



UNIVERSIDAD DE VALPARAÍSO
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS
ADMINISTRACIÓN DE NEGOCIOS INTERNACIONALES

PERSPECTIVAS DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN CHILE. COMPARACIÓN CON CALIFORNIA, ESTADOS UNIDOS

Autor
VERNAN ORLANDO RIVERA

Informe de Tesis presentado a la Carrera de Administración de Negocios Internacionales de la Universidad de Valparaíso para optar al Grado de Licenciado en Negocios Internacionales y al Título Profesional de Administrador de Negocios Internacionales

Profesora Guía: Adriana Latorre V.

Viña del Mar, Julio de 2008

ÍNDICE

Introducción

• Problema de Investigación.....	4
• Objetivos del Proyecto.....	5
• Metodología.....	6

I. Fuentes y Crisis de Energía en Chile

1.1 Energía en Chile.....	7
1.1.1 Fuentes de Energía en Chile.....	7
1.1.2 La Industria Eléctrica en Chile.....	8
1.2 Crisis Energética en Chile.....	10
1.2.1 Corte de Gas Desde Argentina.....	10
1.2.2 Falta de Electricidad en la Región Norte y Central.....	11
1.2.3 Incremento de Demanda.....	11
1.2.4 Incremento del Precio de Diesel.....	13
1.2.5 Factores Climáticos.....	13
1.2.6 Dependencia Extranjera.....	14

II. Introducción a Energías Renovables

2.1 Tipos de Energía.....	16
2.1.1. Energía Renovable.....	16
2.1.2. Energías Convencionales y No-Convencionales.....	16
2.2 Tipos de ERNC.....	17
2.2.1. Energía Solar.....	17
2.2.2. Energía Eólica.....	19
2.2.3. Energía Geotérmica.....	20
2.2.4. Energía Biomasa.....	22
2.2.5. Energía Hidráulica.....	24
2.2.6. Energía del Océano.....	24

III. Análisis Comparado del Potencial de las Energía Renovables

3.1. Energía Solar.....	27
3.1.1. Potencial Solar en Chile.....	27
3.1.2. Programa de Electrificación Rural.....	28
3.1.3. Generación de Electricidad en base de Energía Solar en EE.UU.....	29

3.1.4.	Radiación Solar en California y EE.UU.....	31
3.1.5.	Potencial de Energía Solar en California.....	32
3.1.6.	Proyectos Solares en California.....	34
3.1.7.	Comparación y Conclusión.....	36
3.2.	Energía Eólica.....	37
3.2.1.	Sistema de Aysén y Chiloé.....	37
3.2.2.	Estudio del Potencial de Energía Eólica en Chile.....	38
3.2.3.	Estudio de Vientos Eólicos en Sur-América.....	40
3.2.4.	Estudio de Vientos Eólicos en Norteamérica.....	41
3.2.5.	Situación de Energía Eólica en California.....	43
3.2.5.1.	Argumentos Contra Turbinas Eólicas Individuales.....	44
3.2.6.	Conclusión Sobre la Energía Eólica Entre Chile y California.....	44
3.2.7.	Sugerencias Para el Aumento de Energía Eólica en Chile.....	45
3.3.	Energía Geotérmica y Biomasa.....	47
3.3.1.	Energía Geotérmica.....	47
3.3.1.1.	Situación Geotérmica Actual en Chile.....	47
3.3.1.2.	Pasos Para el Futuro Geotérmico Chileno.....	48
3.3.1.3.	Situación Actual en California.....	50
3.3.1.4.	Conclusión y Sugerencias Para el Desarrollo Geotérmico Chileno.....	52
3.3.2.	Energía de Biomasa.....	55
3.3.2.1.	Biomasa en Chile.....	55
3.3.2.2.	Biomasa en California.....	56
3.3.2.3.	Conclusión y Comparación.....	57
3.4.	Conclusión Final.....	59

Bibliografía

INTRODUCCIÓN

Problema de Investigación

Uno de los grandes problemas que enfrenta Chile hoy en día es su necesidad inminente de energía, particularmente energía eléctrica para abastecer su demanda interna. La falta de gas para apoyar la producción de electricidad ha causado que las plantas energéticas empiecen a usar carbón, petróleo y otros combustibles altamente contaminantes, lo que preocupa mucho por los efectos que tienen estos sobre el ambiente.

En adición a lo anterior, y agravando los problemas energéticos y agrícolas, Chile y gran parte del sur del continente, se encuentran afectados de fenómenos climáticos cíclicos que significan sequías, lo que ha causado problemas en las plantas hidroeléctricas y también causa un aumento en el costo de la electricidad y otros bienes y servicios básicos que usan las personas y las empresas.

La crisis energética en que se encuentra el país es causa de muchos aspectos complejos, los que fueron agravados recientemente por dos problemas: El primero es la oferta limitada de gas en que se encuentra Chile. Y el segundo se asocia con la falta de producción de energía eléctrica dentro del país.

Chile y California son dos regiones lejanas, pero comparten muchas características físicas, las que a su vez determinan su potencial generador de energías

renovables. Chile está en una etapa de introducción al desarrollo de la producción de electricidad en base a energías renovables. California por otro lado, es un líder mundial en el desarrollo de estos tipos de energía. California tiene la matriz de fuentes energéticas más diversificada del mundo. Por lo anterior, California sería un buen ejemplo para Chile, en el desarrollo de energías renovables

Objetivos del Proyecto

El objetivo general del proyecto es: describir las diferentes fuentes de energía renovable que existen en el mundo hoy, su desarrollo, ventajas y desventajas, para proponer acciones que permitan solucionar a Chile su crisis energética, usando estas fuentes de energía renovable, tomando como guía el ejemplo de Estados Unidos.

Los objetivos específicos son los siguientes:

1. Entender las razones por la cual Chile se encuentra en una crisis energética en el presente.
2. Conocer y describir los diferentes tipos de energías renovables.
3. Proponer una estrategia de desarrollo de estas energías en Chile, seleccionando aquellas que resultan más favorables, de acuerdo a una comparación con Estados Unidos, y en particular; el estado de California.

La mayoría del proyecto se enfocara mayormente en el estudio de Energía Renovables no Convencionales. Hay varias razones por esto:

1. Los estudios sobre energía en su totalidad son demasiados extensos

2. El nivel de estudio de energías renovables no convencionales no está tan avanzados como los demás. Por lo que una investigación de ERNC daría un mayor aporte que un estudio sobre temas ya elaborados.
3. Las tasas de crecimiento de energías renovables son muy altas. De hecho, en Dinamarca, la industria molinera de vientos esta creciendo a una tasa mas alta que toda la economía China. Evidentemente, esta industria es una próspera y de buen enfoque para estudiar.

Metodología

La metodología que se utilizará para desarrollar el trabajo se basa en un análisis y resumen de la información necesaria para presentar los puntos críticos del proyecto. Ejemplo, para recomendar un aumento de la producción de energía solar, se deberían considerar las mejores regiones climáticas para recibir la energía, e informar sobre las empresas que desarrollan ese tipo de energía hoy en día

CAPITULO I

FUENTES Y CRISIS DE ENERGÍA EN CHILE

1.1. Energía en Chile

1.1.1 Fuentes Energéticas en Chile

Antes de analizar los datos relacionados a la producción y uso de energía en Chile, es importante distinguir entre la producción y consumo de energías primarias y secundarias, y la producción y consumo de energía eléctrica.

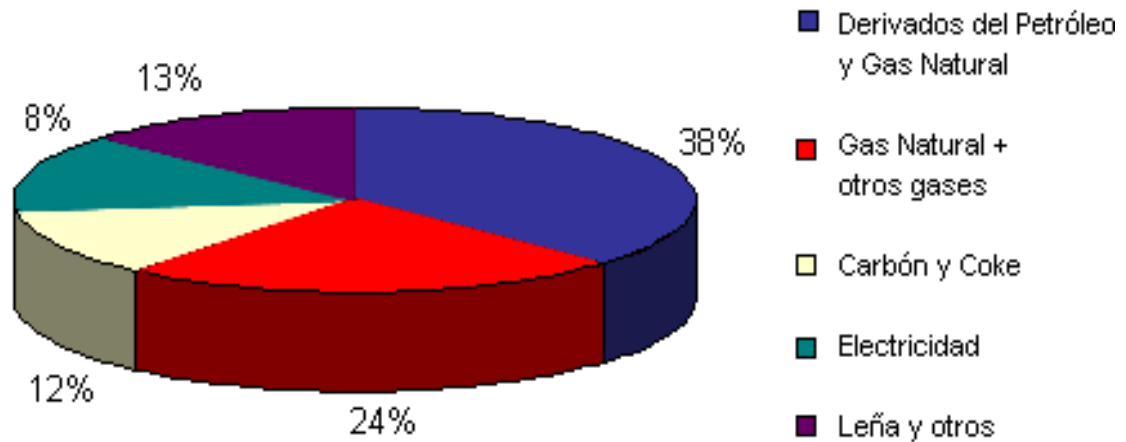
La energía primaria se refiere a los recursos naturales, cuyas formas de energía se pueden aprovechar sin necesidad de transformarlos. Estos serían fuentes como energía hidráulica, el gas natural, carbón, y el petróleo crudo. También incluye todas las formas de energía renovables que se mencionaran.

La energía secundaria son aquellos fuentes energéticos que llevan una transformación de un recurso energético natural (primaria). Estas transformaciones vienen siendo cambios físico, bioquímica, o químico. Entre los varios tipos de energía secundarias se encuentran cualquier derivado del petróleo como la gasolina, el diesel, kerosén. La electricidad y gas de consumo residencial también son energías secundarias.

Para mantener un enfoque específico, y conciso, se el tema principal del proyecto se basara en la investigación y desarrollo de energía eléctrica de uso comercial e industrial. Al incluir temas sobre energías primarias, el análisis será complejo y demasiado exhaustivo.

Gráfica 1: Consumo de Energías Secundarias/ Total País/ Año 2004

Fuente: Balance de Energía 2004



-Fuente (CNE)

1.1.2 La Industria Eléctrica en Chile

El mercado eléctrico Chileno esta dividido en cuatro sectores:

1) Generación; 2) Transmisión; 3) Distribución; 4) Consumidores.

Los primeros 3 sectores relacionados a la oferta están compuestos totalmente por empresas privadas. El gobierno nacional esta encargado, principalmente, de regular y fiscalizar y, en menor medida, de planificar la generación y transmisión de la energía eléctrica. El departamento encargado de revisar la industria eléctrica nacional es la Comisión Nacional de energía (CNE).

En total hay 70 empresas privadas que manejan el sistema eléctrico, con 31, y 34 gestionando la generación y distribución respectivamente. También existen varias otras entidades gubernamentales y privadas que tienen un impacto sobre las condiciones y regulaciones, como el Ministerio de Economía, Comisión Nacional del Medio Ambiente, y otros.

Los consumidores finales pueden ser catalogados en 2 sectores:

1. Clientes Regulados: clientes cuyo poder de conexión de consumo es menos de 2.000 kw.
2. Clientes libres o no regulados: cuya potencia de conexión es mayor que 2.000 kw.

La diferencia entre estos dos clientes es que los clientes libres tienen la disponibilidad de negociar sus tarifas con las compañías eléctricas.

“Existen en Chile cuatro sistemas eléctricos interconectados. El Sistema Interconectado del Norte Grande (SING), que cubre el territorio comprendido entre las ciudades de Arica y Antofagasta con un 30,17% de la capacidad instalada en el país; el Sistema Interconectado Central (SIC), que se extiende entre las localidades de Taltal y Chiloé con un 69,01% de la capacidad instalada en el país; el Sistema de Aysén que atiende el consumo de la Región XI con un 0,28% de la capacidad; y el Sistema de Magallanes, que abastece la Región XII con un 0,54% de la capacidad instalada en el país.” (CNE)

En la actualidad, la energía hidráulica representa la mayor parte de la generación eléctrica del país. Como se puede ver en la siguiente gráfica, la energía hidráulica es el

mayor abastecedor de energía, seguido por electricidad producido por gas natural, y luego la electricidad producida por carbón. El gas natural, carbón, y diesel son energías primarias, que se usan como combustible para generar electricidad, en un sistema que es soportado por energía térmica.

