

INFORME FINAL

ESTUDIO

**“TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA
PARA EL CAMBIO CLIMÁTICO”**

Preparado por



Copia

Noviembre 2003

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	3
2.	IDENTIFICACIÓN DE TECNOLOGÍAS LIMPIAS Y EFICIENTES.....	5
2.1.	DESCRIPCIÓN DE LOS TIPOS DE TECNOLOGÍAS LIMPIAS Y EFICIENTES.....	5
2.1.1	TECNOLOGÍAS PARA REDUCIR EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI) EN EL SECTOR TRANSPORTE	5
2.1.2	TECNOLOGÍAS PARA REDUCIR LAS EMISIONES DE GEI EN EL SECTOR INDUSTRIAL.....	9
2.1.3	TECNOLOGÍAS PARA REDUCIR LAS EMISIONES DE GEI EN EL SECTOR GENERACIÓN ELÉCTRICA.....	12
2.2.	COSTOS (REFERENCIALES) O ESTIMACIÓN DEL CONSULTOR	25
2.3.	PROCEDENCIA TECNOLÓGICA.....	26
3.	IDENTIFICACIÓN DE TECNOLOGÍAS EN CHILE	28
3.1	POTENCIALES DE ENTRADA	28
3.1.1	SECTOR TRANSPORTE	28
3.1.2	SECTOR INDUSTRIAL.....	29
3.1.3	SECTOR GENERACIÓN ELÉCTRICA	32
3.2.	MADUREZ TECNOLÓGICA.....	38
3.2.1	TECNOLOGÍA INMADURA	38
3.2.2.	TECNOLOGÍA MADURA.....	38
3.3.	BARRERAS DE ENTRADA.....	39
3.3.1	BARRERAS TÉCNICAS	39
3.3.2	BARRERAS ECONÓMICAS	39
4.	IDENTIFICACIÓN DE INCENTIVOS AL INGRESO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS ...	40
4.1	INVERSIÓN EN PROMOCIÓN Y FOMENTO DE PROYECTOS DE NUEVAS TECNOLOGÍAS	40
4.2	EXENCIONES IMPOSITIVAS Y TRIBUTARIAS	40
4.2.1	EXENCIONES IMPOSITIVAS	40
4.2.2	EXENCIONES TRIBUTARIAS	41
4.3	FIJACIÓN DE PRECIOS DIFERENCIADOS.....	41
4.4	SUBSIDIO A LA OPERACIÓN DE PROYECTOS DE ER.....	42
4.5	ESTABLECIMIENTO DE CUOTAS DE MERCADO.....	42
4.5.1	CUOTAS DE MERCADO PARA CONSUMIDORES	42
4.5.2	CUOTAS DE MERCADO PARA GENERADORES.....	42
4.6	APOYO AL MERCADO DE CRÉDITOS DE CARBONO.....	42
4.7	OTROS MECANISMOS DE INCENTIVOS	43
5.	CUANTIFICACIÓN DE REDUCCIÓN DE EMISIONES DE CO2.....	44
5.1	SECTOR TRANSPORTE.....	44
5.2	SECTOR INDUSTRIAL.....	45
5.3	SECTOR GENERACIÓN ELÉCTRICA.....	48
6.	IDENTIFICACIÓN Y PROPOSICIÓN DE INSTANCIAS QUE PERMITAN TRANSFORMAR A CHILE EN PLATAFORMA TECNOLÓGICA	50
6.1	ANÁLISIS PRELIMINAR.....	50
6.2	CHILE COMO PLATAFORMA TECNOLÓGICA DE TECNOLOGÍAS LIMPIAS	51

6.3	LAS ENERGÍAS RENOVABLES COMO ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS A DESARROLLAR..	51
6.4	LA EFICIENCIA ENERGÉTICA COMO ALTERNATIVA TECNOLÓGICA A DESARROLLAR ...	54
6.5	LAS TECNOLOGÍAS LIMPIAS DE TRANSPORTE COMO ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS A DESARROLLAR.....	54
6.6	CONCLUSIONES.....	55

1. INTRODUCCIÓN

Una de las metas más relevantes que se ha propuesto la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) es lograr posicionar a Chile como una Plataforma Tecnológica en el sector medioambiental y energético para el resto de Latinoamérica. Para ello, la CONAMA ha definido que un primer paso es potenciar las energías renovables, la eficiencia energética y el transporte sustentable.

Consecuentemente, es necesario crear las condiciones institucionales, regulatorias, legales y de mercado para que ello ocurra. Esto depende de múltiples factores, uno de los cuales pasa por identificar los incentivos económicos que permitan potenciar estas tecnologías. Otro factor decisivo es identificar las barreras económicas o regulatorias, que impiden la habilitación de opciones energéticas ambientalmente convenientes.

Es necesario entonces ver alternativas para establecer condiciones que posibiliten este cambio. Se debe tomar un papel activo en la promoción de las condiciones que permitan que las toneladas de carbón reducidas por tecnologías puedan ser un aporte a la introducción de tecnologías ambientalmente sustentables. Con ello se creará un incentivo para que el mercado se interese por la utilización de estas tecnologías.

Lo lógico entonces es encontrar el conjunto de condiciones, en términos institucionales, regulatorios y económicos, que harán posible la introducción de tecnologías de generación de energías renovables, que permitan reemplazar, al menos en parte, las de uso actual. Debido fundamentalmente al factor económico, la generación de energía se realiza con mayores emisiones, tanto de contaminantes locales como globales. De este modo, existe un subsidio ambiental oculto a favor de estas tecnologías y/o combustibles, asociados a mayores emisiones, que perjudica la adopción de tecnologías más limpias.

Un desarrollo energético en la dirección de las energías renovables se sustenta en que hoy existe la oportunidad de modificar la actual situación de dependencia energética del país, y al mismo tiempo, situarlo como una plataforma para el desarrollo de estas tecnologías aprovechando la reciente firma de los acuerdos comerciales con la Unión Europea, Estados Unidos, Canadá y países Asiáticos. En consideración a los acuerdos comerciales firmados, se verifica que la mayor oportunidad se presenta con la Unión Europea, Canadá y Japón, ya que estos países han suscrito el Protocolo de Kyoto.

En efecto, actualmente Chile dentro de América del Sur, es el país que presenta la mayor dependencia energética en consideración a que debe importar la totalidad del gas natural consumido entre Arica y Puerto Montt y el 95% del petróleo consumido a escala nacional, lo que comparado con la situación de países como Perú, Argentina, Bolivia, Ecuador, Venezuela e incluso Brasil, puede considerarse como una desventaja desde el punto de vista de seguridad energética.

Lo anterior debe tomarse como una oportunidad para que Chile, en pos de mejorar esta situación, lleve a cabo actividades de investigación y desarrollo, apoyado por países más avanzados, para incorporar nuevas tecnologías, tanto de energías renovables como de eficiencia energética (sector energía y sector transporte). Con ello, en el mediano plazo Chile podría liderar en la región el desarrollo e implementación de proyectos con estas características.

Por otra parte y en esta misma línea de trabajo, el Global Environmental Fund (GEF) ha destinado recursos a través de Enabling Activities para desarrollar estudios que potencien la transferencia tecnológica para la mitigación del Cambio Climático.

El presente documento corresponde al Informe Final del estudio "Transferencia de Tecnologías para el Cambio Climático" solicitado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

2. IDENTIFICACIÓN DE TECNOLOGÍAS LIMPIAS Y EFICIENTES

2.1. Descripción de los tipos de Tecnologías Limpias y Eficientes

Los tipos de tecnologías limpias y eficientes en relación con el cambio climático se analizarán según sector de aplicación de las mismas. Los sectores considerados en este estudio son los siguientes:

- Sector transporte
- Sector industrial
- Sector eléctrico (generación)

A continuación se describen las distintas tecnologías asociadas a cada caso.

