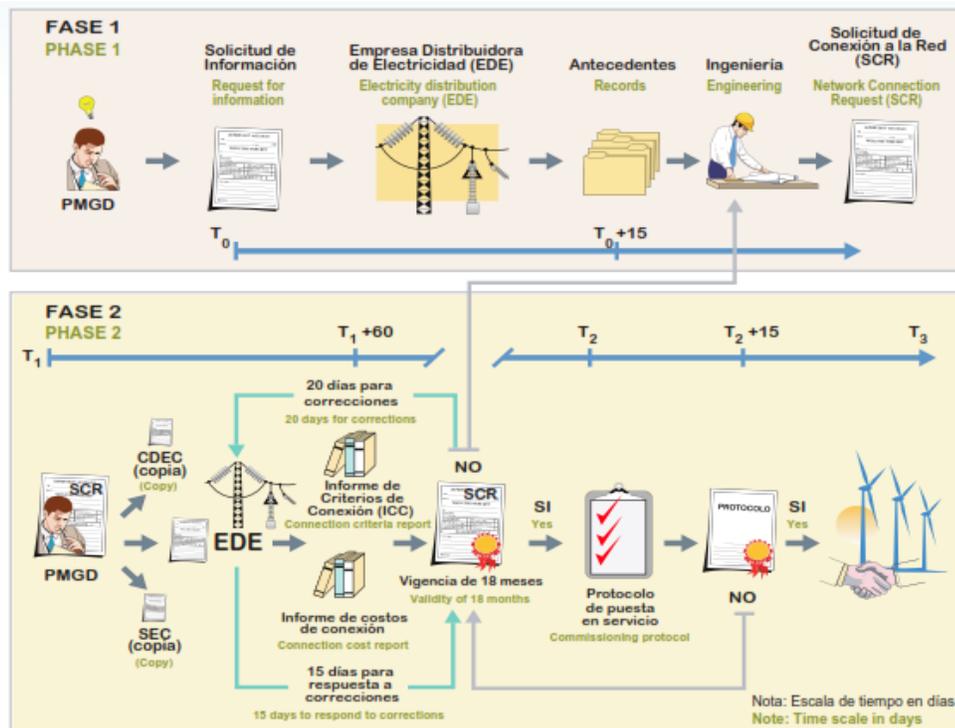
Fuente: Palma et al. 2009

Anexo B - 3. Equilibrio financiero en el modelo marginalista chileno



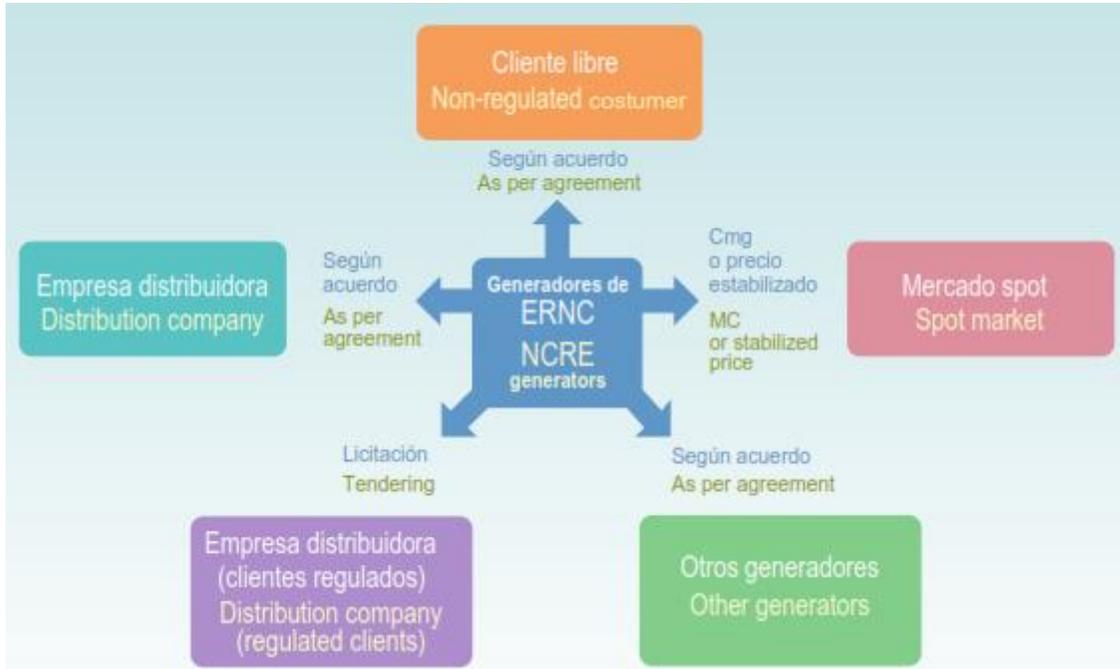
Fuente: Palma et al. 2009

Anexo B - 4. Procedimiento de conexión y puesta en servicio de un PMGD en Chile



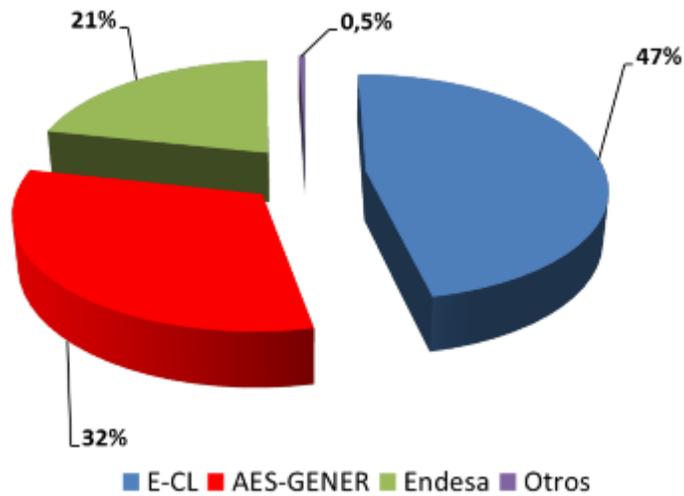
Fuente: Palma et al. 2009

Anexo B - 5. Alternativas de interacción comercial de ERNC en Chile



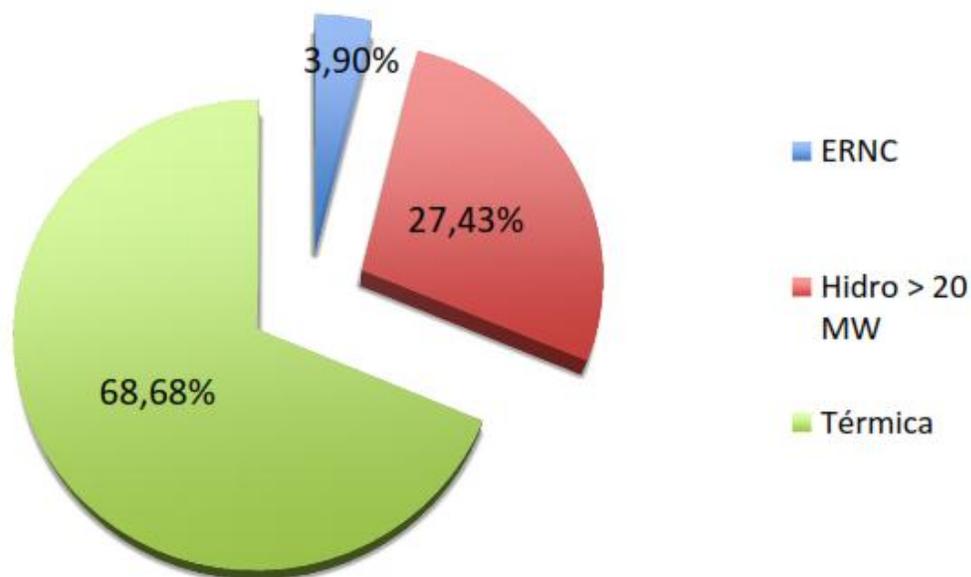
Fuente: Palma et al. 2009

Anexo B - 6. Participación de empresas en el SING



Fuente: Ministerio de Energía de Chile. 20 Octubre 2011

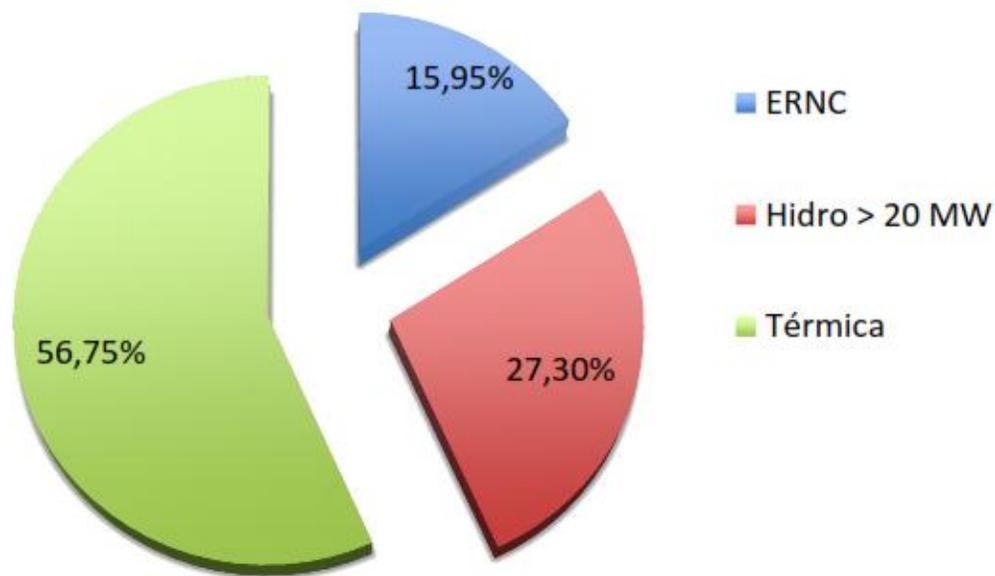
Anexo B - 7. Proyectos de ERNC en evaluación en Chile a Septiembre 2011



Fuente: Elaboración División Desarrollo Sustentable con datos de www.sea.gob.cl