Gráfica 2: Generación eléctrica por Tipo de Planta MW/Hora

Planta	2006	
hidráulica	28,215	52.3%
Gas Natural (*)	12,466	23.1%
Carbón	12,112	22.5%
Diesel Fuel Oil	570	1.1%
Otros	577	1.1%
Total	53,941 MW	

-Fuente (CNE)

1.2 Crisis Energética en Chile

Para explicar las causas que explican la mayor preocupación por la generación de energía y la necesidad de encontrar nuevas fuentes se pueden mencionar:

1.2.1 Corte de Gas Desde Argentina

Todo el problema comenzó en 2002 cuando el gobierno de Argentina quiso controlar los precios del gas natural. La demanda para el combustible incremento incluso después de la crisis financiera que tuvo el país. La industria automotora usaba el

gas incluso para convertirlo a combustible para los autos. Pero un problema que sufrió la industria de gas fue la falta de inversión extranjera. Como el gobierno tenía un control fuerte sobre el precio del gas natural y también sobre inversión extranjera, había poco iniciativa para que empresas extranjeras invirtieran en el mercado, lo que causó que hubiese una falta de capital. Pronto la oferta dentro del país empezó a caer. Para proteger su demanda interna, el gobierno empezó a restringir la cantidad de gas que se podía exportar del país así a Chile. En 2003, Argentina exportaba 20 millones de metros cúbicos así a Chile. Hoy en día, esa cantidad ha bajado a 2 millones de metros cúbicos. (Natural Gas Crisis)

1.2.2 Falta de Electricidad en la Región Norte y Central

La crisis energética que enfrenta Chile hoy en día no solamente es atribuido a el corte de gas natural desde Argentina, también se ha agravado por el alto precio de diesel, sequías que afectan a represas hidroeléctricas, un incremento drástico de demanda, y el retraso en proyectos de producción eléctrica son los aspectos principales a la crisis energética que se encuentra el país, y que va tener que sufrir en los próximos años.

1.2.3 Incremento de Demanda

Como se puede notar en las cifras resaltadas en amarillo del cuadro siguiente, la cantidad de electricidad que el país ha consumido, ha subido impresionantemente en los últimos 16 años.

De igual forma, Chile se encontró importando 2.152 billones kws. hora en el año 2005. Lo que esto significa es que la demanda interna de electricidad sobrepasa a cantidad que se esta produciendo, y por eso, el país se ve forzado a importar electricidad.

Gráfica 3: Evolución Ventas de Energía de Empresas Generadores

Por Sistema Eléctrico

AÑOS 1990 – 2006
(cifras en GWh)

PERIODO	SING ⁽²⁾	SIC	SISTEMA AYSEN	SISTEMA MAGALLANES	TOTAL VENTAS ⁽³⁾
1990	N/D	12,741.3	N/D	92.1	12,833.4
1991	N/D	13,811.2	N/D	95.7	13,906.8
1992	N/D	15,271.5	N/D	101.4	15,372.9
1993	1,312.0	16,548.6	N/D	109.0	17,969.5
1994	3,394.4	17,672.3	N/D	116.4	21,183.1
1995	3,989.3	19,026.8	N/D	122.0	23,138.1
1996	4,981.3	20,869.2	N/D	132.7	25,983.2
1997	5,748.9	22,434.6	N/D	137.8	28,321.3
1998	6,616.4	24,240.0	57.6	146.5	31,060.5
1999	8,119.6	25,530.3	61.2	149.5	33,860.6
2000	8,398.0	27,653.6	66.3	157.8	36,275.7
2001	8,991.1	29,144.4	68.0	164.4	38,367.9
2002	9,481.8	30,334.7	75.4	172.1	40,064.0
2003	10,480.2	32,076.0	76.7	183.8	42,816.7
2004	11,240.4	34,602.4	93.6	189.4	46,125.8
2005	11,560.0	35,894.6	110.2	193.0	47,757.8
2006	12,029.4	38,226.2	113.2	204.1	50,573.0

1.2.4 Incremento del Precio del Diesel

Como ya todo sabemos, en mundo se ve enfrentado a una crisis energética relacionada al incremento drástico del petróleo y sus productos derivados como la gasolina y el diesel. El commodity más relacionado al precio de gasolina es el “NYMEX Light Sweet”, que es el barril de petróleo crudo que se intercambia en la Bolsa De Valores de Nueva York. A principios de 2007, el precio por barril alcanzaba alrededor de US\$ 55. Durante el mes de mayo y junio de 2008 el barril ha alcanzado la cifra récord de US\$ 134 por barril. Esto representa un incremento de 143% en menos de 2 años, y con la perspectiva de varios analistas de que el precio continuará subiendo.

1.2.5 Factores Climáticos

De acuerdo a *Sun-Sentinel* un diario del estado de Florida en EE.UU., el año pasado, Chile se encontró en la peor sequía en casi 100 años. El fenómeno climático conocido como La Niña, ha causado que baje la temperatura del océano, causando menos precipitaciones. En El Laja, la reserva que ayuda generar electricidad a 3 principales turbinas, la reserva de la cuenca descendió a 1,9 mil millones de metros cuadrados, en comparación con 3,1 mil millones el año pasado.

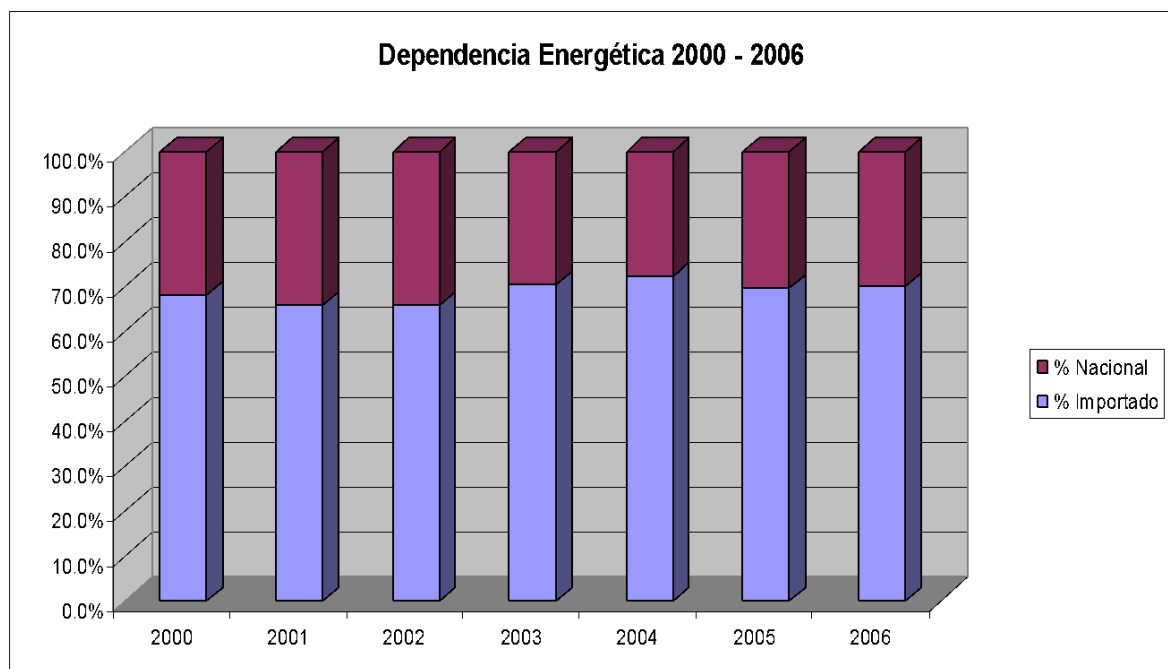
Si se considera que en el centro y sur de Chile, el 45%-70% de toda la energía eléctrica viene de turbinas hidráulicas, este factor resulta gravitante. De acuerdo a Christian Gargeweg, un economista en Celfin Capital SA en Santiago, la sequía puede quitar hasta un punto porcentual en el crecimiento del PIB. Se estima que este año el país crezca en 4,2%, en comparación con 5,1% el año pasado.

Recientemente, para ayudar esta crisis energética, se ha hablado de construir una represa enorme en la región de Aysen y trasladar la electricidad a la región central de Chile, usando grandes líneas de transmisión. Esto ha causado polémica, porque se piensa que la represa puede destruir el ecosistema de la región, y también se cree que la represa no es una solución suficiente para la abastecer la demanda en el largo plazo.

1.2.6 Dependencia Extranjera

Un dato alarmante de la energía consumida en Chile es su dependencia de fuentes extranjeras que requiere para abastecer su demanda interna. La siguiente gráfica producida por el CNE representa este fenómeno claramente.

Gráfica 4: Dependencia Energética 2000 - 2006



-Fuente (CNE)

En el año 2006, más del 70% de toda la energía consumida dentro del país provenía de fuentes extranjeros. Esto es una figura muy alarmante porque deja la industria energética nacional en las manos de los mercados globales que como todos sabemos, puede ser muy volátil.

CAPITULO II LAS ENERGÍAS RENOVABLES

2.1 Tipos de Energía

2.1.1 Energías Renovables

Según la Comisión Nacional de Energía “Las energías renovables se caracterizan porque en sus procesos de transformación y aprovechamiento en energía útil, no se consumen ni se agotan en una escala humana. Entre estas fuentes de energías están: la hidráulica, la solar, la eólica y la de los océanos. Además, dependiendo de su forma de explotación, también pueden ser catalogadas como renovables la energía proveniente de la biomasa y la energía geotérmica.”

Hay varias definiciones que se pueden usar para caracterizar y definir la energía renovable. Por ejemplo, la organización mundial “Greenpeace” define la energía renovable como aquella que tiene un impacto ambiental mínimo o no-existente, lo que tiene un carácter político e imparcial. Por esa razón, se ha escogido la definición del CNE por su prejuicio neutral.

2.1.2 Energías Convencionales y No-Convencionales

Según la Comisión Nacional de Energía (CNE), las energías renovables se clasifican en dos categorías, convencionales y no convencionales que se basan en el grado de aprovechamiento y el desarrollo en tecnología que tienen.

- La convencional dentro del país solamente lo posea la energía hidráulica.

- Los no-convencionales son los demás cuyos incluyen la energía eólica, geotérmica, de los océanos, solar, y también hidráulica cuando se aprovecha en escala pequeña.
- Las energías no-convencionales también poseen un impacto mínimo al medioambiente, aunque, con una buena planificación y implementación, la hidráulica de gran escala también puede tener impactos mínimos.

2.2 Tipos de Energías Renovables No Convencionales (ERNC)

2.2.1 Energía Solar

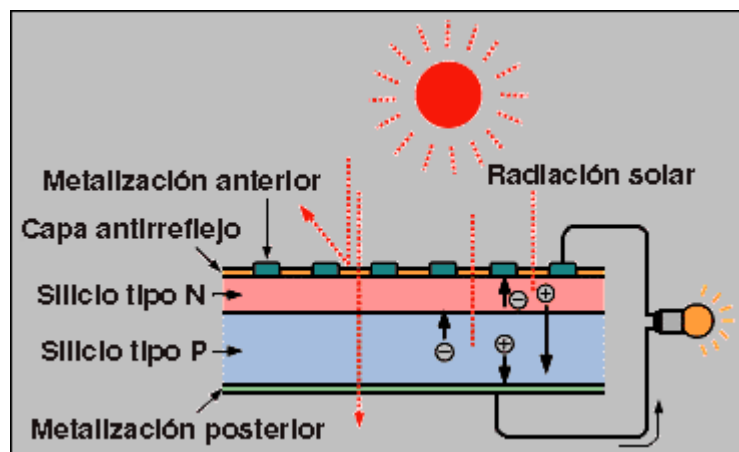
“Recibe el nombre de energía solar aquella que proviene del aprovechamiento directo de la radiación del sol, y de la cual se obtiene calor y electricidad. El calor se obtiene mediante colectores térmicos, y la electricidad a través de paneles fotovoltaicos.” (CNE)

La energía solar que produce calor se puede aprovechar en sistemas de calentamiento. Ciertos sistemas de calentamiento, por ejemplo, se pueden utilizar para calentar agua de uso doméstico. Esto fácilmente se ve cuando tubos o cañerías se instalan sobre la superficie de la tierra, y no debajo de ella, como se ha acostumbrado. Para obtener la energía termal del sol, también existen sistemas de colectores solares que facilitan la transferencia de la energía termal de un punto a otro. Estos sistemas usan lentes o espejos. Básicamente, estos sistemas de Concentración de Poder Solar (CPS) concentran la energía termal de un área grande y lo enfoca en un punto. De estos puntos, el calor se transfiera a otros sistemas de generación eléctrica, o simplemente a

calentar otro objeto. Los tres sistemas mas desarrollados de colectores de energía térmica solar son el pesebre solar, disco parabólico y la torre de concentración solar.