2.1.1 Tecnologías para Reducir Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en el Sector Transporte

Existen combustibles alternativos a los tradicionales (diesel y gasolina) que permiten reducir las emisiones de GEI producidas por el funcionamiento de los vehículos (sin considerar aquellas emisiones contaminantes derivadas de su fabricación) en un 80% o más. El uso generalizado de esos combustibles depende de la superación de diversas barreras técnicas, económicas y regulatorias, entre las que destacan los costos de pasar a nuevos tipos de vehículos, la tecnología de producción y distribución del combustible, las preocupaciones por la seguridad y la toxicidad, y los posibles problemas de rendimiento en algunas condiciones climáticas o geográficas. A modo de ejemplo, el uso generalizado del hidrógeno y la electricidad en los vehículos crea dificultades técnicas y de costo que no permiten su masificación comercial.

Dentro de los combustibles alternativos se incluye al Gas Natural Comprimido (GNC), Gas Licuado de Petróleo (GLP); Hidrógeno, metanol, etanol y electricidad. El uso de estas opciones en la reducción de las emisiones de GEI dependerá de la facilidad de implementación y operatividad, del desempeño mecánico de los vehículos y de los costos asociados (inversión, operación y mantenimiento). De los combustibles alternativos, los más utilizados a nivel mundial y que también se encuentran en un grado de madurez más alto, son el GNC y el GLP, especialmente en nichos de mercado asociados a alto recorrido en zonas urbanas.

En relación con las emisiones de GEI resultantes del ciclo completo de combustible, se tiene que el uso del GLP permite alcanzar reducciones del orden del 20 – 25% respecto del uso de gasolina. El GNC, por otra parte, permite alcanzar reducciones menores, del orden del 15% respecto de la gasolina.

Los vehículos eléctricos tienen un buen potencial de reducción de emisiones de GEI dependiendo del tipo de tecnología utilizada. Cuando estas tecnologías consumen electricidad generada a bordo del vehículo (vehículos a baterías, híbridos, solares, etc), las reducciones de emisiones de GEI son importantes, lo cual se debe a que no existen

emisiones asociadas al ciclo de vida del combustible. En el caso de aquellas tecnologías eléctricas que consumen energía desde la red, el nivel de reducciones de emisiones de GEI dependerá de la fuente primaria de energía, lo cual puede producir incluso aumentos en aquellos casos en que la energía eléctrica consumida por el vehículo es generada mediante centrales térmicas a carbón, petcoke o petróleo pesado.

La masificación comercial de las tecnologías eléctricas dependerá básicamente de los costos de inversión, de las eficiencias de baterías, de los tipos de motores y controladores, y de los diseños en general del vehículo que permitan lograr mayores eficiencias.

Con relación a la utilización de combustibles de tipo criogénico, tales como el hidrógeno y el Gas Natural Líquido, se sabe que a pesar de ser fuentes energéticas muy limpias, los costos asociados a su producción, manejo, almacenaje y distribución son tan altos que su aplicación comercial ha sido lenta. En este sentido, es el GNL el combustible que más avances en el tema de distribución y consumo ha tenido, especialmente en el caso de flotas comerciales livianas y pesadas, sin embargo, los principales casos se encuentran en fases piloto o demostrativas. Los costos asociados a esta tecnología siguen siendo altos por lo que su masificación comercial aún debe esperar.

En el presente informe se consideran varias opciones tecnológicas de mitigación. Algunas son rentables en determinadas circunstancias (su utilización disminuye los costos del transporte privado, teniendo en cuenta los ahorros de combustible, las mejoras del rendimiento, entre otras). Dichas opciones incluyen las mejoras en el rendimiento energético; fuentes de energía alternativas y cambios operacionales y estructurales del sistema de transporte.

La rentabilidad de esas tecnologías varía mucho entre los distintos tipos de usuarios y entre países, según los recursos disponibles, los conocimientos técnicos, la capacidad institucional y la tecnología, así como de acuerdo con las condiciones del mercado local.

En lo que sigue se resumen las opciones tecnológicas en el sector transporte que permiten mitigación del cambio climático.

2.1.1.1. Tecnologías Eléctricas

Dentro de las tecnologías eléctricas, se han considerado las siguientes:

- Trolebús
- Vehículos Híbridos
- Trenes Ligeros
- Tranvías
- Vehículos de Celdas Combustible.

Trolebuses

El trolebús es un autobús con un motor eléctrico alimentado por una línea aérea enganchada a dos cables que distribuyen una tensión constante. Sus ruedas llevan simultáneamente con un motor diesel y un motor eléctrico. Las principales empresas proveedoras de esta tecnología, son: MAN, NAW, VAN HOOL, VOLVO y DAIMLER-BENZ

En términos cualitativos, los costos de inversión y mantención del trolebús son mayores que la tecnología Diesel convencional pero sus costos de operación son algo inferiores que ésta.

Vehículos Híbridos

Los sistemas de propulsión híbrido eléctrico combinan dos fuentes de potencia motriz: un sistema de almacenamiento de energía renovable, tal como un pack de baterías, y una unidad de energía auxiliar, como por ejemplo un motor de combustión interna, una turbina o un sistema de celdas de combustibles. Una característica esencial de este tipo de tecnología es que la energía, que de otra manera se pierde por el calor durante el frenado, es capturada por medio de un sistema de frenos regenerativos que cargan en cada frenada el pack de baterías.

Trenes Ligeros

La tecnología de trenes ligeros tiene cierta flexibilidad en cuanto a su configuración, lo que permite disponer de distintos niveles de capacidad. Esto puede ser ajustado a través del número de carros y frecuencia. En este contexto sus capacidades pueden ir desde los 5.000 a los 40.000 pasajeros/hora por sentido, utilizando desde 2 a 4 carros, respectivamente.

Las velocidades comerciales promedio van desde los 20 km/h hasta los 35 km/h. Los costos de inversión asociados al vehículo son del orden de los 1.6 millones de US\$/tren. En cuanto a los costos de inversión en infraestructura, éstos varían de acuerdo al nivel de demanda a satisfacer, estando en el rango de los 50 a 75 millones de USD por km.

Tranvías

Los tranvías tienen una capacidad del orden de los 40.000 pasajeros/h por sentido de circulación y una velocidad comercial promedio de 35 Km/h. En términos cualitativos los costos de inversión y mantención son más elevados que los correspondientes a buses diesel convencionales y los costos de operación inferiores.

Vehículos de Celdas de Combustible (Fuel Cells)

Algunas de las empresas que cuentan con versiones en demostración y ensayos de buses fuel cell, son: Bus Manufacturing Inc USA; NovaBus Corporation (subsidiaria de Volvo); New Flyer Industries Ltd.; Evobus (una compañía de Daimler Chrysler Company); Hino Motors Ltd.; Irisbus (Renault e Iveco Co); MAN; Thor Industries; Van Hool y Machi Ansaldo.

Los prototipos ensayados tienen autonomía en el rango de 320 a 560 kms., velocidades máximas en el rango de los 55 a los 95 km/h y velocidades comerciales promedio de 15 km/h. Tienen capacidades del orden de 3.000 pasajeros/h por sentido y un consumo de 7 kWh/km.

En términos económicos, tienen elevados costos de inversión y mantención, con costos operacionales de similar nivel a los correspondientes a la tecnología diesel convencional.

2.1.1.2 Vehículos a Gas

Gas Natural Comprimido (GNC)

La utilización del GNC presenta claras ventajas respecto de la disminución en emisiones de GEI puesto que es, entre los combustibles fósiles, el que tiene la menor relación carbono – hidrógeno. Además permite una importante disminución de emisiones de material particulado, principalmente en relación con el diesel, debido al mínimo contenido de azufre.

El GNC no se considera como un combustible tóxico (los vapores del GNC carecen de olor y no son tóxicos si se respiran) y no se relaciona mayormente con aspectos perjudiciales a la salud estando diluido en el aire. Debido a su alta presión, los aspectos de seguridad asociados al uso de GNC pasan a ser relevantes. Los estanques son construidos de acero de alta resistencia o de algunos compuestos sintéticos. En general el GNC requiere de ciertas precauciones de seguridad que no son necesarias en el uso de gasolina, diesel o GLP y los procedimientos de mantención deben acomodarse a estas características.

Los vehículos que utilizan GNC emiten muy pequeñas cantidades de partículas u hollín negro visible del tubo de escape. La cantidad de partículas asociadas con el GNC generalmente se atribuye a consumo de aceite lubricante en el carter del motor, no al combustible. La tecnología para fabricar estanques de GNC es muy conocida y madura.