Fuente: Ministerio de Energía de Chile. 20 Octubre 2011

Anexo B - 8. Proyectos ERNC aprobados sin construcción en Chile a Septiembre 2011



Fuente: Elaboración División Desarrollo Sustentable con datos de www.sea.gob.cl

Fuente: Ministerio de Energía de Chile. 20 Octubre 2011

Anexo B - 9. Tiempos de aprobación de proyectos por sistema de ingreso al SEIA

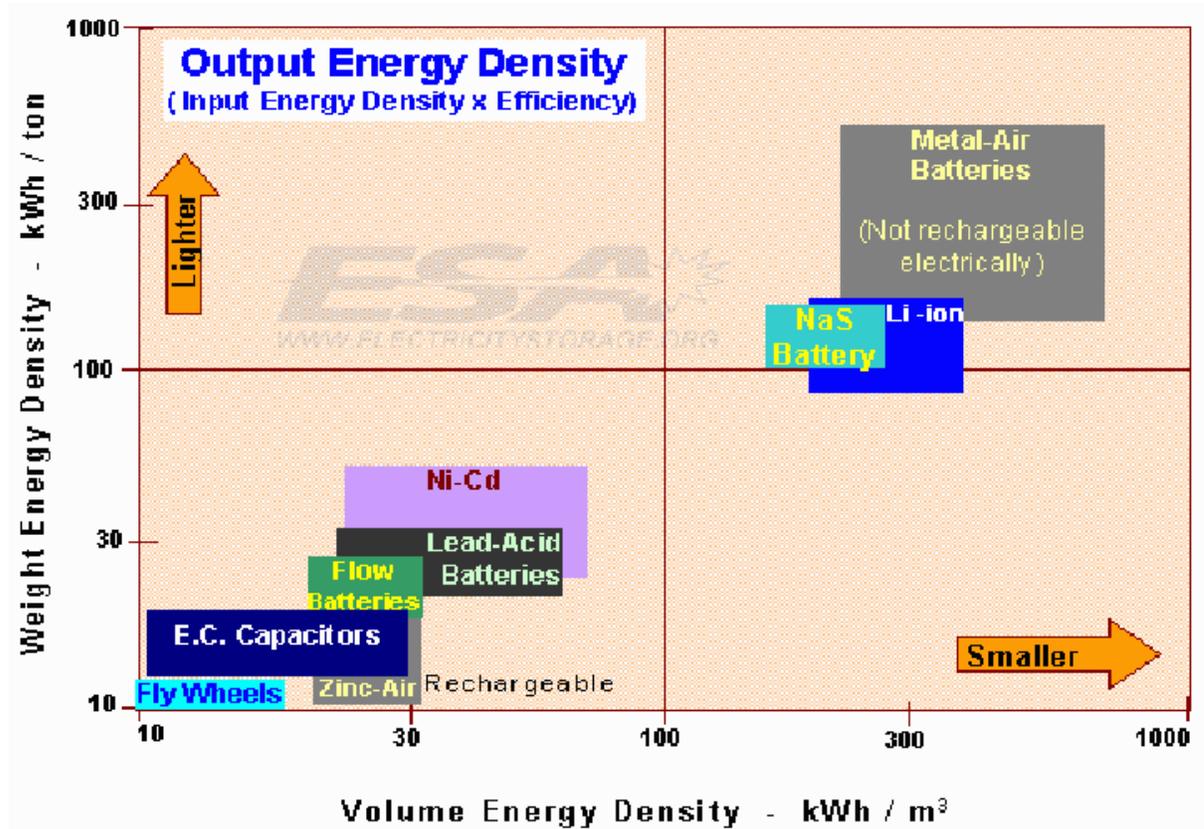
Categoría de ingreso al SEIA	Tecnología	Combustible	Promedio de días en evaluación
DIA	ERNC		208
	Renovable convencional		308
	Térmica	Diesel	158
		Gas Natural	99
	Total Térmica		146
EIA	ERNC		346
	Renovable convencional		480
	Térmica	Carbón	434
		Diesel	167
		Gas Natural	316
	Total Térmica		368

Fuente: Ministerio de Energía a partir de datos SEIA y estudios

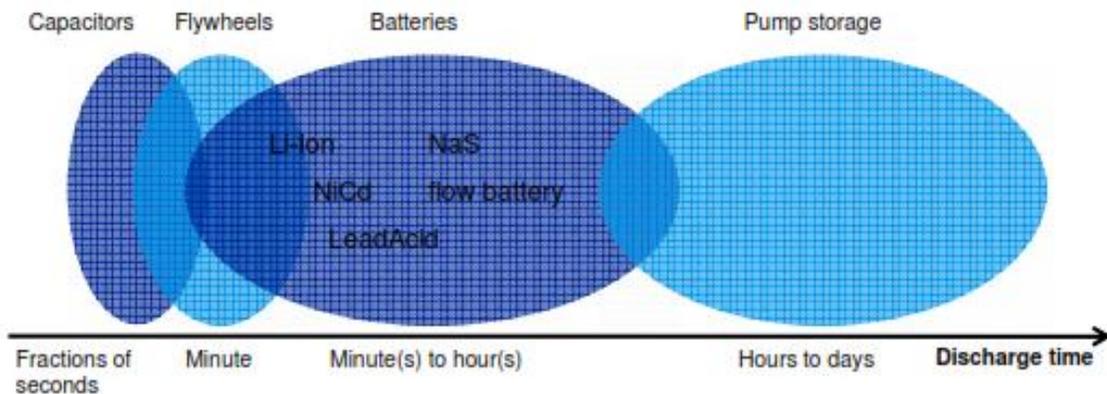
Fuente: Ministerio de Energía de Chile. Septiembre 2011