La conversión de energía solar a energía eléctrica se hace por medio de paneles fotovoltaicos. Los paneles fotovoltaicos producen electricidad cuando el silicón (su componente principal) y otro elemento como boro o fósforo, reciben rayos solares (ver gráfica). Al recibir los rayos solares, el panel produce una corriente eléctrica, la cual se puede aprovechar como energía.

Gráfica 5: Sistema Fotovoltaico



(Fuente: www.e-renovables.cl)

2.2.2 Energía Eólica

Se considera la energía eólica como aquella que proviene del movimiento del aire (viento) ocasionado mayormente por cambios climáticos relacionado a la diferencia de temperatura en 2 áreas o zonas.

Al igual que la energía hidráulica, la energía eólica se puede convertir en 2 formas:

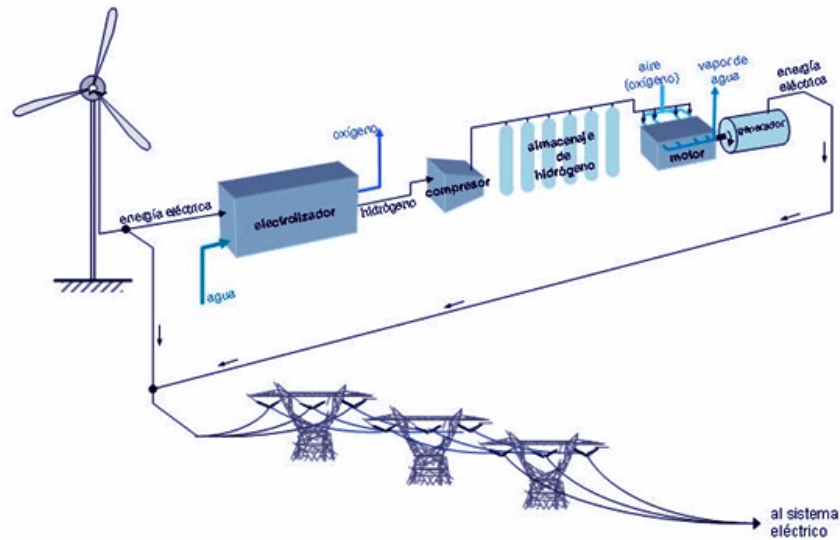
1. Mecánica
2. Eléctrica (de mayor relevancia y uso hoy en día).

La energía eléctrica derivada a través del viento, proviene mayormente de molinero. Como cualquier generador de energía, es un poco difícil entender como funcionan, pero un aerogenerador básicamente tiene cuatro partes:

- 3 Rotor, que captura el viento y da vuelta a un generador de electricidad
- 4 Generador, que convierte energía mecánica a energía eléctrica
- 5 La Torre, que deja capturar viento del cielo (donde existe mayor movimiento del aire) y transferir la energía hacia la tierra por medio de cables eléctricos
- 6 Un Transformador que recibe la energía eléctrica sobre la tierra y lo manda a centros de uso por cables eléctricos.

La siguiente grafica muestra el proceso de generación de energía eléctrica a través de aerogeneradores:

Gráfica 6: Sistema Eólico



Fuente: Martin Varsavsky

2.2.3 Energía geotérmica

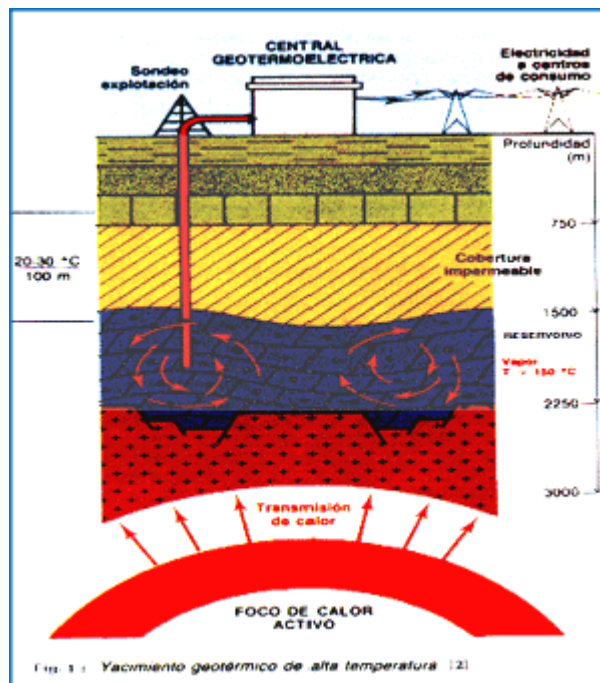
”La energía geotérmica corresponde a la energía calórica contenida en el interior de la tierra, que se transmite por conducción térmica hacia la superficie, la cual es un recurso parcialmente renovable y de alta disponibilidad. El conjunto de técnicas utilizadas para la exploración, evaluación y explotación de la energía interna de la tierra se conoce como geotermia.” (www.cne.cl)

Hay dos formas básicas para aprovechar la energía geotérmica. Capturando agua caliente y de alta presión debajo o por la superficie de la tierra. Esta forma de captura se conoce como **hidrotérmica** y es la más común para recolectar energía eléctrica. La

segunda forma de aprovechamiento se hace inyectando agua fría dentro de huecos en la tierra, donde el movimiento geotérmico calienta la superficie de las piedras, y causa que el agua inyectada salga en forma de vapor.

Para la obtención de electricidad, es importante que haya ciertos factores presentes al ocurrir la recolección. En primer lugar, es necesario que la fuente de calor no sea muy profunda. Esto es importante para que no haya mayor gasto en la excavación. También es importante que los reservorios que haya sean mayormente cubiertos e impermeables, para que la presión y calor se mantengan en condiciones estables.

Gráfica 7: Sistema Geotérmico



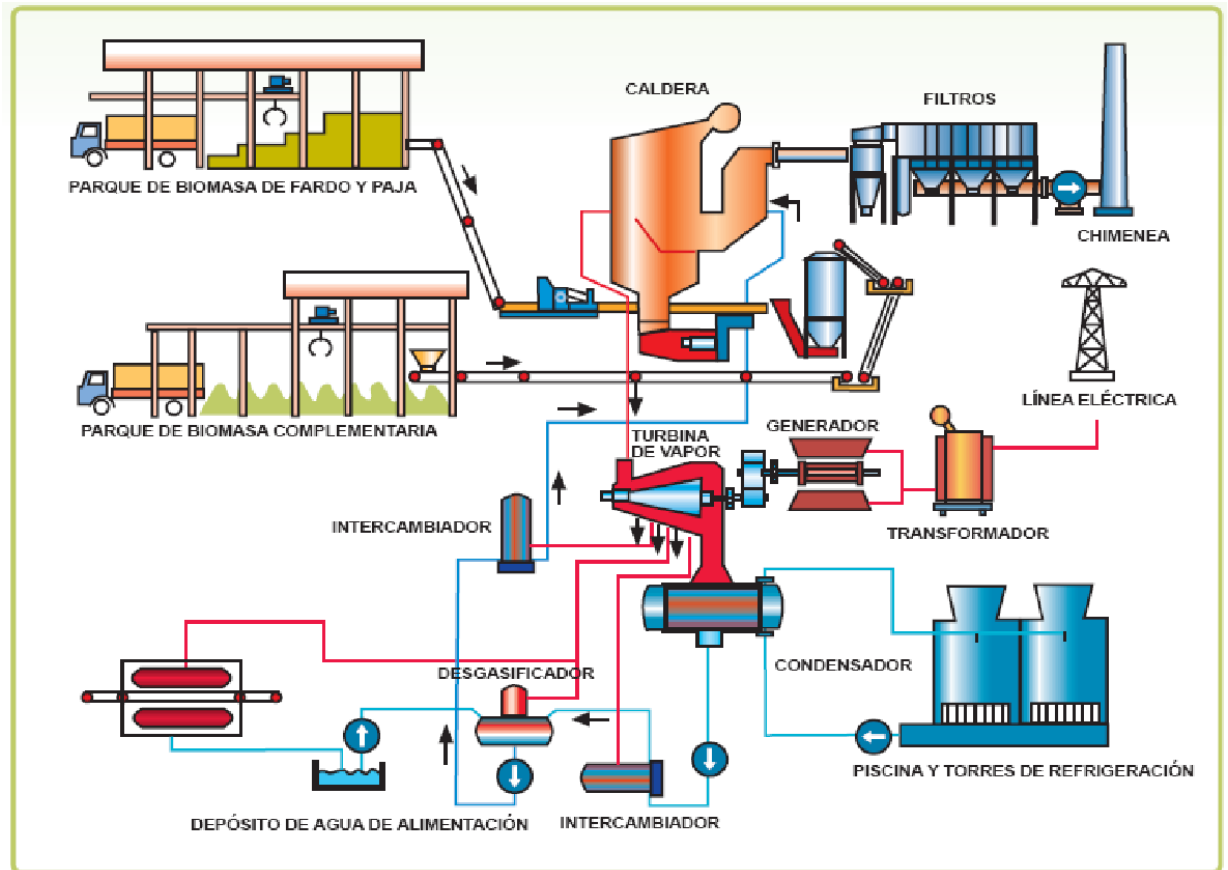
Fuente: <http://tq.educ.ar/tq03030/images/Egeote7.gif>

2.2.4 Energía de Biomasa

Según lo expuesto por la CNE, por biomasa “se entiende el conjunto de materia orgánica renovable de origen vegetal, animal o procedente de la transformación natural o artificial de la misma. La energía de la biomasa corresponde entonces a toda aquella energía que puede obtenerse de ella, bien sea a través de su quema directa o su procesamiento para conseguir otro tipo de combustible.” En la actualidad, la energía de biomasa se aprovecha en la generación de electricidad, producción de gas, y energía térmica (de calor).

El tipo de biomasa que más se utiliza para la producción de energía es la biomasa de residuos. Estos residuos incluyen la basura de hogares, árboles muertos, ramas de árboles, césped cortado, residuos de cultivos, residuos de plantas madereras, abono, entre otros. En un fenómeno más actual, se plantan árboles y plantas, destinados a la producción de esta biomasa, y luego el ciclo se repite para re-generar los insumos que se usan para generar electricidad o gas.

Gráfica 8: Sistema de Biomasa



-Fuente (www.dersa.es)

La biomasa es un tema complicado de investigar, ya que diferentes fuentes naturales pueden ser catalogadas como biomasa. Por ejemplo, una forma innovadora, y controversial, de biomasa es el etanol. Su producción en gran escala fue iniciada en Brasil, donde se usa la caña de azúcar para la elaboración de etanol. Recientemente, los Estados Unidos se han convertido en un productor significativo de etanol, pero a base de maíz.

2.2.5 Energía Hidráulica

La energía hidráulica es una forma de energía renovable que tiene como dependencia el flujo de agua por un medio, sea un río, canal, cascada o un canal superficial, proveniente de una represa hecha por el hombre.

La energía hidráulica potencial se basa en dos factores:

1. El volumen de agua que fluye por el tiempo unidad de tiempo
2. Y por la energía potencial que tiene el agua a causa de su altura.