En caso de una colisión vehicular, los tanques de combustibles de GNC son sumamente fuertes. En pocos casos donde hubo fallas del tanque de GNC, se estudiaron cuidadosamente y los problemas, mayormente relacionados con la falla del cinturón de soporte o abrasión del tanque durante la operación normal, ya se han solucionado.

Vehículos a Gas Natural Licuado (GNL)

El GNL se obtiene a partir del gas natural a través de un "Proceso Criogénico" que implica considerar una "Planta de Criogénesis". Para el caso del suministro vehicular de este tipo de combustible, se requiere la infraestructura y equipamiento adecuados para almacenar, suministrar y distribuir este tipo de combustible criogénico, considerándose instalaciones surtidoras fijas (Estaciones de Servicio GNL)

Las principales características del GNL son las siguientes:

- Líquido criogénico: -260° F (-162° C), a presión atmosférica.
- 98% Metano: durante el proceso de licuefacción la mayor parte de las impurezas del gas natural son filtradas.
- Baja presión: el GNL es almacenado a presiones de 50 psi (3,5 bar) a 150 psi (10,3 bar), lo cual es despreciable en relación con las presiones de almacenamiento del

Gas Natural Comprimido (GNC), las cuales van desde 3.000 psi (206,8 bar) hasta 3600 psi (248,2 bar).

- GNL ocupa 1/600 el volumen del GNC a temperatura y presión atmosférica.
- Alta temperatura de ignición: 999 °F (537,2 °C) versus 480° F (204,4 °C) del P. Diesel.
- Bajo rango de inflamabilidad: 5% a 15% de atmósfera versus 1% al 99% en el caso de la gasolina.
- Alta densidad energética.

El Gas Natural Licuado (GNL) se puede llegar a obtener comercialmente para uso vehicular en plantas de pequeña escala (19 a 75 metros cúbicos diarios).

En relación con las reducciones de emisiones de GEI, principalmente CO₂, el GNL permite alcanzar reducciones del orden del 20% a 30% respecto de la gasolina.

Vehículos a Gas Licuado de Petróleo (GLP)

El GLP es un combustible alternativo desde hace más de dos décadas, a tal punto que actualmente hay en circulación más de ocho millones de vehículos con este tipo de propulsión. Entre 2000 y 2001 la cantidad de vehículos creció un 15% a nivel mundial, y el consumo total de GLP como combustible automotriz fue en el 2001 de 15,5 millones de toneladas.

Países como Italia, España y Holanda lo utilizan sobre todo para el transporte urbano, pero en Asia y Australia, las aplicaciones son variadas, de hecho en Australia una importante automotriz ofrece uno de sus modelos de lujo a GLP. Los vehículos a GLP proporcionan similares prestaciones que los de gasolina sólo que con ventajas en el costo operativo.

En términos medioambientales los vehículos que utilizan GLP permiten alcanzar reducciones de 20% en emisiones de NO_x, de 60% en emisiones de CO y en alrededor de 10% en emisiones de CO₂.

2.1.2 Tecnologías para Reducir las Emisiones de GEI en el Sector Industrial.

Si bien la eficiencia de los procesos industriales ha aumentado considerablemente en las últimas décadas, las mejoras en cuanto a eficiencia energética siguen constituyendo la mejor manera de reducir las emisiones de GEI.

Las tecnologías limpias y eficientes en términos de mitigación del cambio climático aplicables al sector industrial se describen a continuación.

2.1.2.1 Utilización de combustibles menos contaminantes

Utilizando combustibles industriales menos intensivos en carbono, como el gas natural, se pueden reducir las emisiones de GEI en forma rentable. El uso eficiente de biomasa en sistemas de cogeneración de turbinas de vapor y de gas también puede contribuir a reducir las emisiones, como se ha demostrado en las industrias de la pulpa y el papel a nivel internacional, los productos forestales y algunas industrias agrícolas. Otro ejemplo puede ser el cambio a combustibles renovables (secado por energía solar, generación eólica in situ, entre otras)

2.1.2.2 Generación Distribuida

La generación distribuida es un concepto energético que está tomando cada vez más importancia a nivel mundial. La generación distribuida se define como aquella generación de energía eléctrica a pequeña escala, lo más cercana al centro de carga, con la opción de interactuar (comprar o vender) con la red eléctrica y, en algunos casos, considerando la máxima eficiencia energética.

En cuanto al rango en capacidad instalada de la generación distribuida, en la literatura internacional se manejan diferentes definiciones:

- Menores a 500 kilowatts (kW);
- Mayores a 1,000 y menores a 5,000 kW;
- Menores a 20,000 kW;

No obstante lo anterior, se puede decir que, en lo que respecta a tecnologías disponibles, la capacidad de los sistemas varía desde algunos cientos de kW hasta 10 MW.

El éxito de la difusión y fomento de la generación distribuida radica en la existencia de tecnologías de punta que permiten, para potencias pequeñas, generar energía eléctrica en forma eficiente, confiable y de calidad. Además deben existir las condiciones legales que permitan su aplicación.

Dichas tecnologías se pueden dividir en las de generación y las de almacenamiento energético.

Las tecnologías de generación se dividen, a su vez, en convencionales y no convencionales. Las primeras incluyen a las turbinas de gas, motores de combustión interna y microturbinas. Las segundas se refieren a las energías renovables, como la minihidráulica, geotérmica y biomasa, las turbinas eólicas, celdas de combustibles y celdas fotovoltaicas.

Las tecnologías de almacenamiento comprenden a las baterías de acumuladores, los volantes de inercia, las bobinas superconductoras, imanes y almacenamiento basándose en hidrógeno.

El auge de los sistemas de GD se debe a los beneficios inherentes a la aplicación de esta tecnología, tanto para el usuario como para la red eléctrica. A continuación se listan algunos de los beneficios:

Los beneficios que se pueden mencionar para la tecnología de la generación distribuida se pueden mencionar los siguientes:

- Incremento en la confiabilidad
- Aumento en la calidad de la energía
- Reducción del número de interrupciones
- Uso eficiente de la energía
- Menor costo de la energía (en ambos casos, es decir, cuando se utilizan los vapores de desecho, o por el costo de la energía eléctrica en horas peak)
- Uso de energías renovables
- Facilidad de adaptación a las condiciones del sitio
- Disminución de emisiones contaminantes

2.1.2.3 Cogeneración

Con una mayor cogeneración industrial, y mediante la cascada térmica de calor sobrante, hay grandes posibilidades de reducir los Gases de Efecto Invernadero (GEI) de los combustibles fósiles y los biocombustibles.

En muchos casos, la combinación de calor y energía o la cascada térmica es económicamente rentable, como ha quedado demostrado en varios países. Por ejemplo, la industria que utiliza mucho carbón puede reducir sus emisiones de CO₂ a la mitad, sin cambiar de combustibles, mediante cogeneración. La cascada térmica, que comprende la captura y reutilización secuencial de calor a menos temperatura para fines apropiados, requiere un enfoque ecológico industrial en el que se vinculen varios procesos industriales y las necesidades de acondicionamiento de espacio y agua, y para lograr los máximos beneficios puede ser necesaria la cooperación entre compañías y la inversión conjunta de capital.

Dentro de la cogeneración se pueden identificar distintas opciones tecnológicas de implementación:

- **Cogeneración con Motores Alternativos:** utiliza motores de combustión interna que involucran bajos costos de inversión y se caracteriza por entregar una alta eficiencia eléctrica. El único inconveniente que poseen es que la energía térmica que producen posee menor temperatura que la generada por turbinas a gas. Es utilizable en el área industrial. Como combustible utilizan diesel, gasolina o gas natural; existen en distintas capacidades que varían desde 15 kW a mayores de 20 MW; alcanzan eficiencias eléctricas del orden del 40% y eficiencias térmicas cercanas al 33%; su temperatura de gases de combustión es de 400°C; tienen un bajo costo de inversión, una vida útil de 25 años, alta eficiencia a baja carga, consumo medio de agua, poco espacio para instalación, flexibilidad de combustibles y su crecimiento puede ser modular.