ANEXO C. Litio y tecnologías de Litio

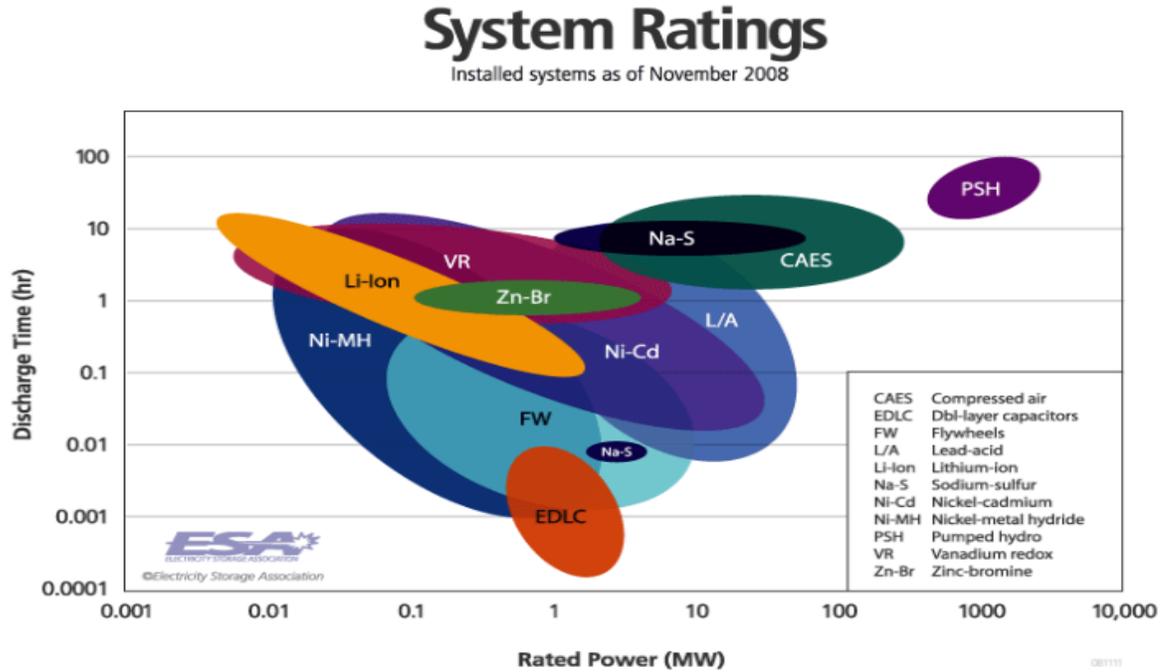
Anexo C – 1. Densidades de energía según tecnologías



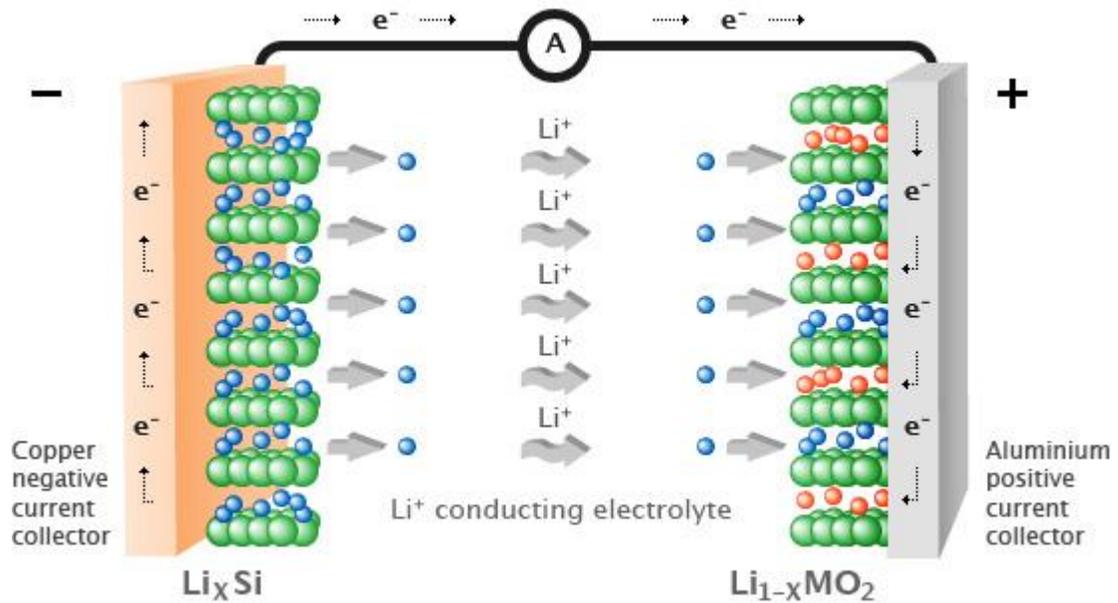
Anexo C – 2. Tiempos de descarga de energía de distintas tecnologías