La transformación de energía potencial a energía eléctrica se construye cuando el movimiento del agua mueve una turbina, que a su vez, mueve un generador eléctrico lo cual termina el proceso de creación de energía. Este tipo de energía es de mayor relevancia porque produce una cantidad significativa del total de la energía eléctrica producida dentro del país. La energía hidráulica también se puede convertir en energía mecánica, lo que era de mayor relevancia en tiempos anteriores.

En este proyecto, no se investigara en detalle la energía eólica. La razón por esto es que ya es un mayor proveedor de energía en Chile y California. Entonces, al elaborar sobre este tema no tendría tanto sentido como los otros tipos de energías renovables

2.2.6 Energía del Océano

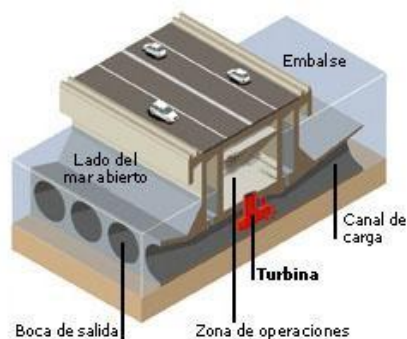
“Las mareas se producen por la atracción gravitatoria que ejerce la luna sobre los mares. En consecuencia durante el día se producen altos y bajos niveles de los mares en las distintas zonas costeras. La *energía mareomotriz* aprovecha estas diferencias, para

interponer elementos móviles, que el agua al pasar por ellos, pueden hacer girar aspas que se conectan a generadores y así producir energía eléctrica.” (www.erenovables.cl).

Este tipo de energía es muy útil para la generación de electricidad porque los movimientos de las mareas son muy pronosticables. En comparación, la energía eólica es difícil de aprovechar a su máximo porque el viento es difícil de predecir.

No obstante que la marea tiene una fuerza muy poderosa y constante, ha sido difícil aprovecharla por el alto costo de implementación de plantas energéticas que usan este tipo de energía como fuente. Aunque el costo de mantenimiento de estos tipos de plantas son bajas, tienen un costo inicial muy alto. Como consecuencia, las ganancias de una inversión no retornarán al cabo de muchos años, lo que aleja inversionistas y desincentiva también a los gobiernos, sobre todo en países en vías de desarrollo.

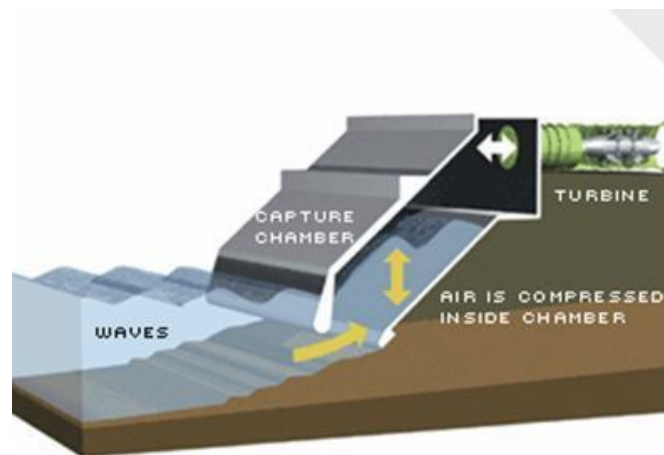
Gráfica 9: Turbina Mareomotriz



(Fuente: www.e-renovables.cl)

Otra forma de energía que proviene del movimiento del mar es la energía undimotriz. La *energía undimotriz* es aquella que proviene de las olas cuando llegan al contacto con la superficie de la tierra, como las playas. Esta energía se usa para la desalinación, bombear agua dentro de depósitos de agua, y finalmente para la generación de electricidad. Esta forma de energía es una de las más prometedoras, ya que hay olas durante todo el día. Chile puede ser uno de los países que más potencial tiene la energía derivada de olas. Como todos sabemos, Chile esta rodeada completamente en su parte oeste por el Océano Pacifico. La parte sur del país a su vez, tiene movimientos de olas muy fuertes durante ciertas épocas.

Gráfica 10: Columna de Agua Oscilante



Fuente: www.masuda.com

CAPITULO III

ANÁLISIS COMPARADO DEL POTENCIAL DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES

3.1 ENERGÍA SOLAR

3.1.1 Potencia Solar en Chile

En la actualidad, la mayoría de la generación de electricidad basada en energía solar se encuentra en la parte norte de Chile. Allí, se pueden encontrar los niveles mas altos de radiación solar del país, incluso, uno de los niveles más altos del mundo. Según un estudio hecho por la Universidad Técnica Federico Santa Maria, los niveles de promedio de radiación solar que recibe cada región de Chile son los siguientes:

Gráfica 11: Niveles de Radiación Solar en Chile

Region	Radiación Solar (Kcal/(m ² /día))
I	4.554
II	4.828
III	4.346
IV	4.258
V	3.520
VI	3.676
VII	3.672
VIII	3.475
IX	3.076
X	2.626
XI	2.603
XII	2.107
RM	3.570
Antártica	1.563

-Fuente: CNE

Como se nota de la gráfica, entre las regiones I - IV tienen los niveles más altos, en promedio, de todo el país.

La mayoría del desarrollo de energía solar se ha hecho en proyectos pequeños para abastecer demandas pequeñas. Ejemplos de estos son para la iluminación de faros, y electrificación de viviendas rurales.

3.1.2 Programa de electrificación Rural (PER)

Uno de los grandes programas sociales que ha llevado a cabo Chile acerca de el uso de energías renovables no convencionales (ERNC) es el Plan de electrificación Rural también conocido como el plan PER. El objetivo del plan era ofrecer zonas rurales la opción de electrificarse y así mejorar su calidad de vida, lograr avances económicos, e integrarlos a las partes sociales y desarrollo del resto del país. En fin, el objetivo era electrificar el 90% de todas las viviendas rurales. En 2002, se alcanzó un porcentaje de electrificación de 85,71%. Una cifra impresionante considerando que hace solo 10 años atrás, el porcentaje alcanzaba el 53,15%

“Desde fines del 2001, con el apoyo del Fondo del Medio Ambiente Mundial de Naciones Unidas (Proyecto GEF/CNE/PNUD), el Gobierno está llevando a cabo un amplio Programa para fomentar el uso de energías renovables no convencionales, en proyectos de electrificación rural para comunidades aisladas o viviendas dispersas, como la energía hídrica (micro centrales), la solar (paneles fotovoltaicos) y la eólica en pequeña escala (aerogeneradores)”. (CNE)

La energía Solar fue la energía renovable que más se usó para el plan de PER en las regiones I – IV. En el año 2003, se inicio un programa para la electrificación de 6,000 unidades usando paneles fotovoltaicos. El programa también involucrará educación y capacitación para que la gente se haga encargo de los sistemas, y así abastecer sus propias necesidades.

3.1.3 Generación de Electricidad en Base a Energía Solar en EE.UU.

En los Estados Unidos, el porcentaje de producción eléctrica en base a energía solar es menos que 0.05%. El porcentaje total de generación de electricidad en base de fuentes renovables es el 9,5%. Obviamente, una cantidad muy pequeña pero aún así una cifra interesante, considerando la inmensa cantidad de energía que los Estados Unidos consumen. En total, se genera 508.000 MW/hora. La siguiente gráfica muestra la cantidad de electricidad que se produce de fuentes renovables. Las tres formas más comunes son la hidráulica convencional, la proveniente de la biomasa y la eólica.

Gráfica 12: Generación de Electricidad de Energía Renovable 2006

EE.UU (mil megawatts/hora)

Total Electricidad Neta de Generación	4,064,702	100.0%
Total Renovable Neta Generación	385,670	9.5
Geotérmica	14,568	0.4
Hidráulica Convencional	289,246	7.1
Solar	508	*
Eólica	26,589	0.7
Madera/Biomasa Forestal	38,649	1.0
MSW Biogénica/Gas de vertedero de basura	14,154	0.3
Otra Biomasa	1,956	*

* = Cantidad Absoluta menos de 0,05.

-Fuente www.eia.doe.gov

California es el estado donde más se produce energía solar en comparación con los otros 49 miembros del Estado Federal. La gráfica que se presenta es la misma que la anterior, pero ahora es un análisis solamente de la energía producida en California. La anterior era para todo el país.

Como se puede ver en las partes marcadas, la energía solar representa un mayor porcentaje del total del estado. Además, la producción de energía solar en California representa el 97% de la producción de energía solar en todo el país.

Gráfica 13: Generación de Electricidad de Energía Renovable 2006

California (mil megawatts/hora)

Generación de Electricidad de energía Renovable 2006 (mil megawatts/hora)		
Total Electricidad Neta Generación	216,799	100.0
Total Renovable Neta Generación	71,938	33.2
Geotérmica	12,821	5.9
Hidráulica Convencional	48,047	22.2
Solar	495	0.2
Eólica	4,883	2.3
Madera/Biomasa Forestal	3,422	1.6
MSW Biogénica/Gas de vertedero de basura	1,684	0.8
Otra Biomasa	585	0.3

-Fuente: www.eia.doe.gov

3.1.4 Radiación Solar-en California y Estados Unidos

Algunas partes de los Estados Unidos y California tienen altas concentraciones de radiación solar al igual que las regiones del norte de Chile. En el sur-este de Estados Unidos (Nevada, Texas, Nuevo México, Arizona, Utah, Colorado y California) se localizan los estados que más radiación eléctrica reciben, en comparación con los demás. Los promedios más altos de radiación solar están entre los 4730-5160 Kcal/m²/día. Esto es semejantemente a los 4.258 – 4.554 Kcal/m²/día que se encuentran en las regiones del norte de Chile. Aunque la gráfica muestra la energía solar en Watts/m²/día, se usó la siguiente fórmula para convertir las unidades:

1 kilowatt hora = 859.845 227 86 kilocaloría [I.T.]

Gráfica 14: Niveles de Radiación Solar en California y EE.UU

-Fuente: www.eia.doe.gov

3.1.5 Potencial de Energía Solar en California

De acuerdo con el plan de implementación de energía solar mencionado anteriormente, el gobierno estatal de California hizo un estudio sobre la cantidad de potencial de generación eléctrica usando paneles fotovoltaicos. El plan tuvo varios supuestos que son los siguientes:

- Instalar paneles fotovoltaicos en cada techo residencial y comercial en el estado. De esta forma, la mayor parte de la generación provendrán de las regiones metropolitanas de San Francisco, Los Ángeles, y San Diego.
- Que cada panel obtuviera un 10% de eficiencia.

Un proyecto como el mencionado es un desafío enorme, pero que podría traer muchos beneficios al mismo tiempo. De acuerdo al plan (y a la tabla de generación técnica), se podría generar un total de 100.139.176 MW/hora si se instalaran paneles fotovoltaicos en cada techo de casas y edificios. Una cifra considerable si se considera que el consumo total en el año 2007 era de 262, 958,528 MW/Hora.