- **Cogeneración con Microturbinas:** es una tecnología reciente que opera bajo el mismo ciclo termodinámico que las turbinas a gas a gran escala, pero utilizando un solo ciclo de compresión. Se pueden utilizar a menor escala que los motores alternativos, es decir, en pequeñas industrias. Las microturbinas tienen cuatro modos distintos de operación: aislado de la red eléctrica, conectado a la red, en paralelo con exportación de energía, y de modo continuo o intermitente a la misma. Sus principales características son: rango de 15 kW a 300 kW en una sola unidad; frecuencia de 1,600 Hz; mantenimiento mínimo; sus unidades ocupan muy poco espacio; son ligeras; operan sin vibración, prácticamente no hacen ruido; operan de 40,000 a 75,000 horas y pueden utilizar como combustible, además del gas natural, el keroseno, gasolina, etanol, diesel, propano y biomasa. Una de sus principales características es la reducción de emisiones contaminantes: 9 partes por millón (ppm) de NOx, 40 ppm de CO y emisiones totales de hidrocarburos por debajo de las 9 ppm.
- **Cogeneración con Celdas de Combustible:** las celdas de combustible convierten directamente la energía química del hidrógeno y oxígeno en electricidad, sin necesidad de realizar combustión o trabajo mecánico como en el caso de motores o turbinas. Las celdas de combustible son alimentadas continuamente por aire (oxidante) e hidrógeno, el cual es producido a partir del gas natural por medio de un proceso denominado reformación. Generalmente, las eficiencias de conversión de estos aparatos varían entre 40% y 60%. Esta alta eficiencia de conversión de electricidad reduce completamente el consumo de combustible respecto de la generación eléctrica tradicional.
- **Cogeneración con Motores Stirling:** La aplicación de la microgeneración a partir de la utilización de motores Stirling se da particularmente en calderas en las cuales existe una necesidad por pequeños motores, con una capacidad de entre 200 W y 4 kWe. Las turbinas a gas, e incluso los motores a gas, no se adecuan a estas capacidades de potencia, sin embargo, los motores Stirling entregan una muy buena oportunidad al respecto. Por todo esto, los micro-cogeneradores Stirling han sido propuestos sólo para aplicaciones a escala doméstica, agrícola o industrial de baja potencia. A través de la utilización del calor producido por cogeneración mediante motores Stirling se alcanzan altas eficiencias térmicas (85-90%) lo cual hace a esta tecnología muy competitiva.

2.1.3 Tecnologías para Reducir las Emisiones de GEI en el Sector Generación Eléctrica.

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 y la eólica. Además, dependiendo de su forma de explotación, también pueden ser catalogadas como renovables la energía proveniente de la biomasa y la energía geotérmica.

Las energías renovables suelen clasificarse en convencionales y no convencionales, según sea el grado de desarrollo de las tecnologías para su aprovechamiento y la penetración en los mercados energéticos que presenten. Dentro de las convencionales, la más difundida es la hidráulica a gran escala.

Como energías renovables no convencionales (ERNC) se consideran la eólica, la solar y la geotérmica. Además, existe una amplia gama de procesos de aprovechamiento de la energía de la biomasa que pueden ser catalogados como ERNC. De igual manera, el aprovechamiento de la energía hidráulica en pequeñas escalas se suele clasificar en esta categoría.

Al ser autóctonas y, dependiendo de su forma de aprovechamiento, generar impactos ambientales significativamente inferiores que las fuentes convencionales de energía, las ERNC pueden contribuir a los objetivos de seguridad de suministro y sustentabilidad ambiental de las políticas energéticas. La magnitud de dicha contribución y la viabilidad económica de su implantación, depende de las particularidades en cada país de elementos tales como el potencial explotable de los recursos renovables, su localización geográfica y las características de los mercados energéticos en los cuales competirían.

2.1.3.1 Energía Eólica

La energía eólica se considera una forma indirecta de energía solar. Entre el 1% y 2% de la energía proveniente del sol se convierte en viento, debido al movimiento del aire ocasionado por el desigual calentamiento de la superficie terrestre. La energía cinética del viento puede transformarse en energía útil, tanto mecánica como eléctrica.

La energía eólica, transformada en energía mecánica ha sido históricamente aprovechada, pero su uso para la generación de energía eléctrica es más reciente, existiendo aplicaciones de mayor escala desde mediados de la década del 70 en respuesta a la crisis del petróleo y a los impactos ambientales derivados del uso de combustibles fósiles.

El dispositivo que se utiliza para aprovechar la energía contenida en el viento y transformarla en eléctrica es la turbina eólica. Una turbina obtiene su potencia de entrada convirtiendo la energía cinética del viento en un par (fuerza de giro), el cual actúa sobre las palas o hélices de su rotor. Para la producción de electricidad la energía rotacional es convertida en eléctrica por el generador que posee una turbina; en este caso, llamado aerogenerador.

Las turbinas que se encuentran en el mercado son muy confiables, con factores de disponibilidad de más de un 98%, lo cual significa que pueden operar durante más del 98% del año; generalmente, apagándose sólo durante el período de mantenimiento. Además, las turbinas sólo requieren mantenimiento cada seis meses.

Aparte de las características del viento, la cantidad de energía que pueda ser transferida depende de la eficiencia del sistema y del diámetro del rotor. Las mejores aeroturbinas que se construyen actualmente tienen un índice global de eficiencia (tomando en cuenta la del rotor y el generador) de casi 35%.

Hay tres componentes del viento que determinan la potencia disponible de un sistema de conversión de energía eólica

1. Velocidad del viento: Es un parámetro crítico porque la potencia varía según el cubo de la velocidad del viento. Las turbinas eólicas requieren una velocidad de viento mínima para empezar a generar energía: para pequeñas turbinas, este es, aproximadamente, de 3,5 metros por segundo (m/s); para turbinas grandes, 6 m/s, como mínimo.
2. Características del viento (turbulencia): Mientras que los modelos de viento globales ponen el aire en movimiento y determinan, a grandes rasgos, el recurso del viento en una región, rasgos topográficos locales, que incluyen formaciones geográficas, flora y estructuras artificiales, pueden mostrar la diferencia entre un recurso eólico utilizable y uno que no lo es.
3. Densidad del aire: Temperaturas bajas producen una densidad del aire más alta. Mayor densidad significa un rendimiento más alto de la potencia, para una velocidad del viento dada.

Aplicaciones mecánicas de la Energía Eólica

- Bombeo de agua: La aplicación mecánica más frecuente de la energía eólica es el bombeo de agua, para lo cual son especialmente adecuadas las turbinas de baja potencia.
- Aplicaciones térmicas: La energía mecánica de una máquina eólica se puede transformar directamente en térmica por dos mecanismos: calentamiento de agua por rozamiento mecánico o compresión del fluido refrigerante de una bomba de calor. En ambos casos, el calor producido se puede enviar, a través de un cambiador de calor, a un sistema de calefacción convencional. Sin embargo, el desarrollo de este tipo de aplicación no ha resultado económicamente factible. Es más costo-efectivo generar electricidad de alta calidad, pues se puede aplicar en diferentes casos, que construir un sistema eólico sólo para una aplicación térmica.
- Sistemas eléctricos aislados: Las pequeñas turbinas eólicas, las cuales tienen un rango de 0,3 a 100 kW, muchas veces son la fuente de electricidad más económica para sitios aislados. La aplicación más común de sistemas aislados es la electrificación de viviendas rurales.
- Sistemas centralizados: La generación eólica se hace más atractiva económicamente con una demanda de electricidad más alta. Se estima que si la demanda es superior a 10 kWh por día, un sistema eólico es más barato que uno fotovoltaico.
- Sistemas híbridos: Pequeñas turbinas eólicas brindan una solución atractiva para la electrificación rural en muchos lugares, por su operación económica y simple. Sin embargo, la fluctuación del viento no permite obtener una producción de electricidad constante. Por esta razón, frecuentemente, se usa una turbina eólica en combinación con otra fuente de generación; por ejemplo, paneles fotovoltaicos o un generador eléctrico a base de diesel.