Anexo C – 3. Comparación de sistemas de almacenamiento de energía



Anexo C – 4. Esquema de las reacciones involucradas en las baterías de Litio

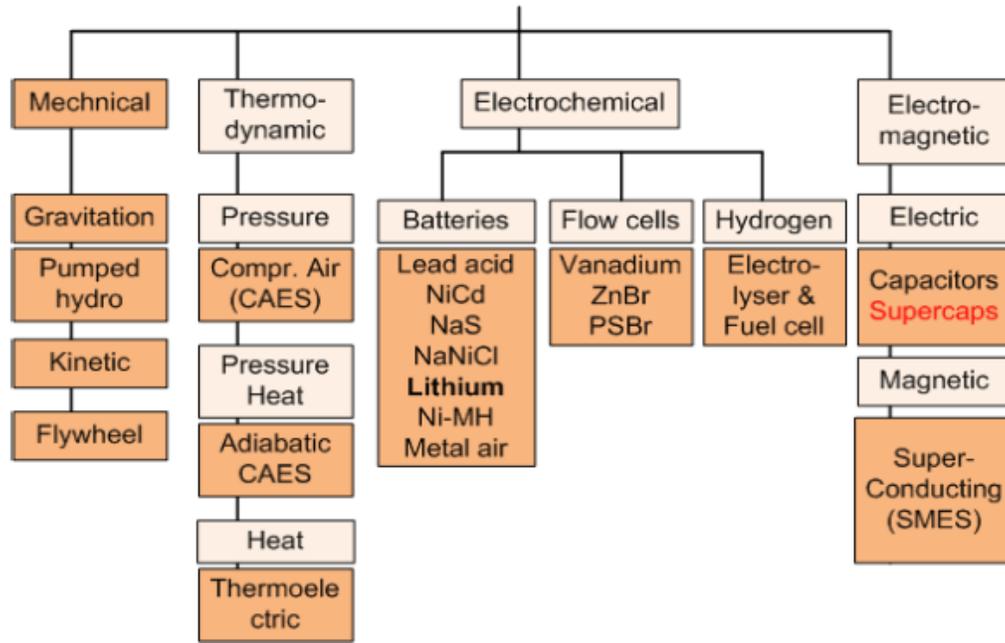


Fuente: <http://www.nexxon.co.uk/technology/about-li-ion-batteries/>

ANEXO D. BESS, ERNC e integración energética

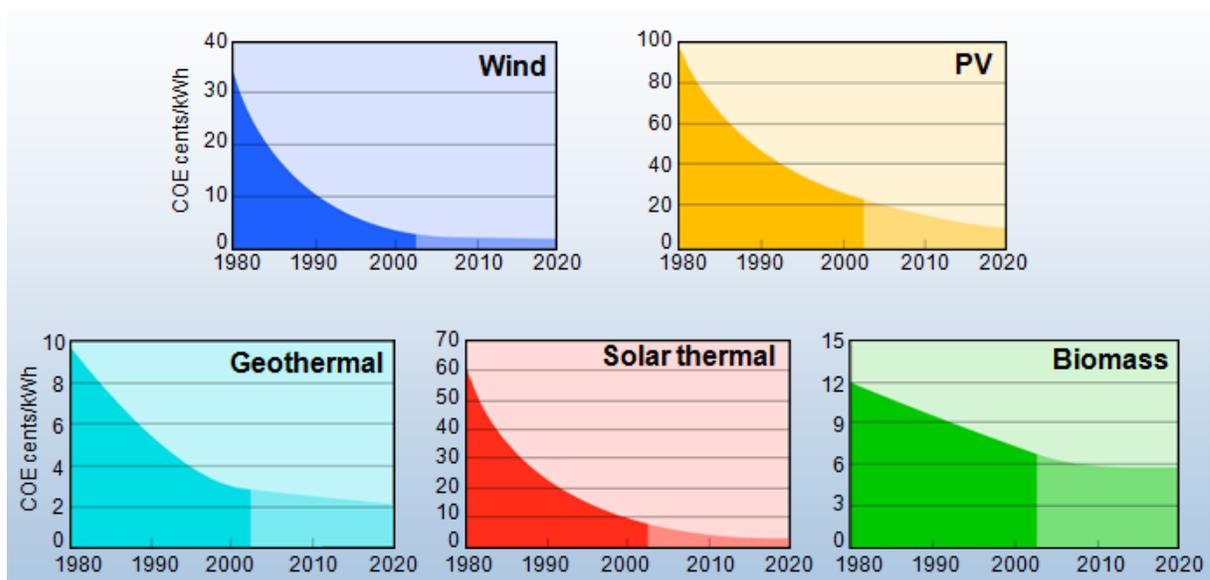
Anexo D – 1. Tipos de almacenamiento de energía

Various types of energy storage



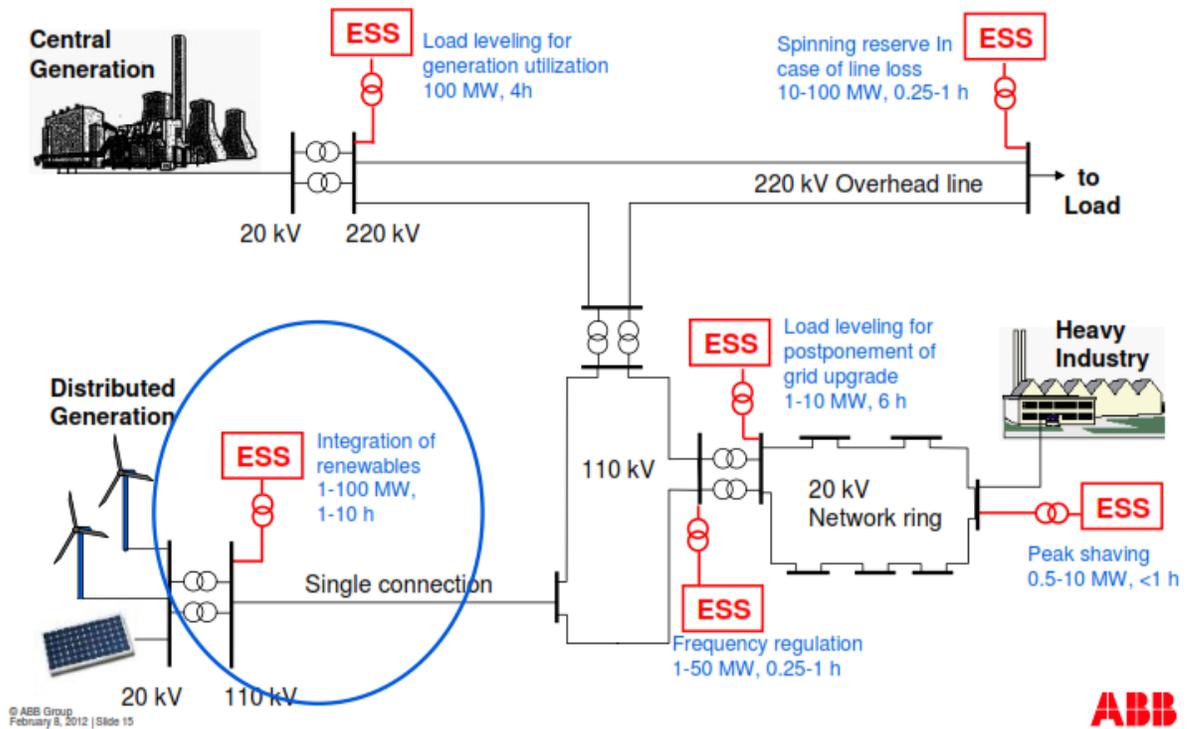
* Holger Hannemann, "Innovative Solutions for grid stabilization and support", ABB Power Electronics Napier, 30 March 2010