**Gráfica 15: Implementación de Sistemas Fotovoltaicos Sobre Techos
en Todo California**

-Fuente: www.eia.doe.gov

Table 1: PV Technical Potential by County

County	MWh/day	MW	County	MWh/day	MW
ALAMEDA	558,952	103,745	ORANGE	811,245	144,772
ALPINE	260,655	46,505	PLACER	438,756	80,747
AMADOR	214,149	38,754	PLUMAS	397,814	71,626
BUTTE	439,586	80,610	RIVERSIDE	7,811,694	1,253,372
CALAVERAS	378,300	67,423	SACRAMENTO	814,573	147,775
COLUSA	317,045	58,227	SAN BENITO	822,419	150,298
CONTRA COSTA	490,774	91,151	SAN BERNARDINO	25,338,276	3,981,405
DEL NORTE	91,916	20,329	SAN DIEGO	3,561,569	605,526
EL DORADO	373,269	67,806	SAN FRANCISCO	38,977	7,410
FRESNO	1,821,160	317,692	SAN JOAQUIN	513,946	91,113
GLENN	547,123	99,508	SAN LUIS OBISPO	2,450,572	418,263
HUMBOLDT	397,805	88,340	SAN MATEO	251,470	47,153
IMPERIAL	4,698,212	745,987	SANTA BARBARA	1,680,109	297,137
INYO	10,047,177	1,599,946	SANTA CLARA	861,570	158,437
KERN	6,300,316	1,043,071	SANTA CRUZ	157,093	29,776
KINGS	502,002	96,587	SHASTA	895,799	164,584
LAKE	529,442	98,033	SIERRA	193,077	34,794
LASSEN	2,754,941	492,190	SISKIYOU	1,345,782	261,615
LOS ANGELES	3,912,346	662,486	SOLANO	453,190	83,335
MADERA	799,540	140,005	SONOMA	576,430	106,940
MARIN	246,556	45,458	STANISLAUS	795,435	140,965
MARIPOSA	548,329	96,897	SUTTER	90,023	16,717
MENDOCINO	665,493	124,389	TEHAMA	1,316,667	239,196
MERCED	1,034,145	183,460	TRINITY	331,254	64,027
MODOC	2,237,536	423,331	TULARE	1,251,596	217,308
MONO	2,036,627	348,025	TUOLUMINE	668,673	117,463
MONTEREY	1,875,717	330,488	VENTURA	1,136,750	198,073
NAPA	330,271	60,168	YOLO	316,907	57,518
NEVADA	194,567	35,236	YUBA	200,601	37,602
			State Totals:	100,139,176	16,822,184

3.1.6 Proyectos Solares en California

Uno de los mayores programas en California para el aumento en producción de electricidad, basada en energía solar es el programa “California Solar Initiative” o Iniciativa Solar de California, inserta en el plan de “Un Millón de Techos Solares.” Este plan introducido por el Gobernador Arnold Schwarzenegger, tiene como objetivo crear 3.000 MW de electricidad en base de energía solar para el año 2017. El plan ayuda a reducir el costo de implementación de sistemas solares a los residentes del estado. La iniciativa cuyo presupuesto es de US\$3,300 Millones, consiste en:

1. Dar incentivos para que residentes implementan sistemas solares en casas, edificios, sistemas agrícolas, etc. ya existentes. Esto incentivos son en forma de rebajas en tarifas de uso eléctrico, subsidios a la implementación de los sistemas, y análisis y estudios gratuitos de implementación.
2. El segundo componente es parecido al primero, la única diferencia es que se aplica a la planificación de construcción de nuevas casas y edificios.
3. El tercer componente es dar incentivos para que las empresas que generan electricidad incorporen más energía solar a la matriz de fuentes energéticas que forman la base de su producción.

Una vez instalados los sistemas fotovoltaicos, la reducción de gasto se vera de la siguiente forma:

- Si los usuarios consumen más energía que proviene de su sistema solar vs. lo que consumen del sistema eléctrico central, no pagarán el gasto a la empresa eléctrica, siempre que el consumo total sea menor a 1MW.

- Si consumen más electricidad del plan central, que de su propio sistema solar, pagarán sólo la diferencia de consumo.

La iniciativa va ser financiada parcialmente por los consumidores de electricidad existentes en forma de una mensualidad que viene incluida en su pago mensual de electricidad. En promedio el pago es de US\$16 al año. Quedan exentos de estos pagos los residentes que estén en el 10% (decil) inferior de consumo eléctrico, y las familias que están categorizadas como de bajos recursos. La segunda parte del financiamiento será pagado por el gobierno estatal, provenientes de los impuestos que recauda.

Como el plan se implementó recientemente, el 1 Enero de 2007, es difícil de medir su éxito o fracaso, pero sin duda se espera que el plan ayude rebajar los gastos en electricidad para muchas familias del estado, que logren aprovechar el programa.

Actualmente, las dos empresas de generación eléctrica en el sur de California, “Southern California Edison” y “San Diego Gas and Electric”, están construyendo en conjunto las dos plantas solares más grandes del país en el desierto de Mojave, y el Antílope Valley. Estas plantas tendrán la capacidad de generar 500 MW y 300 MW, respectivamente.

3.1.7 Comparación y Conclusión

Los Estados Unidos, en particular California, y Chile tienen potenciales muy altos para la producción de electricidad en base de energía solar. Los niveles de radiación solar que Chile recibe en el norte, y California en el sur, son unos de los más altos del mundo. Las dos regiones comparten climas parecidos que varían de desierto-árido, a mediterráneo, a sub-ártico.

California produce 495.000 MW/hora de electricidad en base de energía solar, un 0,2% de su consumo total. Chile, por su parte, produce muy poca electricidad derivado de energía solar. En ninguno de los cuatro sistemas eléctricos nacionales se registran la energía solar como una fuente de su producción total de electricidad. La energía solar si se encuentra en micro-sistemas que abastecen viviendas rurales, postes de luz u otros tipos de funciones individuales.

Ambos han implementado una nueva legislación para incrementar el uso de energía solar. Chile, formalmente, ha implementado operaciones de pequeño tamaño para electrificar áreas rurales y sistemas de uso eléctrico individuales. California por su parte, ha fomentado el uso de energía solar en base a financiamiento para residentes en forma de subsidios para la implementación de sistemas fotovoltaicos en viviendas o edificios comerciales. También da ayuda en la forma de reducción de gasto mensual de electricidad, si los residentes implementan estos sistemas fotovoltaicos. Aunque el plan de California solamente está en la fase de introducción, parece que va resultar en la instalación de muchos sistemas fotovoltaicos en los próximos 10 años.

3.2 Energía Eólica

3.2.1 Sistema de Aysén y Chiloé

En la Región de Aysén, el único proveedor de energía eléctrica es EDELAYSEN S.A. que se encarga de la generación, transmisión, y distribución de la energía a 20,000 habitantes. La mayoría de estos habitantes están concentrados en Coyhaique. En esa ciudad, se encuentra la única planta eólica en todo el país. Las 3 turbinas eólicas tienen la capacidad de generar 1,9 MW, lo que constituye el 8,5% de la capacidad del sistema eléctrico de Aysen. Aunque este 8,5% constituye el porcentaje más alto de generación eléctrica en base una ERNC de cualquier sistema eléctrico Chileno, la red eléctrica de Aysen es la más pequeña del país, constituyendo menos que el 0,003% de la capacidad de generación de todo Chile.

Aparte del proyecto de “Alto Baguales” en Coyhaique, no existe una planta eólica de tamaño significativo en Chile. Pero inserto en el Plan de Electrificación Rural (PER) mencionado anteriormente, se han construido unas plantas eólicas de tamaño pequeño. Un ejemplo significativo es el “Proyecto Piloto de Generación Eólica en la Isla Tac, en el Archipiélago de Chiloé (Región de Los Lagos). El proyecto se encuentra en operación desde octubre del 2000 y corresponde a un sistema híbrido eólico-diesel que consta de dos aerogeneradores de 7.5 Kw. cada uno. Este proyecto ha beneficiado a 79 familias y a 3 centros comunitarios de la isla” (CNE).

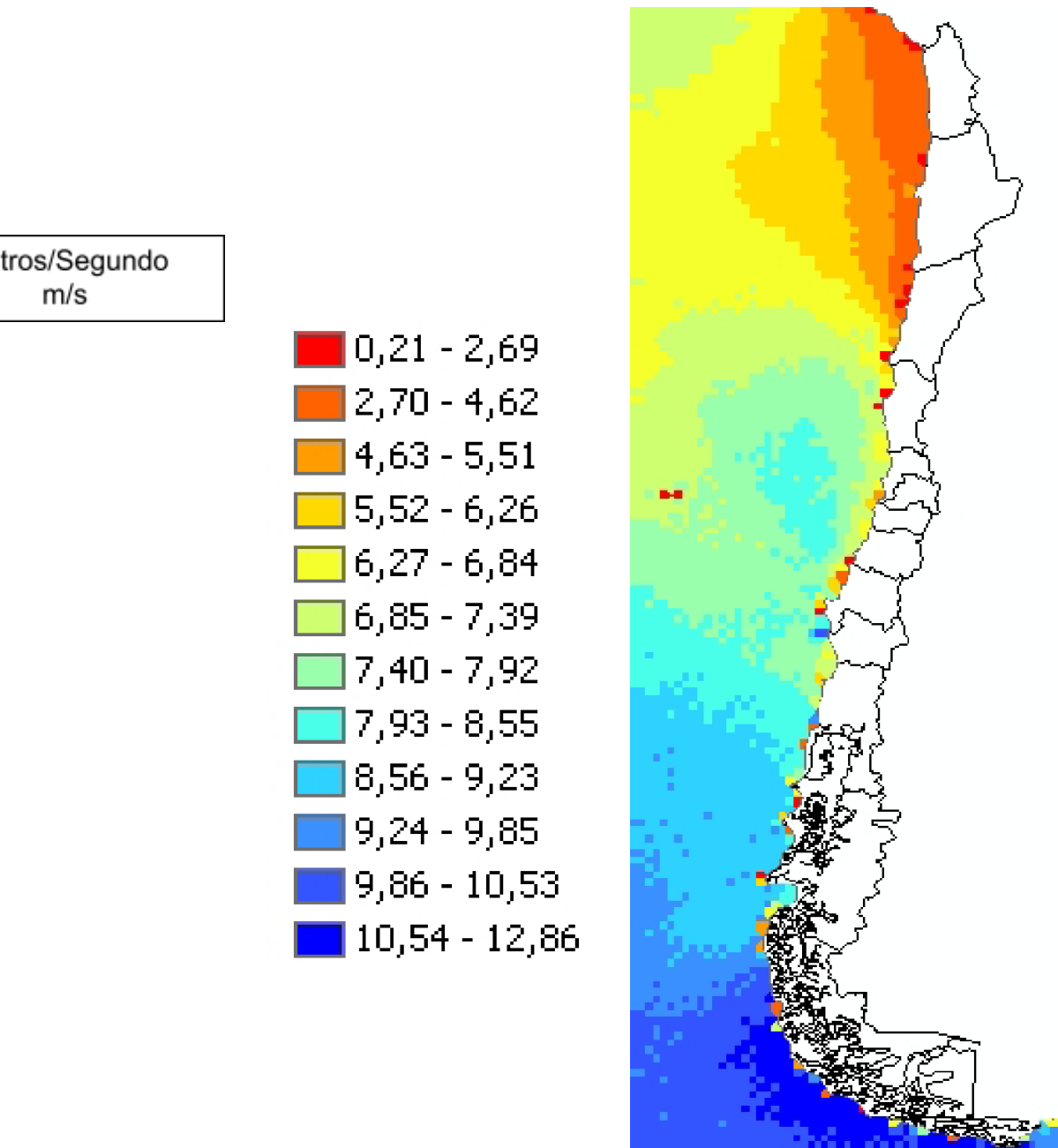
3.2.2 Estudio del Potencial de Energía Eólica en Chile

Actualmente, Chile se encuentra en su etapa de introducción a la formulación de un potencial de energía eólica. El primer estudio significativo sobre la potencia y rentabilidad de energía eólica en el país se inició en 1992. En el estudio, se quiso recopilar toda la información confiable sobre condiciones meteorológicas que fomentaría la generación de electricidad en base del viento. Pero aun así, no se pudo concretar el estudio por falta de estaciones meteorológicas a lo largo del país.

Recientemente, la CNE produjo otro estudio que tenía como objetivo concluir el estudio previamente mencionado. El fin del segundo estudio logro avanzar más el conocimiento de las condiciones meteorológicas potenciales. Este segundo estudio si logro dejar resultados concretos sobre las condiciones de viento desde la I – IX Regiones. Pero no pudo concluir la rentabilidad de instalar estaciones eólicos en dichas regiones.