- Parques eólicos: Un parque eólico usa la misma tecnología básica que un pequeño sistema, aunque a una escala mayor. Generalmente, se coloca una serie de turbinas grandes (desde 100 hasta 2.000 kW), que pueden ser de decenas a centenares, en un sitio con condiciones de viento muy favorable.

Ventajas de la Energía Eólica:

- Su impacto al medio ambiente es mínimo: No emite sustancias tóxicas o gases, por lo que no causa contaminación del aire, el agua y el suelo, y no contribuye al efecto invernadero y al calentamiento global.
- La producción de energía por medios eólicos no presenta incidencia alguna sobre las características fisicoquímicas del suelo o su erosionabilidad, ya que no se produce ninguna contaminación que incida sobre este medio, ni tampoco vertidos o grandes movimientos de tierra.
- El viento es una fuente de energía inagotable y abundante. Se estima que, teóricamente, existe el potencial eólico para suplir 15 veces la demanda actual de energía en el mundo.
- La tecnología no usa combustibles y el viento es un recurso del propio país, por lo que es una de las fuentes más baratas: cuando existe potencial comercialmente explotable puede competir en rentabilidad económica con otras fuentes tradicionales como las centrales térmicas de carbón (consideradas el combustible más barato) ó, incluso, con la energía nuclear, la cual tiene un impacto ambiental mucho mayor.
- En comparación con otras tecnologías aplicadas para electrificación rural, la operación de un sistema eólico es muy barata y simple. El sistema no requiere mayor mantenimiento.
- Proyectos de energía eólica se pueden construir en un plazo relativamente rápido; por ejemplo, un Parque Eólico de 50 MW se puede instalar en un año; si la etapa de pre-construcción ha sido cuidadosamente planificada y ejecutada.

Desventajas de la Energía Eólica

- La variabilidad del viento: Para proyectos aislados se requiere de un mecanismo de almacenamiento en batería de la energía generada, para poder disponer de energía cuando no haya suficiente viento. Esto representa un costo adicional al sistema. Para parques eólicos la variabilidad del viento impacta en la calidad de la electricidad que se pueda entregar a la red eléctrica; la estabilidad del voltaje y la frecuencia. A pesar de los buenos avances en el diseño de las turbinas eólicas para disminuir el impacto de la variabilidad del viento, ésta representa un riesgo en la inversión al no poder suplir los compromisos; adicionalmente, no se puede disponer de energía siempre que el sistema lo demande.
- El alto costo inicial: En comparación con fuentes térmicas de generación, un proyecto eólico tiene un alto costo inicial. Si bien, a lo largo de su vida útil puede resultar más económico por sus bajos costos de operación y mantenimiento, la inversión inicial requerida puede ser una barrera para la realización del proyecto, sobre todo en zonas rurales aisladas.
- Cantidad de viento: Es una opción factible y rentable sólo en sitios con suficiente viento, lo cual significa que no se puede aplicar en cualquier lugar.
- El impacto visual: Desde el punto de vista estético, produce un impacto visual inevitable, ya que, por sus características, precisa emplazamientos físicos que normalmente evidencian la presencia de las máquinas (cerros, colinas, litoral). En

este sentido, el desarrollo del parque eólico puede producir una alteración sobre el paisaje.

2.1.3.2 Energía Hídrica

La hidroelectricidad, al igual que la energía eólica y solar, es un recurso energético "limpio" y renovable, cuyo adecuado aprovechamiento tiene un bajo impacto ambiental y se utiliza como importante recurso energético en casi todos los países del mundo.

La energía hidráulica se refiere al aprovechamiento de la energía potencial que tiene el agua (por diferencia de altura) que se obtiene buscando una caída de agua desde cierta altura a un nivel inferior, la que luego se transforma en energía mecánica (rotación de un eje), con el uso de una rueda hidráulica o turbina. La cantidad de potencia y energía disponible en el agua de un río o una quebrada, está en relación directa a la altura o caída disponible, así como de la cantidad de agua que se trasiega (caudal).

Como estrategia inicial para escoger un posible aprovechamiento hidráulico se debe buscar la mayor caída o altura disponible y de esta manera usar la cantidad mínima de agua que se requiera para satisfacer las necesidades de energía y potencia. El conjunto de instalaciones e infraestructura para aprovechar este potencial se denomina central hidroeléctrica.

Se pueden distinguir principalmente dos tipos de centrales hidroeléctricas: Las que utilizan el agua según discurre normalmente por el cauce de un río y aquellas a las que ésta llega, convenientemente regulada, desde un lago o embalse.

- Centrales de agua embalsada o centrales de pie de presa: Son los aprovechamientos hidroeléctricos que tienen la opción de almacenar las aportaciones de un río mediante un embalse. En estas centrales, se regulan los caudales de salida para utilizarlos cuando sea necesario. La utilización de represas tiene varios inconvenientes. Muchas veces se inundan terrenos fértiles y en ocasiones poblaciones que es preciso evacuar. La fauna acuática puede ser alterada si no se toman medidas que la protejan. Esta disposición es más característica de centrales medianas o grandes en donde el caudal aprovechado por las turbinas es proporcionalmente muy grande al caudal promedio anual disponible en el río.
- Centrales de pasada: Son aquellas instalaciones que mediante una obra de toma, captan una parte del caudal del río y lo conducen hacia la central para su aprovechamiento y después lo devuelven al cauce del río. Esta disposición es característica de las centrales medianas y pequeñas, en las que se utiliza una parte del caudal disponible en el río. Este tipo de centrales tiene un impacto mínimo al medio ambiente, porque al no bloquear el cauce del río, no inunda terrenos adyacentes.

De acuerdo con su capacidad, las centrales hidroeléctricas pueden clasificarse de la siguiente forma:

Grandes centrales	Poseen una potencia superior a los 5 MW.
Pequeñas centrales	Poseen una potencia superior a 1 MW e inferior a los 5 MW.
Minicentrales	Poseen una potencia superior a 100 kW e inferior a 1 MW.
Microcentrales	Poseen una potencia superior a 1,5 kW e inferior a los 100 kW.
Hidrocargadores	Su potencia es menor que 1,5 kW, generan electricidad en corriente continua, la cual puede aprovecharse para cargar baterías

Aplicaciones de la Energía Hidráulica

- **Sistemas domésticos individuales:** Para este tipo de sistemas se aplican las nano-turbinas, que son pequeños sistemas de energía hidráulica que aprovechan la fuerza de pequeños ríos y quebradas, principalmente para generar energía mecánica. Además se pueden acoplar estas turbinas con alternadores o generadores de capacidad en el rango de 300 W a 12 voltios, hasta 1 kW a 110 voltios, dependiendo del caudal del agua, la demanda de electricidad y el financiamiento disponible. Posibles aplicaciones de las nano-turbinas son los usos mecánicos en actividades agrícolas como cargar baterías que luego pueden ser utilizadas en hogares para la provisión de iluminación o la provisión de electricidad a unas viviendas cercanas. Estos sistemas, además de tener una vida útil relativamente larga, tienen grandes beneficios pues no consumen agua (sólo la utilizan) y es una tecnología sencilla y limpia de usar, en sustitución de otros sistemas.
- **Micro y mini-hidro para usos productivos y mini-redes comunales:** Estos sistemas son aplicados, por lo general, para aquellas poblaciones o pequeñas ciudades que en el presente no están interconectadas a las líneas de un sistema de transmisión y que de acuerdo con los planes o programas nacionales o regionales no van a ser incorporadas en un mediano plazo. El confort energético logrado con estos sistemas, permite un nivel de electrificación similar a cualquier vivienda cuyo suministro eléctrico sea la red convencional. Las potencias alcanzadas por estos sistemas, que pueden ser automatizados o manuales, oscilan entre 10 kW hasta 1.000 kW según las características del recurso. La energía obtenida puede acumularse en baterías o consumirse directamente, dependiendo de la capacidad del sistema.
- **Conexión a la red eléctrica interconectada:** Los sistemas mini-hidro y las pequeñas centrales hidroeléctricas pueden trabajar en forma aislada en sitios remotos, pero también pueden conectarse a la red nacional, aunque su contribución energética tiene una incidencia mucho menor que la de las grandes centrales. La interconexión a la red nacional de una pequeña o mediana central de generación, no presenta ningún tipo de limitación técnica, que no pueda ser resuelta por la ingeniería convencional.