Anexo D – 2. Tendencia de costos de las ERNC



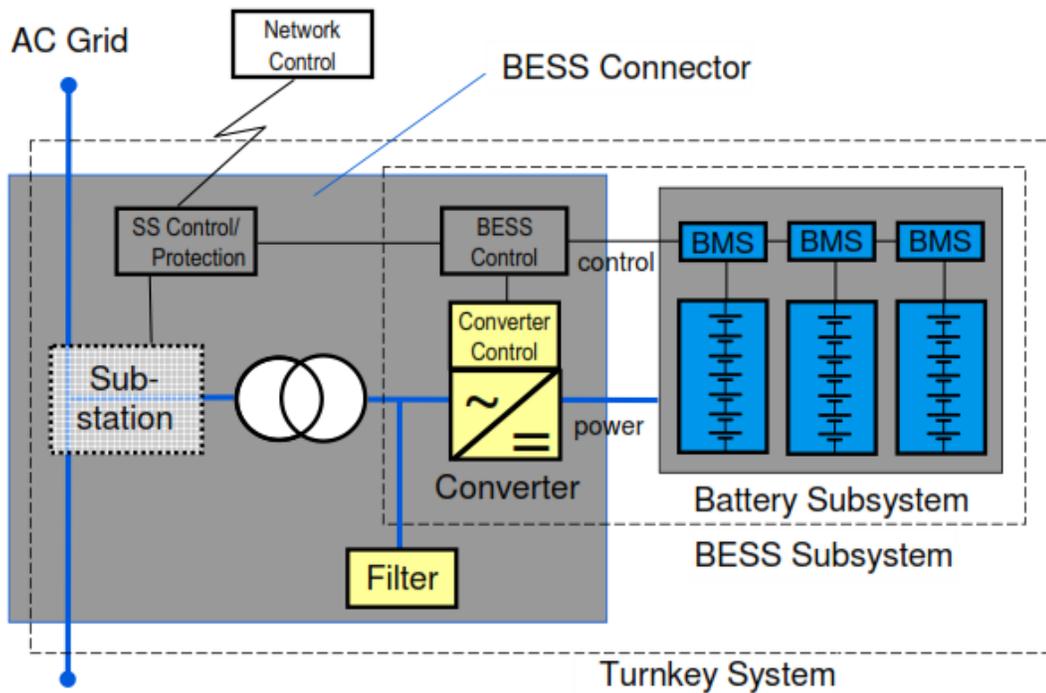
Fuente: NREL. Octubre 2002

Anexo D – 3. Aplicaciones BESS



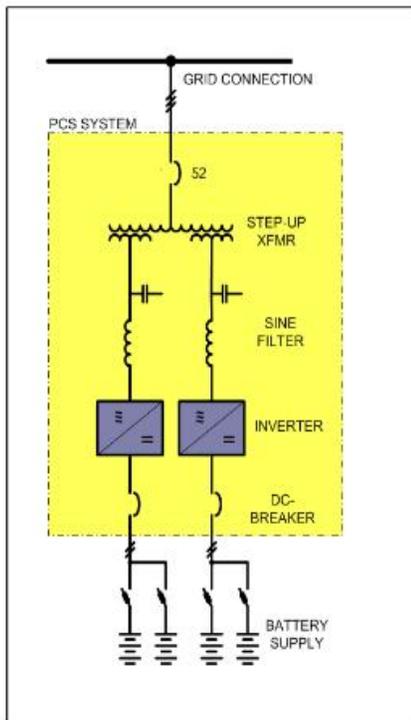
Fuente: ABB Group. 2012

Anexo D – 4. Componentes BESS



Fuente: ABB Group. 2012

Anexo D – 5. Componentes de diseño de BESS



- AC Grid Voltage
- Battery DC Voltage & Application
 - Battery Type
- PCS SYSTEM