En el estudio uso 72 estaciones meteorológicas a lo largo de estas regiones, con la mayoría concentrándose en la región metropolitana por su alto nivel de centros investigativos (comparativamente). La siguiente gráfica muestra el promedio de velocidad de vientos en metros/segundo (m/s) que se encuentra a lo largo de la costa Chilena. Esta gráfica no toma en cuenta los vientos que se encuentran al interior del país, los que a veces suele ser de calibres significantes. Los vientos al interior se estudiaran más en detalle al continuar el capítulo.

Gráfica 16: Niveles Eólicos en la Costa Chilena



-Fuente: www.cne.cl

Como se puede ver, el promedio muestra que mientras más al sur de Chile se está, más aumenta la intensidad del viento. Estas estadísticas deben dar mucha confianza y expectativas de utilizar esta energía inagotable. Para Chile, esto es una ventaja comparativa y competitiva, comparando estas condiciones con las de otros actores de Sur-América.

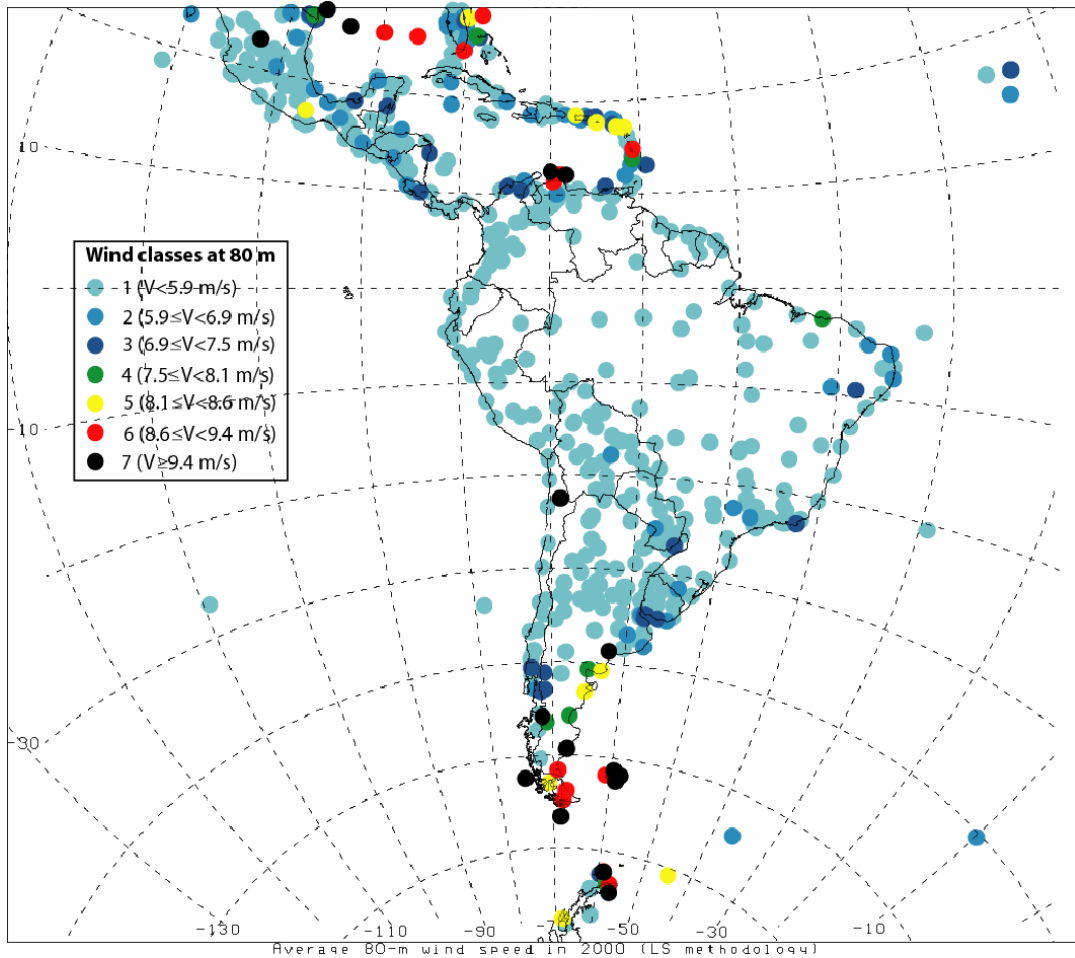
3.2.3 Estudio de Vientos Eólicos en Sur-América

En el 2005, el equipo de investigación de la “Atmosphere/Energy Program” del Departamento de Ingeniería Civil y Medioambiental de la Universidad de Stanford en California, hicieron estudios sobre las posibilidades que tiene la energía renovable alrededor del mundo. Para ser mas específico, la investigación se concentró en las energías renovables no convencionales (ERNC) mencionadas en la introducción de este proyecto.

Siguiendo el mismo estudio, Archer, C. & Jacobson, M. (2005) compararon las velocidades de vientos en Sur-América y el Caribe. En dicho estudio, Chile y Argentina resultan ser los países con mejores condiciones meteorológicas para aprovechar la energía eólica. Específicamente en Chile, las zonas de Atacama, Aysén, y Magallanes son en donde se encuentran las velocidades más altas del país.

En base a la gráfica 17. se puede decir que es en las zonas del sur de Argentina y Chile, donde se encuentra ubicado el mayor potencial de energía eólica en Sur-América.

Gráfica 17: Evaluación de Vientos Aéreos en Sur-América



-Fuente: www.climatechange.ca.gov

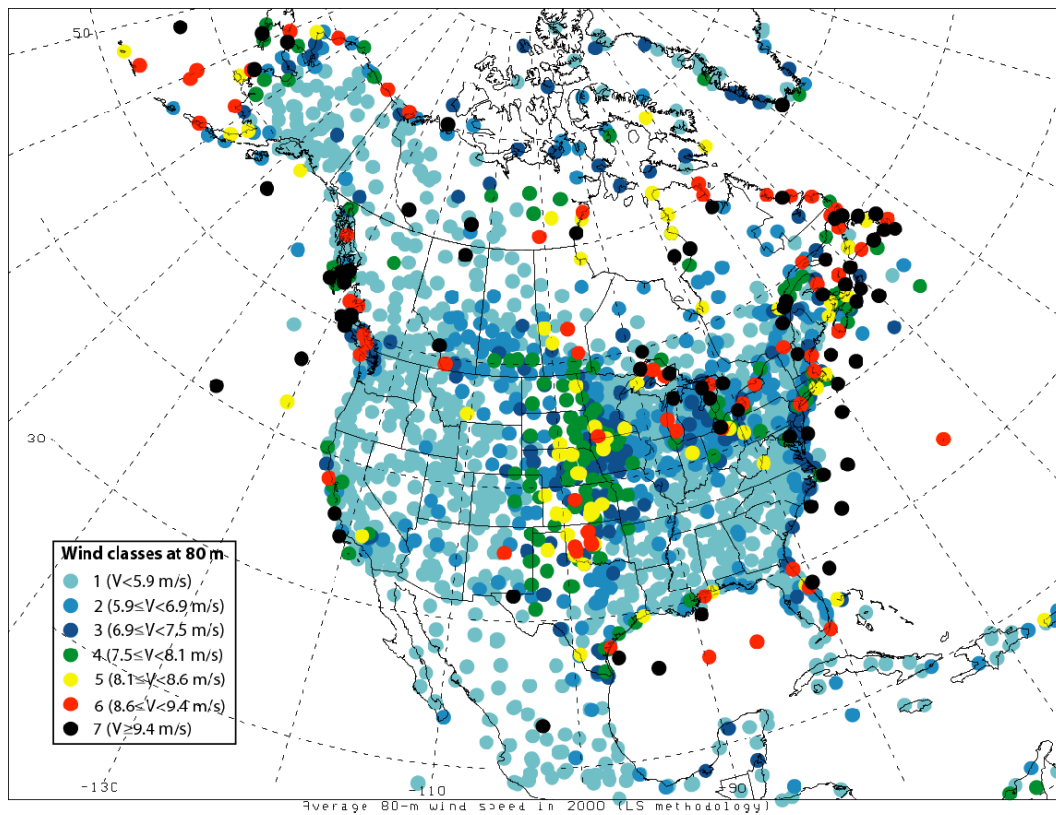
3.2.4 Estudio de Vientos Eólicos en Norte-América

Siguiendo los mismos tipos de estudios mencionados anteriormente para Chile, California ha formulado estudios sobre los vientos que recibe este estado en las partes costeras. Se utiliza el mismo tipo de gráfico publicado por el estudio de Archer, C. & Jacobson, M de la Universidad de Stanford en California en 2005. Las coordenadas de

latitud y ciclo de corriente marítima fría conocida, como la corriente de Alaska, le da abundancia de viento a esta región.

Al igual que Chile y Argentina en Sur-América, California es una de las regiones con las mayores velocidades eólicas de Norte-América. En las costas del Océano Pacífico, sorprendentemente, California tiene velocidades de viento más altas que Oregon o Washington, dos estados que están más cercanos al polo norte. Esto se ilustra en la gráfica 18.

Gráfica 18: Evaluación de Potencial Eólico en Norte América



-Fuente: www.climatechange.ca.gov

3.2.5 Situación de Energía Eólica en California

Actualmente, California es el segundo estado de mayor generación de electricidad en base de energía eólica, después de Texas. California genera 4.883 MW de energía eólica por hora, un 2,3% de su producción total. Texas genera 6,671 MW/hora, lo que equivale a un 1,7% de su generación total. En California, si se compara la fuentes de ERNC, la energía eólica es la de segunda más significativa en términos de producción total.

Para desarrollar el uso ERNC en la población, California ha implementado un sistema de ayuda financiera para los residentes quienes instalan sistemas eólicos en su propiedad. El programa de ayuda llamado “Emerging Renewables Program”, o programa emergente de energías renovables, asiste a los residentes de California por medio de una baja en el costo de unidad eléctrica cobrado en la factura mensual de energía eléctrica. El programa también asiste con una rebaja de hasta 50% del costo inicial de compra y implementación del sistema eólico.

Siguiendo los niveles de rebaja en la tarifa mensual y subsidio en costo inicial de implementación de turbinas eólicas pequeñas (como las instaladas para apoyar viviendas individuales), el tiempo promedio requerido para recuperar los gastos totales varían entre 7 y 10 años. La vida promedio de estos sistemas son de aproximadamente 20 y 30 años.

3.2.5.1 Argumentos Contra Turbinas Eólicas Individuales

Aunque los ahorros económicos y mejoramiento al medio ambiente hacen que la compra de sistemas eólicos parezca obvia en California, los hechos no siempre son así. Las razones para no implementar estos sistemas suelen ser las siguientes (aunque existen muchos más):

- Los bajo niveles de viento en muchas zonas Californianas hacen que los sistemas molineros no sean económicamente viables.
- Incapacidad de residentes para pagar costo inicial del sistema. Aunque los préstamos existen, estos hacen que el tiempo requerido para recuperar el costo total se extiende mucho.
- La mayoría de residentes Californianos viven en zonas urbanas, haciendo imposible la instalación de equipos eólicos en su propiedad
- Los vecinos muchas veces protestan por la construcción de equipos eólicos.
- Todos los sistemas no siempre siguen generando electricidad durante apagones eléctricos.

3.2.6 Conclusión Sobre la Energía Eólica Entre Chile y California

Chile actualmente se encuentra en fase introductoria en su desarrollo de energía eólica. Cuenta con la planta eólica “Alto Baguales” en la XI región que tiene capacidad de generar 1,9 MW. California por su parte genera 4,883 MW/hora de energía eólica. El estado cuenta con varias plantas eólicas.

Para la expansión de proyectos eólicos de pequeño alcance, el gobierno de Chile ha apoyado el “Programa de Electrificación Rural.” California ha apoyado sistemas eólicos individuales en la forma de subsidios de costo inicial y en rebajas de tarifas de uso eléctrico en su factura mensual.

Chile y California tienen potenciales eólicos indudablemente tremendos. En la parte sur del país, Chile tiene las mejores condiciones de viento de todo el cono sur de América. Por su parte, California es el estado con mayor potencial de los estados pacíficos de ese país. Eso dicho, Chile está produciendo electricidad de energía eólica por bajo de su potencial.