Ventajas de la Energía Hidráulica

Entre las ventajas que tiene la hidro-energía a pequeña escala se citan:

- Fuente limpia y renovable de energía: No consume agua, sólo la utiliza.
- No emite gases de efecto invernadero.
- Además, es un recurso inagotable, en tanto y cuando el ciclo del agua perdure y se conserve la cuenca.
- Bajos costos de operación: No se requiere de combustibles y las necesidades de mantenimiento son relativamente bajas por lo que los gastos de operación son bajos.
- Disponibilidad de energía: La generación de energía generalmente es continua y su disponibilidad es predecible.
- Funciona a la temperatura ambiente: No hay que emplear sistemas de refrigeración o calderas que consumen energía y, en muchos casos, contaminan.
- Eficiencia: La tecnología tiene una alta eficiencia en la conversión de la energía potencial en el agua a energía mecánica y eléctrica (entre 75% y 90%), mayor que la eficiencia de otras tecnologías.
- Solidez: La tecnología es robusta y tiene una vida útil larga. Los sistemas pueden funcionar 50 años o más sin requerir mayores inversiones que para reemplazar componentes.
- Combinación con otras actividades: Se puede combinar con otro tipo de actividades económicas, como la irrigación de suelos para siembra.
- Usos productivos: la disponibilidad continua y firme de energía permite el desarrollo de actividades productivas y económicas, tales como aserraderos, lecherías, procesamiento de productos agrícolas. Estas actividades ayudan a aumentar la rentabilidad del proyecto y la calidad de vida de las comunidades aledañas.

Desventajas de la Energía Hidráulica

- Alto costo inicial: La inversión requerida está muy concentrada en el desarrollo inicial del proyecto, como por ejemplo en la ejecución de estudios, construcción de la obra civil, y la compra del equipo electromecánico.
- Disponibilidad local: La tecnología depende de las condiciones topográficas e hidrológicas, entonces no está disponible en cualquier sitio. Las posibilidades de transmisión de la energía a largas distancias son limitadas por los costos de éste.
- Potencia máxima: Ésta es limitada y definida por el recurso natural en un lugar de emplazamiento (altura de caída y recurso hídrico). Limita las posibilidades de expansión a largo plazo para atender al crecimiento de la demanda.
- Variabilidad del caudal: Los caudales de agua pueden variar considerablemente durante las diferentes temporadas, lo que tiene impacto en la generación de energía.
- Necesidad de estudios: Los pequeños proyectos hidroeléctricos, en particular las pequeñas centrales, requieren de estudios técnicos elaborados para conocer el potencial disponible y la factibilidad técnica. Esto implica un costo y un plazo significativo en la puesta en marcha del proyecto.
- En ocasiones cuando se requiere embalsar el agua pueden existir impactos ambientales negativos producto de la inundación.

2.1.3.3 Energía Solar Fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica es aquella que se obtiene por medio de la transformación directa de la energía del sol en energía eléctrica. La energía solar se puede transformar de dos maneras:

La primera utiliza una parte del espectro electromagnético de la energía del sol para producir calor. A la energía obtenida se le llama energía solar térmica. La transformación se realiza mediante el empleo de colectores térmicos.

La segunda, utiliza la otra parte del espectro electromagnético de la energía del sol para producir electricidad. A la energía obtenida se le llama energía solar fotovoltaica. La transformación se realiza por medio de módulos o paneles solares fotovoltaicos.

La energía solar fotovoltaica se utiliza para hacer funcionar lámparas eléctricas, para iluminación o para hacer funcionar radios, televisores y otros electrodomésticos de bajo consumo energético, generalmente, en aquellos lugares donde no existe acceso a la red eléctrica convencional.

La energía solar se encuentra disponible en todo el mundo. Algunas zonas del planeta reciben más radiación solar que otras, sin embargo, los sistemas fotovoltaicos tienen muchas aplicaciones.

La energía del sol es un recurso de uso universal; por lo tanto, no se debe pagar por utilizar esta energía. Sin embargo, es importante recordar que para realizar la transformación de energía solar en energía eléctrica se necesita de un sistema fotovoltaico apropiado. El costo de utilizar la energía solar no es más que el costo de comprar, instalar y mantener adecuadamente el sistema fotovoltaico.

Los paneles fotovoltaicos, que constan de un conjunto de celdas solares, se utilizan para la producción de electricidad, y constituyen una adecuada solución para el abastecimiento eléctrico en las áreas rurales que cuentan con un recurso solar abundante. La electricidad obtenida mediante los sistemas fotovoltaicos puede utilizarse en forma directa, o bien ser almacenada en baterías para utilizarla durante la noche.

En general, los sistemas fotovoltaicos pueden tener las mismas aplicaciones que cualquier sistema generador de electricidad. Sin embargo, las cantidades de potencia y energía que se pueden obtener de un sistema fotovoltaico están limitadas por la capacidad de generación y almacenamiento de los equipos instalados, especialmente de los módulos y la batería respectivamente, y por la disponibilidad del recurso solar.

Técnicamente, un sistema fotovoltaico puede producir tanta energía como se desee; sin embargo desde el punto de vista económico, siempre existen limitaciones presupuestarias en cuanto a la capacidad que se puede instalar.

Dependiendo de su aplicación y de la cantidad y tipo de energía producida, los sistemas fotovoltaicos se pueden clasificar en las siguientes categorías:

- Lámparas portátiles.
- Sistemas individuales de Corriente Continua (CC) para aplicaciones domésticas.

- Sistemas individuales de Corriente Alterna (CA) para aplicaciones domésticas.
- Sistemas centralizados aislados de la red.
- Sistemas centralizados conectados a la red.

Aplicaciones de la Energía Fotovoltaica:

- Iluminación de edificios públicos
- Iluminación pública
- Iluminación doméstica
- Electrificación rural
- Telefonía

Ventajas de la Energía Fotovoltaica

- La tecnología fotovoltaica permite soluciones modulares y autónomas.
- La operación de los sistemas fotovoltaicos es amigable con el medio ambiente.
- Los sistemas tienen una vida útil larga (más de 20 años).
- El mantenimiento de los sistemas fotovoltaicos es sencillo y tiene costos muy bajos.
- Los sistemas fotovoltaicos han experimentado una reducción de precios que los hace más accesibles para las poblaciones rurales y se espera que sigan bajando.
- La tecnología de equipos y sistemas fotovoltaicos ha alcanzado un grado de madurez que posibilita su utilización para resolver confiablemente los problemas energéticos de nuestros países.
- La instalación de los sistemas fotovoltaicos individuales es simple, rápida y sólo requiere de herramientas y equipos de medición básicos.

Desventajas de la Energía Fotovoltaica

- La inversión inicial es alta con respecto de la capacidad de pago de una gran mayoría de las familias rurales.
- La cantidad de energía producida es limitada y alcanza solamente para las necesidades básicas de electricidad.
- La disponibilidad de energía es variable y depende de las condiciones atmosféricas.

2.1.3.4 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.

Hay dos tipos fundamentales de áreas térmicas: hidrotérmicas, que contienen agua a alta presión y temperatura almacenada bajo la corteza de la tierra en una roca permeable cercana a una fuente de calor; y sistemas de roca caliente, formados por capas de roca impermeable que recubren un foco calorífico. Para aprovechar este último se perfora hasta alcanzarlo, se inyecta agua fría y ésta se utiliza una vez calentada.

En la actualidad las reservas hidrotérmicas son los más aprovechados para fines energéticos, en particular en generación eléctrica. Sin embargo en Chile su desarrollo es prácticamente nulo. Los elementos esenciales que determinan su conformación son:

- Existencia de una fuente de calor no muy profunda y cercana a la reserva. Esta fuente de calor puede producirse por la actividad volcánica o por la interacción entre dos placas tectónicas.
- Presencia de formaciones geológicas permeables que contenga el reservorio.
- Presencia de estructuras geológicas sobre el yacimiento, que actúen como una capa sello, impermeable, favoreciendo la conservación del calor y la presión del reservorio.
- Existencia de un área de recarga hídrica de la reserva, que condiciona la característica renovable del recurso geotérmico.