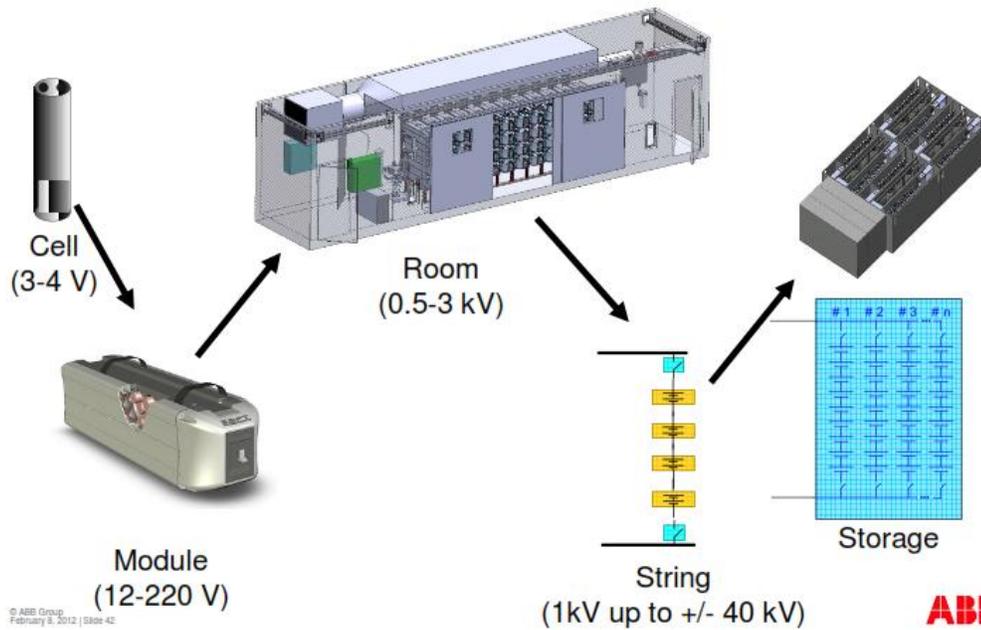


ABB

© ABB Group
February 8, 2012 | Slide 23

Fuente: ABB Group. 2012

Anexo D – 6. Esquema de plataformas de almacenamiento de energía



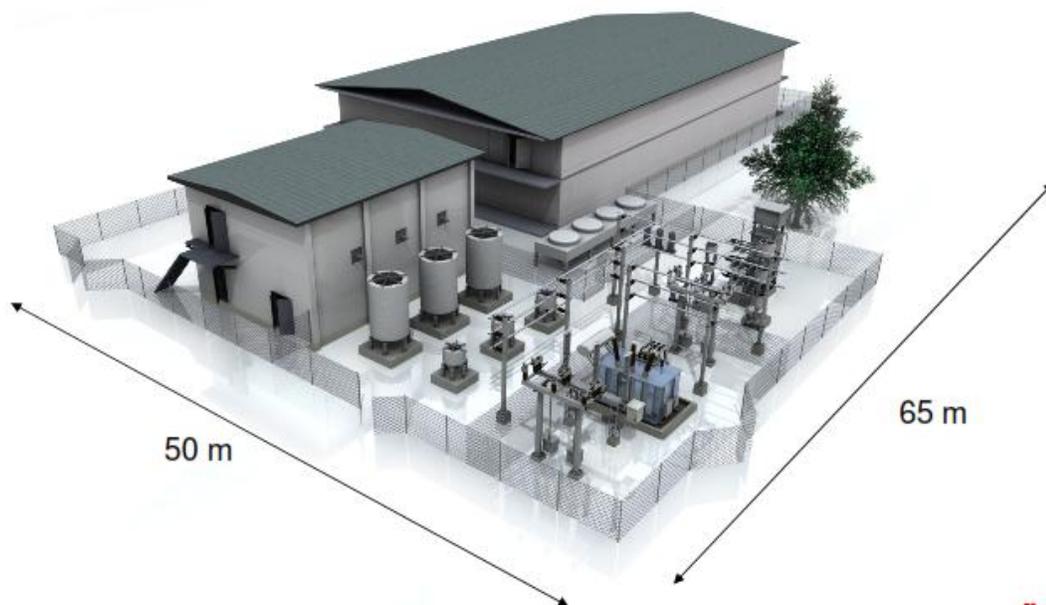
© ABB Group
February 8, 2012 | Slide 42

ABB

Fuente: ABB Group. 2012

Anexo D – 7. Lay-out típico para una estación BESS de 20MW

Typical layout for 20 MW during 15 min +/-30 MVar continuously



© ABB Group
February 8, 2012 | Slide 41

ABB

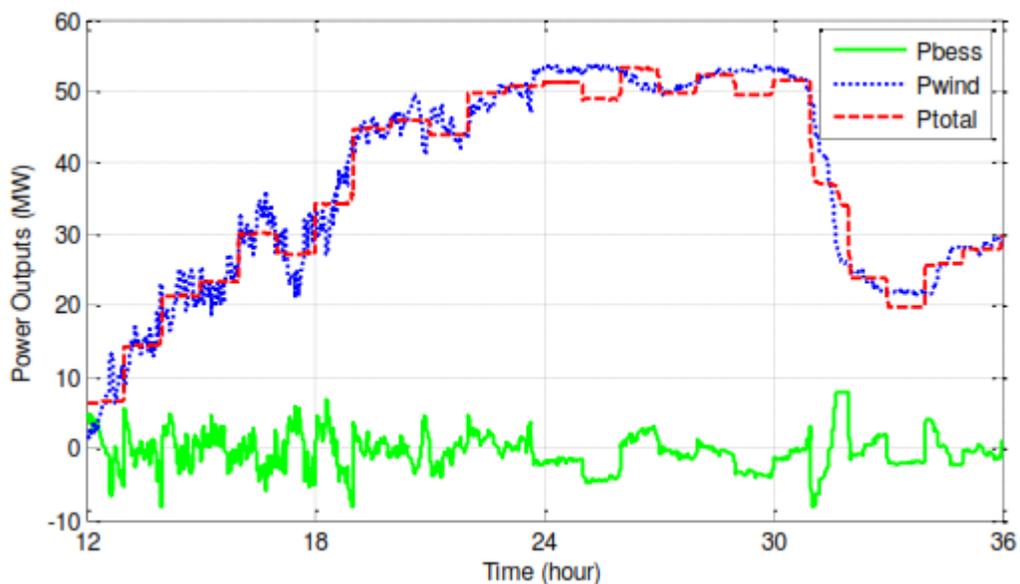
Fuente: ABB Group. 2012

Anexo D – 8. Vista de una típica estación de BESS



Fuente: A123 Systems. 2010

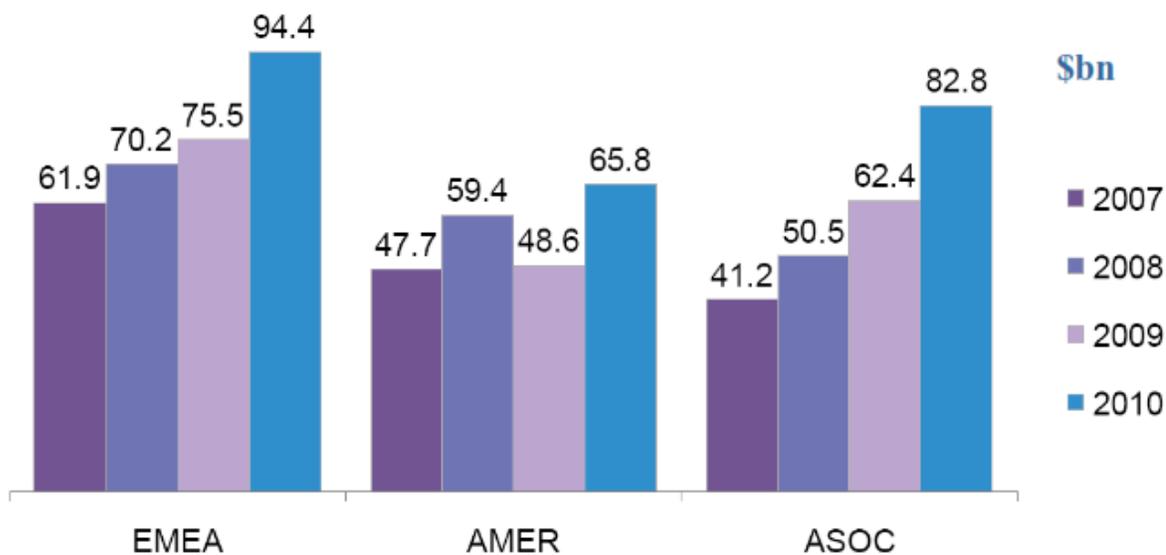
Anexo D – 9. Comparación de curvas de descargas de BESS, planta solar y planta eólica



Fuente: Teleke. 2011

Anexo D – 10. Financiamiento de proyectos de ERNC en el mundo.

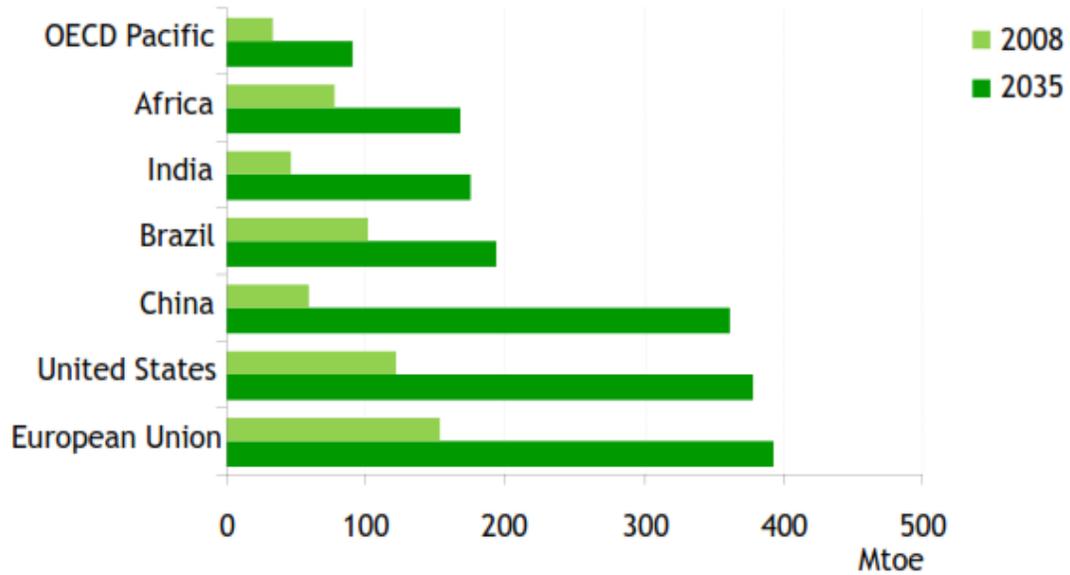
■ Financing is growing steadily, most rapidly in Asia



Source: Bloomberg New Energy Finance, 2011

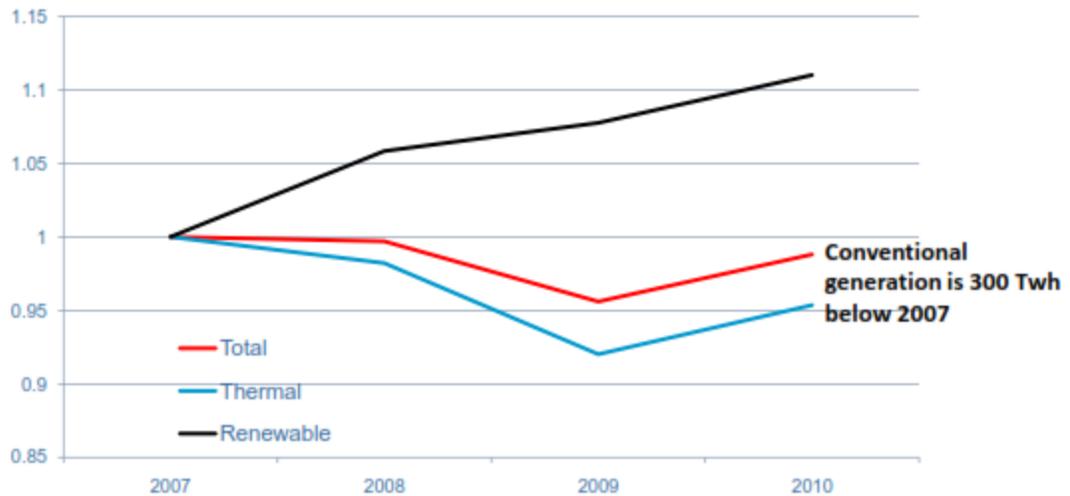
Anexo D – 11. Demanda primaria mundial por ER, comparación 2008 vs 2035