3.2.7 Sugerencias Para el Aumento de Energía Eólica en Chile

El mercado eléctrico en Chile está abierto para empresas privadas, lo que permite que haya eficiencia en la generación, transmisión, y distribución de electricidad en el país. Lo negativo de esto es que hay una gran falta de regulación por la parte estatal para controlar las fuentes energéticas que usan las empresas privadas, para generar la electricidad ofrecida a los consumidores. En el caso de California, el estado asegura que existe un balance entre las diferentes fuentes energéticas que usan las empresas eléctricas en la generación de electricidad.

Desde la crisis energética en California del 2002, el estado comenzó programas de conservación eléctrica, algo que se empezó recién en 2006 en Chile con la crisis energética actual, pero que inevitablemente tendrá éxito como lo tuvo en California. Aunque el plan de apoyo para la energía eólica que California tiene para sistemas

individuales sería muy difícil de implementar en Chile, por el bajo promedio de ingresos personales en comparación con California, un plan parecido para pequeñas y medianas empresas podrían ser más viable, ya que estos cuentan con mayores portafolios financieros y tienen mejor posibilidades de obtener préstamos para financiar el costo de compra y implementación de los Sistemas Eólicos.

Por parte del gobierno chileno, éste tendrá que dar ayuda financiera y técnica para facilitar la implementación de sistemas eólicos a lo largo del país. Como en el caso de California, esta ayuda puede ser en subsidios para la inversión inicial de molinos eólicos y rebajas en la tarifa de uso eléctrico para los residentes que implementan los sistemas.

3.3 Energía Geotérmica y Biomasa

3.3.1 Energía Geotérmica

3.3.1.1 Situación Geotérmica Actual en Chile

Chile se encuentra ubicado precisamente en la región de más alta actividad volcánica y sísmica del continente, conocida como “El Cinturón del Fuego”. Este rasgo es evidente al notar la existencia de la Cordillera de Los Andes, un producto de los movimientos tectónicos entre las placas de Nazca y Sur-América, siendo la placa del Pacífico la que se introduce por debajo de la placa de Nazca, y cuyo roce provoca la actividad geotérmica. La actividad geotérmica se encuentra en etapas de alto movimiento en comparación con los 130 millones de años que lleva como historia esta área geológica.

La CNE e industrias mineras han recopilado datos, acerca de las áreas geotérmicas que tienen la potencia de poder crear electricidad en base a su energía natural. Estos sitios se encuentran por todo el país y se detallan en la gráfica 19.

Según la CNE “A pesar que se estima que la energía geotérmica es abundante a lo largo de todo el territorio nacional (del orden de miles de MW útiles), no ha sido explorada en profundidad, ni utilizada como fuente para generar energía eléctrica y sólo ha sido usada hasta ahora con fines medicinales y turísticos.” (Fuente: CNE)

Gráfica 19: Áreas Geotérmicas en Chile

Región	Comuna	Sitios	Región	Comuna	Sitios
Primera Total: 23	Putre	5	Séptima Total: 6	Curicó	3
	Huara	1		Molina	1
	Camiña	1		San Clemente	1
	Colchane	6		Linares	2
	Pica	9		Longaví	1
Pozo Almonte	1	Parral		1	
Segunda Total: 13	Ollague	1	Octava Total: 10	San Fabián	1
	Calama	3		Coihueco	1
	San Pedro de Atacama	8		Santa Bárbara	7
	Antofagasta	1		Quilaco	1
	Diego de Almagro	2		Curacautín	2
Tercera Total: 5	Copiapó	3	Novena Total: 13	Melipeuco	1
	Tierra Amarilla	2		Curarrehue	3
Cuarta Total: 2	Vicuña	1			Pucón
	Combarbalá	1		Lanco	2
Quinta Total: 3	Santa María	2		Futrono	3
	San Esteban	1		Panguipulli	2
	Colina	1	Décima Total: 25	Puyehue	2
Las Condes	1	Puerto Varas		3	
San José de Maipo	5	Cochamó		3	
Sexta Total: 2	Cauquenes	1		Chaitén	6
Undécima Total: 6	San Fernando	1		Hualaihué	4
	Cisnes			4	
	Río Ibañez			2	

Fuente: www.cne.cl

3.3.1.2 Pasos Para el Futuro Geotérmico Chileno

En el 2000, el gobierno estatal anuncio su interés en explotar este recurso natural más en profundo con la Ley N° 19.657 "Sobre Concesiones De Energía Geotérmica." Este cuerpo normativo establece reglas sobre la exploración y explotación del recurso geotérmico. Esta ley deja claro qué posibles relaciones pueden haber entre los "concesionarios, el Estado, los dueños del terreno superficial, los titulares de

pertenencias mineras y las partes de los contratos de operación petrolera o empresas autorizadas por ley para la exploración y explotación de hidrocarburos, y los titulares de derechos de aprovechamiento de aguas.” (Fuente: CNE)

En el 2003, la CNE y la Universidad de Chile elaboraron un estudio sobre la viabilidad económica acerca del uso de energía geotérmica. El estudio denominado "Simulación Preliminar de Desempeño Operacional y Comercial de Centrales de Generación Eléctricas Geotérmicas y Eólicas" concluye que sí es posible el desarrollo de estos tipos de energías en el mediano plazo.

El problema principal relacionado con la construcción de centros geotérmicos en Chile, proviene del alto costo inicial de la implementación de las plantas eléctricas. Por parte de inversión privada, esto genera riesgos a mediano y largo plazo. Para que sea posible su implementación e inversión, hay ciertas medidas que el gobierno nacional debe procurar, según el estudio de la Universidad de Chile.

Estas medidas de implementación son:

1. Una reducción del cargo impositivo sobre las empresas
2. Elaborar un sistema de seguros para la exploración
3. Subsidios directos e indirectos a los consumidores de tales fuentes energéticas
4. Un aumento en la asistencia de las fuentes geotérmicas por su impacto neutral al medioambiente.

3.3.1.3 Situación Actual en California

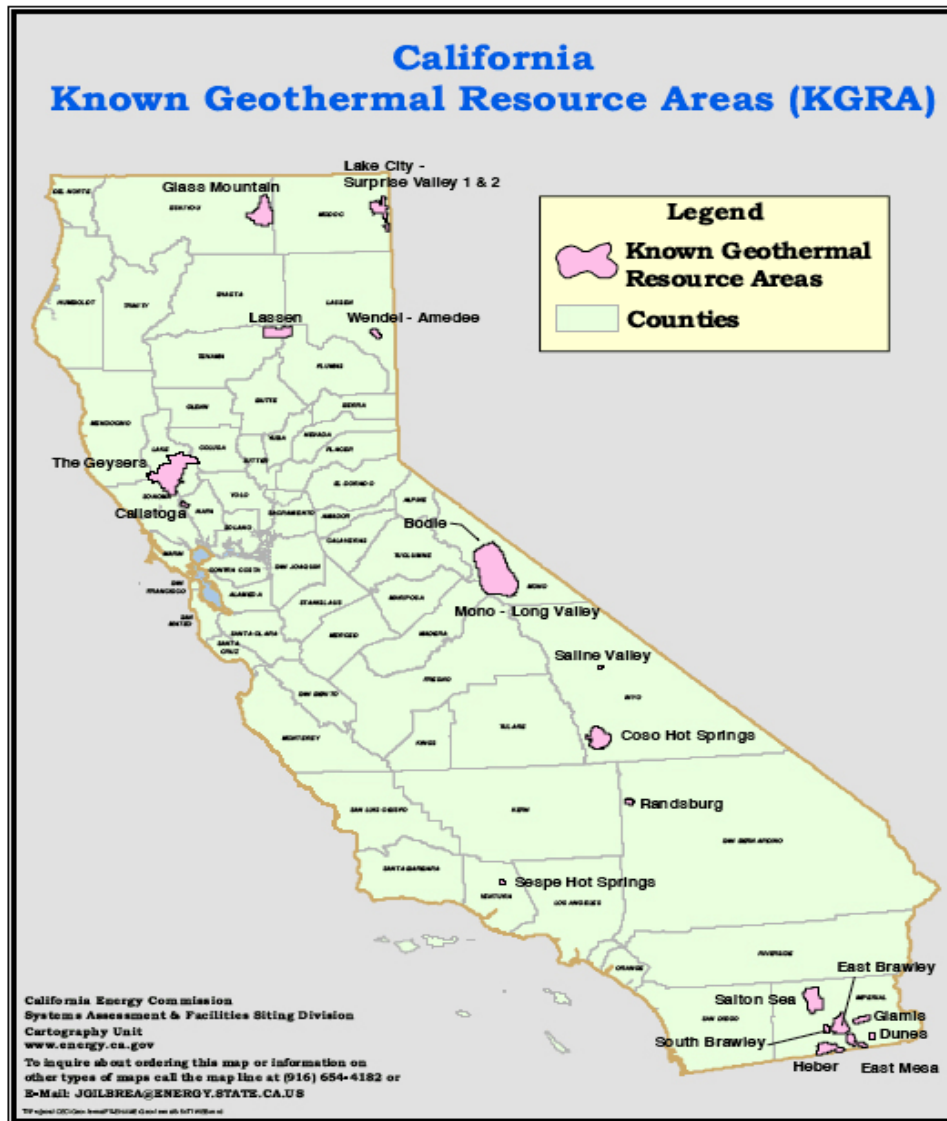
En California, la energía geotérmica es la ERNC más productiva, en términos de porcentaje de producción total. La energía geotérmica compone casi el 6% de la generación de electricidad dentro del estado. Esto significa que produce 12,821 mil MW/Hora. California constituye el 40% de la producción mundial de electricidad en base de energía geotérmica.

En el mundo hoy en día, existen solamente 2 plantas eléctricas que producen electricidad del movimiento de turbinas en base de la energía *hidrotérmica*, mencionada en el segundo capítulo en la sección 2.2.3, ubicadas en California e Italia. En el estado existen plantas geotérmicas de mayor importancia. Aunque hay varias fuentes geotérmicas en el estado, solamente algunas son suficientemente grandes y calientes para producir electricidad de manera eficiente. La electricidad generada por estas plantas produce suficiente energía para electrificar alrededor de 2 millones de viviendas.

En California, hay 14 sitios donde se usa la energía geotérmica para producir electricidad. 5 de estos sitios de alta potencia son:

- El Área de “Geysers” norte de San Francisco
- En el norte oeste cerca del Parque Nacional “Lassen Volcanic”
- El área de los Lagos de Mammoth – el sitio de un antiguo volcán
- Las Termas Calientes de “Coso” en el condado de Inyo
- En el Valle Imperial en el Sur de California.

Gráfica 20: Fuentes Geotérmicas y Sus Correspondientes Plantas Eléctricas en California



G

-Fuente: www.energy.ca.gov

El Programa de energía geotérmica elaborado por la Comisión de energía de California fue creada en 1905 por la Propuesta de Bosco. La misión de la propuesta es

apoyar la investigación, desarrollo, demostración, y comercialización de la potencia enorme que California tiene acerca de fuentes naturales de calor. El programa a trabajado en conjunto y asistido a mas de 160 entidades separadas, publicas y privadas.

El Programa hasta ahora ha sido implementado en dos fases. La primera fase fue en 1981. En esta fase, se promovió la energía geotérmica en California de manera técnica y financiera a grupos públicos para aumentar la planificación para usos directos. La segunda fase comenzó una década después de su implementación en 1991. La asistencia del gobierno estatal fue extendida a entidades privadas en forma de ayuda financiera para la investigación, desarrollo y comercialización de proyectos en escala mediana y grande. El dinero proviene de los ingresos que recibe el gobierno federal de empresas privadas, quienes pagan por el arriendo de tierra en California.

El gobierno estatal premia las subvenciones dentro del “Geothermal Resources Development Account”, o Cuenta Para el Desarrollo de Recursos Geotérmicas. Estas ayudas financieras son premios a empresas privadas, en base a criterios que incluyen el desarrollo sostenible de la energía renovable y la reducción en el impacto ambiental.