Los usos medicinales y turísticos es la forma más antigua de aprovechamiento de esta energía. Además, dependiendo de su entalpía, tiene aplicaciones en: calefacción de viviendas, usos agrícolas, piscicultura, usos industriales y generación de electricidad.

Ventajas de la Energía Geotérmica:

- Las plantas geotérmicas, como las eólicas o solares, no queman combustibles para producir vapor que gire las turbinas. La generación de electricidad con energía geotérmica ayuda a conservar los combustibles fósiles no renovables, y con el menor uso de estos combustibles, reduciendo las emisiones de GEI.
- El área de terreno requerido por las plantas geotérmicas por MW es menor que otro tipo de plantas.
- Las instalaciones geotérmicas no necesitan intervenir ríos o talar bosques, y no hay instalaciones mineras, túneles, piscinas de desecho ni fugas de combustible.
- Las plantas geotérmicas están diseñadas para funcionar las 24 horas del día durante todo el año.
- La central geotérmica es resistente a las interrupciones de generación de energía debidas al tiempo, desastres naturales o acontecimientos políticos que puedan interrumpir el transporte de combustibles.
- Los usos directos de las aguas geotérmicas van en un rango de 10 a 130°C y son utilizadas directamente de la tierra en los siguientes usos: para uso sanitario, balnearios, para cultivos en invernaderos durante el periodo de nevadas, para reducir el tiempo de crecimiento de pescados, crustáceos, etc., para varios usos industriales como la pasteurización de la leche, para la implantación de calefacción en distritos enteros y viviendas individuales.

Desventajas de la Energía Geotérmica:

- La principal desventaja es la escasez de yacimientos de fácil acceso y si no son bien administrados pueden agotarse en pocas décadas.
- La tecnología necesaria para su aprovechamiento está todavía en vías de desarrollo y sólo es aprovechable en algunos sitios concretos.

- El vapor geotérmico suele contener sulfuro de hidrógeno, que es tóxico en grandes cantidades y molesto debido a su olor, en cantidades pequeñas.
- Las reservas de agua subterráneas pueden contaminarse si los pozos geotérmicos no están sellados hasta grandes profundidades con un revestimiento de acero y cemento

2.1.3.5 Biomasa

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.

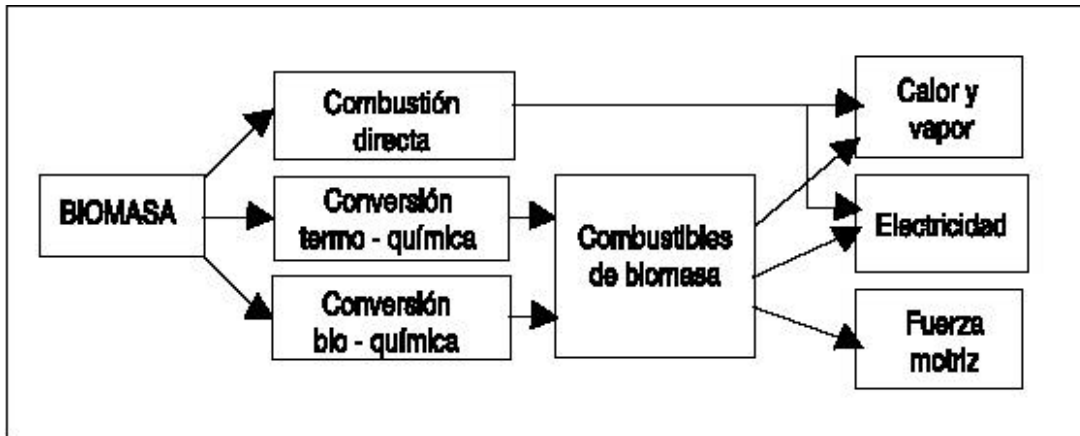
Los usos de la biomasa en aplicaciones energéticas son principalmente la producción de gas, energía calórica (térmica) y energía eléctrica.

Las fuentes de biomasa que pueden ser usadas para la producción de energía cubren un amplio rango de materiales y fuentes: los residuos de la industria forestal y la agricultura, los desechos urbanos y las plantaciones energéticas, se usan, generalmente, para procesos modernos de conversión que involucran la generación de energía a gran escala, enfocados hacia la sustitución de combustibles fósiles. A menudo, la biomasa es convertida en formas derivadas tales como carbón vegetal, briquetas, gas, etanol y electricidad. Las tecnologías de conversión incluyen desde procesos simples y tradicionales, como la producción de carbón vegetal en hogueras bajo tierra; hasta procesos de alta eficiencia como la cogeneración.

A continuación se presentan los procesos de conversión de biomasa más relevantes, los cuales se pueden clasificar en tres categorías:

- **Procesos de combustión directa:** Los sistemas de combustión directa son aplicados para generar calor, el cual puede ser utilizado directamente, como por ejemplo, para la cocción de alimentos o para el secado de productos agrícolas. Además, éste se puede aprovechar en la producción de vapor para procesos industriales y electricidad. Las tecnologías de combustión directa van desde sistemas simples, como estufas, hornos y calderas, hasta otros más avanzados como combustión de lecho fluidizado.
- **Procesos termo-químicos:** Estos procesos transforman la biomasa en un producto de más alto valor, con una densidad y un valor calorífico mayor, los cuales hacen más conveniente su utilización y transporte. Cuando la biomasa es quemada bajo condiciones controladas, sin hacerlo completamente, su estructura se rompe en compuestos gaseosos, líquidos y sólidos que pueden ser usados como combustible para generar calor y electricidad. Dependiendo de la tecnología, el producto final es un combustible sólido, gaseoso, o combustible líquido. El proceso básico se llama pirólisis o carbonización e incluye: Producción de carbón vegetal y Gasificación

- Procesos bio-químicos. Estos procesos utilizan las características bio-químicas de la biomasa y la acción metabólica de organismos microbiales para producir combustibles gaseosos y líquidos. Son más apropiados para la conversión de biomasa húmeda que los procesos termo-químicos. Los más importantes son: Digestión anaeróbica, Combustibles alcohólicos, Biodiesel y Gas de rellenos sanitarios.



Aplicación de la Biomasa

Aplicando los diferentes procesos de conversión, la biomasa se puede transformar en diferentes formas de energía:

- Calor y vapor: Es posible generar calor y vapor mediante la combustión de biomasa o biogás.
- Combustible gaseoso: El biogás producido en procesos de digestión anaeróbica o gasificación puede ser usado en motores de combustión interna para generación eléctrica, para calefacción y acondicionamiento en el sector doméstico, comercial e institucional y en vehículos modificados.
- Biocombustibles: La producción de biocombustibles como el etanol y el biodiesel tienen el potencial para reemplazar cantidades significativas de combustibles fósiles en muchas aplicaciones de transporte.
- Electricidad: La electricidad generada a partir de los recursos biomásicos puede ser comercializada como "energía verde", pues no contribuye al efecto invernadero por estar libre de emisiones de dióxido de carbono (CO₂).
- Co-generación (calor y electricidad): La co-generación se refiere a la producción simultánea de vapor y electricidad, la cual se aplicaría en muchos procesos industriales que requieren las dos formas de energía.

Ventajas de la Biomasa

- La biomasa es una fuente renovable de energía y su uso no contribuye a acelerar el calentamiento global; de hecho, permite reducir los niveles de dióxido de carbono y los residuos de los procesos de conversión, aumentando los contenidos de carbono de la biosfera.

- Los combustibles biomásicos contienen niveles insignificantes de sulfuro y no contribuyen a las emanaciones que provocan "lluvia ácida".
- La combustión de biomasa produce menos ceniza que la de carbón mineral y puede usarse como insumo orgánico en los suelos.
- La conversión de los residuos forestales, agrícolas y urbanos para la generación de energía reduce significativamente los problemas que trae el manejo de estos desechos.
- La biomasa es un recurso local que no está sujeto a las fluctuaciones de precios de la energía, provocadas por las variaciones en el mercado internacional de las importaciones de combustibles. En países en desarrollo, su uso reduciría la presión económica que impone la importación de los derivados del petróleo.
- El uso de los recursos de biomasa puede incentivar las economías rurales, creando más opciones de trabajo y reduciendo las presiones económicas sobre la producción agropecuaria y forestal.
- Las plantaciones energéticas pueden reducir la contaminación del agua y la erosión de los suelos; así como a favorecer el mantenimiento de la biodiversidad.