Renewable primary energy demand in the New Policies Scenario



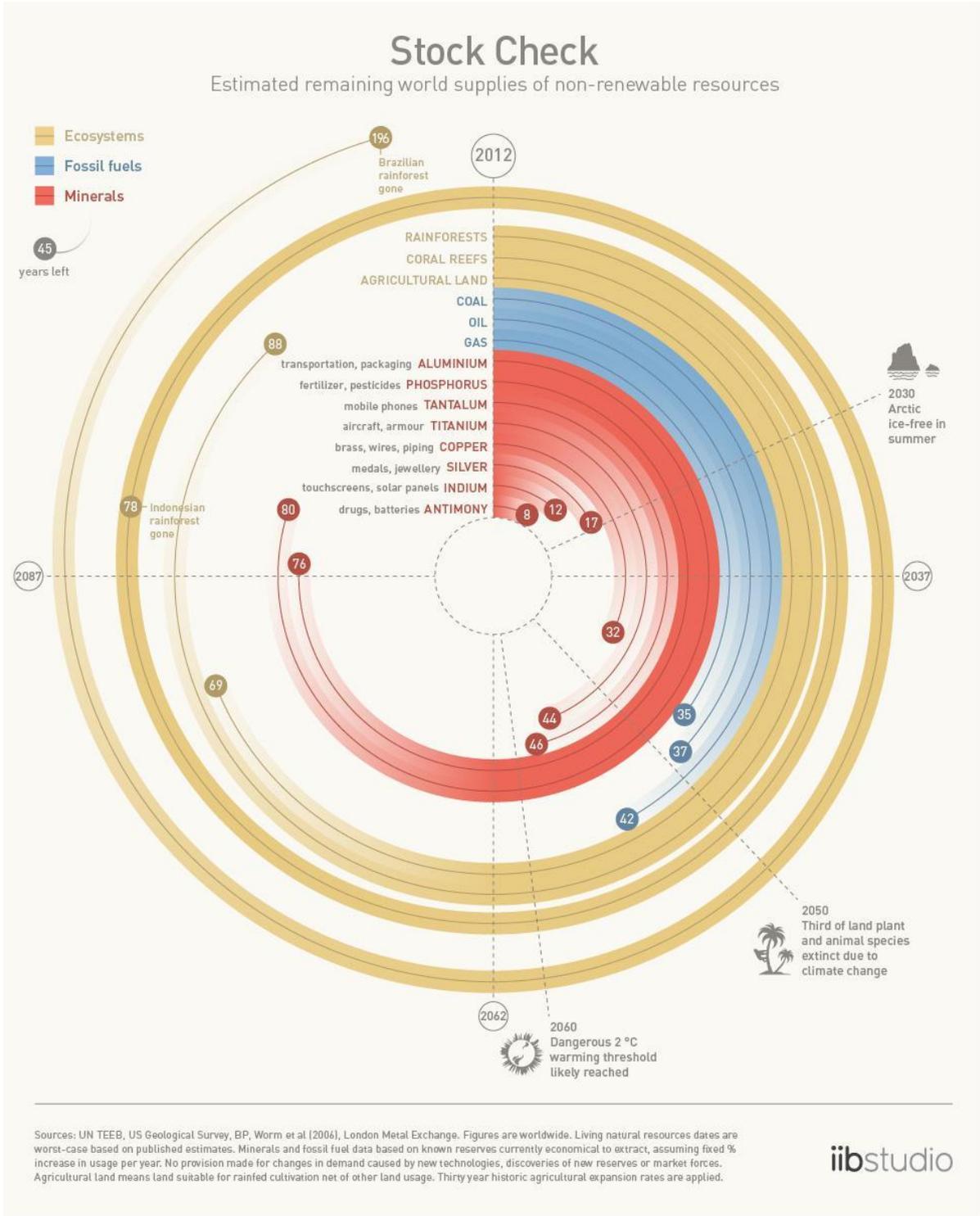
Anexo D – 12. Generación en las economías OECD 2007-2010

OECD power generation, 2007=1.00



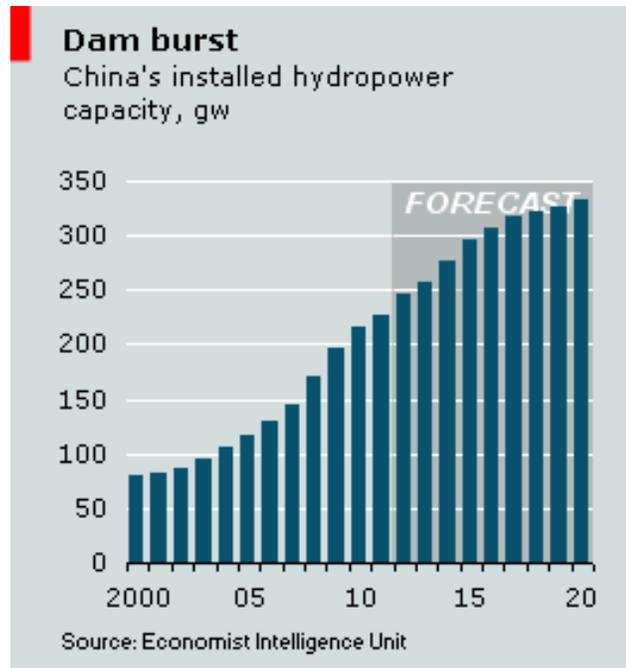
Fuente: Gascó. 2011

Anexo D – 13. Reservas mundiales estimadas de recursos naturales no renovables



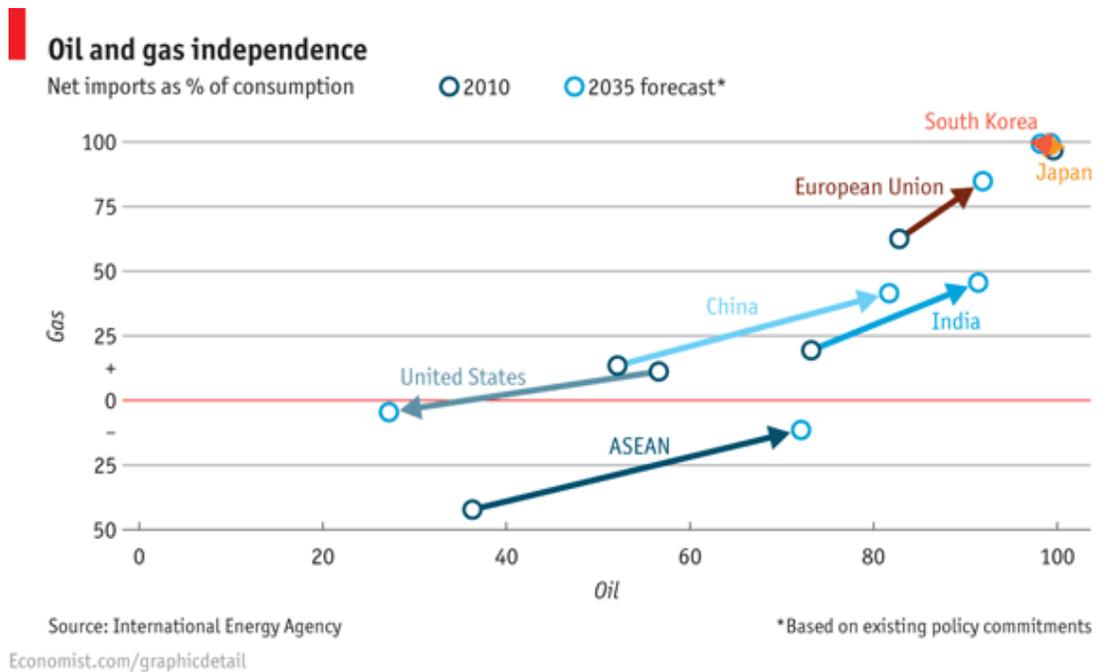
ANEXO E. Regiones con potencial de expansión de BESS