3.3.1.4 Conclusión y Sugerencias Para el Desarrollo Geotérmico Chileno

Como se pudo notar en la sección anterior, California tiene un nivel avanzado en sus niveles de producción geotérmicos. El sistema estatal que ayuda a empresas

privadas y públicas con asistencia técnica y financiera, ha logrado que el estado tenga el 40% de la producción mundial de electricidad en base de energía geotérmica. Chile y California son dos regiones que comparten, además de climas parecidos, características físicas en su tierra. Los dos regiones están localizados en el círculo alrededor del Océano Pacífico en una área altamente activa en movimientos tectónicos y geotérmicos, mejor conocido como el “Cinturón de Fuego”.

Para seguir en los pasos de California y explotar el recurso geotérmico que tiene Chile, el país va tener que hacer más que solamente establecer reglas sobre exploración y explotación para empresas privadas, según rige la ley más actualizada sobre el tema , Ley N° 19.657 "Sobre Concesiones de Energía Geotérmica" aprobada en el año 2000. El gobierno estatal va tener que trabajar más profundamente con agencias públicas, al igual que empresas privadas, para incentivar la exploración de manera sostenible y responsable en acuerdo con medidas ambientales y sociales.

En el estudio elaborado recién, y mencionado en este proyecto, la entidad pública Universidad de Chile, ha investigado el potencial de construir plantas eléctricas para aprovechar la energía geotérmica. Para que llegue a suceder esto, la Universidad sugirió que el gobierno tiene implemente las siguientes medidas:

1. Una reducción del cargo impositivo sobre las empresas.
2. Elaborar un sistema de seguros para la exploración.
3. Subsidios directos o indirectos a los consumidores de tales fuentes energéticas.

4. Un aumento en la asistencia de las fuentes geotérmicas por su impacto neutral al medioambiente.

En el año 2004, el Ministerio de Minería realizó los primeros pasos para el desarrollo de energía geotérmica. El Ministro de Minería otorgó concesiones para la exploración de sitios específicos. A continuación se ve la localización de los sitios, su potencia en base del tamaño de superficie que cubren, y las entidades que recibieron las concesiones, la mayoría siendo entidades públicas.

Gráfica 21: Concesiones de Exploración Geotérmica Vigentes en Chile a Abril de 2004.

Concesiones de Exploración Vigentes en Chile			
Nombre	Región	Superficie (ha)	Concesionario
Calabozo	VII	75.000	Empresa Nacional de Geotermia
Calabozo II	VII	5.600	Empresa Nacional de Geotermia
Calabozo III	VII	12.600	Empresa Nacional de Geotermia
Laguna del Maule	VII	60.000	Universidad de Chile
Chillán	VIII	34.200	Empresa Nacional de Geotermia
Tripán	IX	4.200	Geotérmica del Pacífico
San Gregorio	VIII y IX	9.600	Geotérmica del Pacífico
Puyehue – Carrán I	X	28.000	Universidad de Chile
Puyehue – Carrán II	X	12.600	Universidad de Chile
Carrán-Los Venados	X	12.600	Universidad de Chile
Concesiones de Explotación Vigentes en Chile			
Nombre	Región	Superficie (ha)	Concesionario
Rollizos	X	260	Sr. Samuel Santa Cruz Hudson

Actualización: 12 de abril de 2006

Fuente: www.cne.cl

3.3.2 Energía de Biomasa

3.3.2.1 Biomasa en Chile

En la actualidad, la biomasa para la generación de electricidad solamente se usa en el Sistema Interconectado Central (SIC). Esta fuente tiene la capacidad de generar 170,9 MW, lo que representa el 0,02% de la capacidad del SIC y el 0,014% de la capacidad nacional.

“Un significativo aporte al uso de las energías renovables no convencionales lo constituye la extracción del biogás desde vertederos de basura. Posteriormente éste es procesado y se utiliza, en forma comercial, como componente del gas de ciudad en Santiago y Valparaíso” (Fuente: CNE). El gas recibido de esta fuente normalmente se usa en plantas eléctricas de cogeneración, los que usa energía de biomasa y combustibles fósiles.

En otro estudio sobre el biogás como fuente de energía renovable no convencional, se estima que el potencial técnico implementable en la actualidad es de, aproximadamente, 400 MW de capacidad para generación eléctrica, lo que significa alrededor del 3,5% de la capacidad actual del país. Además, en sistemas de cogeneración sería posible obtener energía térmica que, de ser utilizada, aumentaría en alrededor de un 100% la energía aprovechada. A medida que los precios de la energía en los mercados nacionales e internacionales aumentan, el potencial factible también aumentará.

Aunque el uso de biomasa no es un factor de mayor relevancia en la producción de electricidad en Chile, sí tiene muchos aspectos importantes de uso como energía primaria. En el 2005, se realizó un estudio titulado “Residuos de la Industria Primaria de la Madera Disponibilidad Para Uso Energético” hecho por la CNE, Instituto Forestal (INFOR), Cooperación Técnica Alemana (GTZ), y Cooperación Intergubernamental Chile – Alemania.

La publicación tuvo como estudio los residuos aprovechables energéticamente (RAE) de plantas de madera. “La disponibilidad y destinos que tienen los residuos obtenidos principalmente son: la comercialización con un 56,6%, seguido del autoconsumo con un 33,8%, y en menor medida, se regala o acumula, con un 5,8% y 3,8% respectivamente. Considerando sólo los residuos que son comercializados, el 60,7% del volumen tiene como destino la industria forestal (plantas de celulosa y tableros), ya sea para la generación de energía o como insumo para nuevos productos” (Fuente CNE) La mayoría de la energía que se aprovechaba de los residuos comerciales se usaba de forma térmica (calor).

3.3.2.2 Biomasa en California.

California, de nuevo es el estado líder en la producción de electricidad en base de energía de biomasa, donde tienen la capacidad de generar 5.106 MW/Hora, o el 2,4% de su potencial de generación eléctrica total.

En los Estados Unidos, el uso de Biomasa no se concentra en la generación de electricidad como es el caso de la energía solar, hidráulica, geotérmica, y eólica. El rol

de la biomasa se ha enfocado en su uso como biocombustible, tal como etanol dentro de los Estados Unidos. En 2007, el presidente Bush hizo un llamado para que los Estados Unidos redujeran su uso de gasolina en un 20% en 10 años. Esto generó que la mayoría de la biomasa producida para efectos de energía, fuera dirigida a la producción de biocombustibles y no a la generación de electricidad. Esto ha causado que la implementación de programas de electrificación en base de biomasa, no crezca a una tasa tan alta como lo ha hecho el mercado de biocombustibles dentro del país.

Pero la producción de etanol en los Estados Unidos no está exenta de controversia. El etanol en base a maíz ha causado conflictos porque ha causado que suba el precio mundial del maíz, un producto principal para el alimento de los humanos.

Seguramente el uso de biocombustibles afectará de manera positiva el medioambiente y reducirá la dependencia estadounidense del petróleo extranjero, pero por las razones de producción limitada, no se enfocará mucho en el mercado de biomasa en California.

3.2.2.3 Conclusión y Comparación

El uso de basura y residuos orgánicos como fuente de energía provee una mejor fuente de energía en términos ambientales, por el menor nivel de emisiones contaminantes en comparación con combustibles fósiles.

Aunque Chile produce poca electricidad de fuentes de biomasa, el país sí usa la fuente orgánica como energía primaria de forma mayor. Con un mejor aprovechamiento

de vertederos de basura para producir biogás, y luego usarlo para la generación eléctrica, Chile podrá ver reducido el impacto ambiental, y diversificada su matriz energética.

De igual modo, un mayor aprovechamiento de residuos orgánicos en plantas eléctricas de cogeneración, aumentaría la producción de electricidad en base de ERNC, sin mayor esfuerzo en desarrollo o innovación. Aunque California es el líder estadounidense en producción de electricidad en base de biomasa, la predisposición que tiene el país para desarrollar etanol de manera impactante como un producto de biomasa, hace que California y Estados Unidos no sean un buen ejemplo para seguir en este elemento energético.

CONCLUSIÓN FINAL

Chile actualmente se encuentra en medio de una crisis energética que ha sido provocado por varias circunstancias. El incremento de la demanda de electricidad, posibles apagones eléctricos y un incremento en el precio de energías primarias ha causado que Chile requiera una diversificación de su matriz energética. Un incremento en estándares ambientales y una sobre dependencia de fuentes extranjeras para energía, son sólidas razones para que Chile desarrolle energías renovables para responder a estos problemas energéticos que enfrenta hoy en día.

Chile, al igual que California en Estados Unidos, goza de climas y condiciones físicas que le proporciona una ventaja comparativa para el uso de energías renovables. La producción de electricidad en base a energías renovables no convencionales es menos del 3% en Chile. Por otro lado, California tiene la matriz eléctrica más diversificada del mundo, con el 11% de su producción eléctrica basándose en ERNC. Así pues, California, con sus condiciones climáticas y físicas muy parecidas a las de Chile, sería un buen ejemplo para que Chile siga en su desarrollo de ERNC.

La implementación de sistemas eléctricos que aprovechan ERNC deberían ser liderado por el gobierno nacional de Chile. Las ayudas técnicas tienen que ir dirigidas a organizaciones públicas y privadas para una mayor investigación de estas fuentes, aunque ya existe mucha información sobre el tema. Las ayudas gubernamentales también tienen que ir dirigidas a empresas privadas para construir sistemas de ERNC, que tengan un significativo apoyo a las redes eléctricas nacionales. Estas ayudas

gubernamentales a empresas privadas debieran ser en forma de asistencia técnica y debieran dar una mayor seguridad sobre la inversión inicial que invertirán las empresas, algo que ha alejado estas implementaciones actualmente. Las ayudas a organizaciones de investigación y aquellas dirigidas a empresas privadas son de mayor relevancia para la implementación de sistemas eólicos y geotérmicos.

Para que Chile aumente el uso de energía solar en forma eléctrica, como lo hizo California, el gobierno nacional tendría que incentivar la compra e instalación de sistemas fotovoltaicos por viviendas individuales, con subsidios directos en el costo de implementación de estos sistemas. Al mismo tiempo, el gobierno debería reducir el costo por unidad eléctrica que pagarían las viviendas que tengan funcionando sistemas fotovoltaicos. Así pues, la instalación de sistemas fotovoltaicos tendría un incentivo económico para su implementación, algo que los consumidores buscan al momento de cambiar tecnologías domésticas a sistemas eléctricos.

Finalmente, la posibilidad de alejarse del uso de combustibles fósiles no sólo es la responsabilidad de nuestros gobiernos, sino también de cada persona que habita el mundo. Cambios básicos que puede hacer cada persona, usando las nuevas ampolletas eficientes, o usando modos de transporte eficientes, ayudarán a reducir el impacto en el medioambiente y también significará un ahorro para los individuos.

BIBLIOGRAFÍA

<http://www.nodo50.org/panc/Ere.htm>

http://www.cne.cl/fuentes_energeticas/e_renovables.php

<http://www.wwindea.org/home/index.php>

http://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_renovable

<http://www.cne.cl/>

<http://www.latinbusinesschronicle.com/app/article.aspx?id=1721>

<http://www.windpower.org/en>

www.erenovables.cl

www.latercera.cl

<http://www.eia.doe.gov>

<http://www.onlineconversion.com/energy.htm>

<http://www.energy.ca.gov>

<http://www.gosolarcalifornia.ca.gov/csi/faqs.html>

http://www.climatechange.ca.gov/events/2007_conference/presentations/2007-09-11/2007-09-11_JACOBSON_MARK.PDF

<http://www.renovables-rural.cl/actividades/evaluacion.php>

<http://www.renovables-rural.cl/actividades/evaluacion.php>

http://www.consumerenergycenter.org/erprebate/documents/2002-05-01_WIND_GUIDE.PDF

[E.PDF](http://www.consumerenergycenter.org/erprebate/documents/2002-05-01_WIND_GUIDE.PDF)

<http://www.energyquest.ca.gov>

<http://waste.ideal.es/renovables.htm>