Anexo E - 1. Hidroelectricidad instalada en China 2000 - 2020



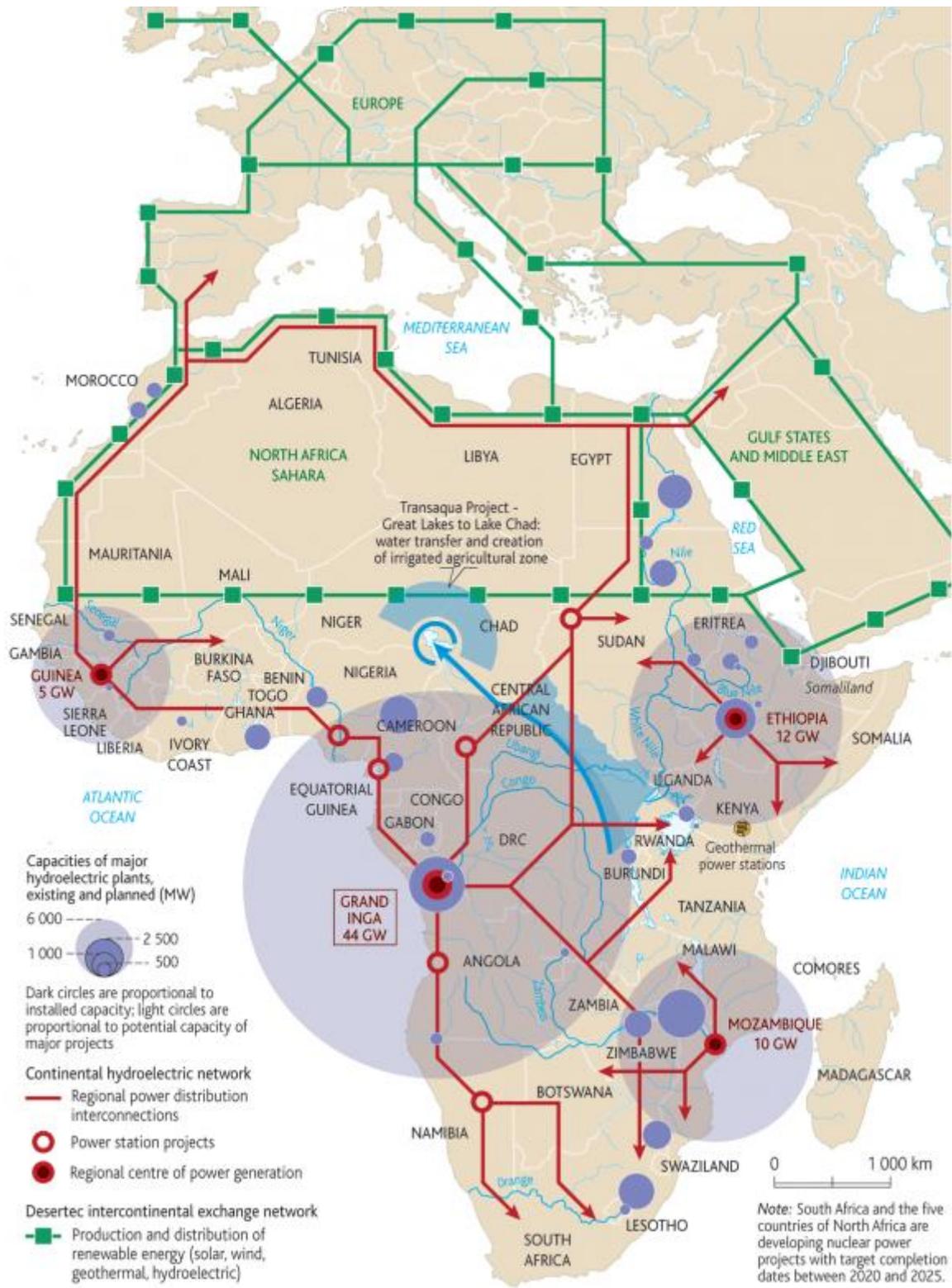
Fuente: The Economist. Noviembre 2012

Anexo E - 2. Mapa de opciones según dependencia de oil & gas



Fuente: The Economist. Noviembre 2012

Anexo E - 3. Mapa de redes de ERNC en África



ANEXO F. Smart grids

Anexo F – 1. Razones smart grid

Why the "Smart Grid?"

For utilities:

- Increase revenue & efficiency by charging dynamic, real-time power prices

For consumers:

- Shift power usage in smart appliances (and save money); use on-site renewable generators to charge up EVs

For solar and wind generators:

- Shrink grid integration/optimization costs as deployment penetration levels jump

Fuente <http://www.pikeresearch.com/webinarvideos/webinar-replay-renewable-energy-integration>

Anexo F – 2. Smart grid vs sistemas eléctricos tradicionales

The Changing Environment
Smaller renewables are faster, cheaper, and more efficient

Worldwide power systems are moving from large bulk generation systems to distributed generation and load systems (Microgrids)

- Bulk Generation System Realities: Regulations and restrictions, large cost, large implementation timeline
- Distributed Resources: Sized to meet the need, faster, and cheaper
- **Consequence:** New world understanding around power and grid management

Legacy Bulk Electrical System

New Distributed Electric System

Copyright © 2011 Power Analytics Corporation 11 Foresight as accurate as hindsight™

Fuente <http://www.pikeresearch.com/webinarvideos/webinar-replay-renewable-energy-integration>

Anexo F – 3. Smart grid en Asia 2016

FIGURE: Smart Grid Market Assessment for 2016

	 South Korea	 Japan	 China
Policy Supporting SG	Strong	Medium	Strong
Public Support of SG	Weak	Strong	Medium
Utility Assets, 2010	\$66 billion	\$472 billion	\$414 billion
Utility Revenues, 2010	\$35 billion	\$184 billion	\$303 billion
DA Total Market Size	\$100 million	\$835 million	\$6 billion
DR	\$15 million, 3GW	\$50 million, young market, 10GW	\$300 million, market not set up, 30GW or more
Smart Meters	\$0.8 billion, 1 million to 2 million annual AMR installs	\$2.7 billion, 1 million to 3 million annual AMI installs	\$8 billion, 50 million to 60 million annual AMR installs
EV	\$188 million, 25,000 units total	\$150 million, 20,000 units total	\$375 million, 50,000 units total
HEMS	\$620 million	\$2,290 million	\$450 million
Wind	\$300 million, 380MW currently, 600MW in 2016	\$250 million, 2.5GW currently, 3GW in 2016	\$19 billion, 62GW currently, 100GW in 2016
SG Funding	\$1 billion to \$2 billion	\$2 billion to \$4 billion	\$40 billion
<p>Notes: Figures are annual estimates, unless otherwise stated. DA total market size is a rough estimation of \$125,000 spent on automation per substation. HEMS market by 2016 assumes 30% penetration, \$150 per home, \$50 per home in China. China is unlikely to have HEMS installed until after 2016, therefore current market potential is 10% of \$4.5 billion regular market size, or a 3% market penetration.</p>			

Source: GTM Research

Fuente: <http://www.greentechmedia.com/research/report/smart-grid-in-asia-2012-2016/>