Desventajas de la Biomasa

- Por su naturaleza, la biomasa tiene una baja densidad relativa de energía; es decir, se requiere su disponibilidad en grandes volúmenes para producir potencia, en comparación con los combustibles fósiles, por lo que el transporte y manejo se encarecen y se reduce la producción neta de energía. La clave para este problema es ubicar el proceso de conversión cerca de las fuentes de producción de biomasa, como por ejemplo aserraderos donde los desechos están presentes.
- Su combustión incompleta produce materia orgánica, monóxido de carbono (CO) y otros gases. Si se usa combustión a altas temperaturas, también se producen óxidos de nitrógeno. A escala doméstica, el impacto de estas emanaciones sobre la salud familiar es importante.
- La producción y el procesamiento de la biomasa pueden requerir importantes insumos, como combustible para vehículos y fertilizantes, lo que da como resultado un balance energético reducido en el proceso de conversión. Es necesario minimizar el uso de estos insumos y maximizar los procesos de recuperación de energía.
- Aún no existe una plataforma económica y política generalizada para facilitar el desarrollo de las tecnologías de biomasa, en cuanto a impuestos, subsidios y políticas que cubren, por lo general, el uso de hidrocarburos. Los precios de la energía no compensan los beneficios ambientales de la biomasa o de otros recursos energéticos renovables.
- El potencial calórico de la biomasa es muy dependiente de las variaciones en el contenido de humedad, clima y la densidad de la materia prima.

2.2. Costos (referenciales) o estimación del Consultor

Los costos referenciales de las distintas tecnologías limpias se reportan de la literatura internacional o de información que maneja este consultor producto de anteriores estudios o estudios en ejecución.

Para el sector transporte se tiene los siguientes costos referenciales:

Transporte	Costo Inversión [US\$]		
	Eléctricos	Buses	Livianos
Trolebus	394.000 - 600.000	-	-
Híbridos	210.000	18.000 - 20.000	-
Tranvías	2.700.000	-	-
Celdas Combustible	1.200.000	75.000 - 80.000	-
Gas	Buses	Dedicado Livianos	Conversión Livianos
GNC (EPA98)	120.000	14.000 - 26.000	2.000
GLP	Falta	16.000 - 18.000	1.500

Fuentes de información:

- Estudio Plan de Cambio Tecnológico para el Transporte Público de Santiago, Universidad de Chile Universidad Católica – Deuman Ingenieros.
- Fuel Cells: DaimlerChrysler; <http://www.gws-mbca.org/mts/mts200002.html#A14>
- Híbrido Liviano: <http://www.energy.state.or.us/trans/hybridcr.htm>
- GLP Liviano: <http://www.auctions.sa.gov.au/prices.php>
- GNC liviano: 2002 Model Year Alternative Fuel Vehicle Pricing; www.fss.gsa.gov/vehicles/buying/PDF/2002afvs.pdf

Para cogeneración y generación distribuida en el sector industrial se tiene los siguientes costos referenciales:

Sector Industrial	Costo Inversión [US\$/KW]	fuentes Información
Generación Distribuida/cogener		
Turbina	900	Dato DEUMAN
Microturbina	1.000	www.globalmicroturbine.com - www.capstone.com
Motor alternativo	600	Dato DEUMAN
Celda combustible	4.000 - 8.000	www.ansaldofuels.com

Para el sector de generación eléctrica se tiene los siguientes costos referenciales:

Sector Eléctrico	Costo Inversión [US\$/KW]	fuentes Información
Energías Renovables		
Eólica	1.000-1.400	DATO DEUMAN
Hidroeléctrica	1.000 - 5.000	DATO DEUMAN/PNUD
Geotérmica	1.150-3.000	http://www.uneptie.org/energy/act/re/fs/docs/geothermal.PDF
Biomasa	2.000 - 3.000	DATO DEUMAN/PNUD
Solar Fotovoltáica	10.000-20.000	DATO DEUMAN/PNUD

2.3. Procedencia Tecnológica

La procedencia de las tecnologías es muy variada, sobre todo en aquellas que han alcanzado una mayor madurez tecnológica tanto a nivel local como mundial.

A continuación se presenta un esquema para cada sector: transporte, industrial y generación eléctrica. En relación con el sector transporte, se mencionarán las procedencias de aquellas tecnologías no convencionales que tengan un mayor potencial de aplicabilidad en el caso Chileno.

Tecnología	Procedencia	Fabricante
Buses Híbridos	Brasil	ELTRABUS
Buses a GNC dedicados	COREA CHINA EE.UU	DAEWOO BLUE BIRD CORPORATION CATERPILLAR CUMMINS DAIMLERCHRYSLER POWER SYSTEMS NOVA BUS CORPORATION
Vehículos dedicados GNC	EE.UU.	BLUE BIRD CORPORATION FORD ALTERNATIVE VEHICLES
Vehículos Fuel Cells	Japón EE.UU.	TOYOTA HONDA FORD ALTERNATIVE VEHICLES

Para las tecnologías del sector industrial se tienen las siguientes procedencias.

Tecnología	Procedencia	Fabricante	Página web
Microturbinas	EE.UU	CAPSTONE INGERSOLL – RAND COMPANY	www.microturbine.com Ingersoll-Rand Company; http://205.147.212.185/
Fuel Cells	EUROPA EE.UU.	ANSALDO CLC BALLARD POWER Systems SIEMENS	www.ansaldo.it http://www.ballard.com/ http://www.siemenswestinghouse.com
			http://www.aircogen.com/

Motores Alternativos	EE.UU.	BROTHERHOOD AIRCOGEN – CHP CATERPILLAR CUMMINS DEUTZ GE DISTRIBUTED POWER	http://www.caterpillar.com/ http://www.cummins.com/na/pages/en/products/powergeneration/index.cfm http://www.deutzusa.com/
----------------------	--------	---	---

3. IDENTIFICACIÓN DE TECNOLOGÍAS EN CHILE

3.1 Potenciales de Entrada

A continuación se entrega una descripción del estado actual del desarrollo de cada una de las tecnologías en Chile.

3.1.1 Sector Transporte

3.1.1.1 Gas Natural Vehicular

El Gas Natural ha sido aceptado como una energía con un gran potencial de desarrollo futuro, de hecho la Conferencia Mundial de la Energía celebrada en Tokio el año 1995 declaró al gas natural como el combustible alternativo con mejores opciones de desarrollo para su masificación a futuro, debido a su abundancia, comodidad, seguridad, bajo costo de extracción, transporte y distribución, y el bajo nivel de contaminación que genera.

En el caso particular de Chile, en Punta Arenas se aplica el gas natural vehicular en forma exitosa desde hace más de diez años. La experiencia de 2.500 propietarios de automóviles, camionetas y buses avala que el sistema puede extenderse a otras ciudades del país.

Las principales marcas de automóviles del mercado mundial, Ford, General Motors, Daewoo, Honda, Nissan, Volvo, Chrysler y BMW entre otros han desarrollado modelos y están ofreciendo comercialmente modelos de vehículos livianos nuevos diseñados originalmente de fábrica que permiten operar con gas natural o gasolina indistintamente, al respecto se observa esta tendencia en nuestro país mediante la homologación de modelos nuevos a gas natural.

En los últimos años se han realizado significativos avances en la instalación de estaciones de servicio GNC.

3.1.1.2 Gas Licuado Vehicular

El GLP es un combustible alternativo desde hace varios años, a tal punto que actualmente hay en circulación más de ocho millones de vehículos en el mundo con este tipo de propulsión y la tendencia es de pleno crecimiento

El GLP tiene un rol cada vez más importante en el transporte mundial debido a su gran disponibilidad, beneficios medioambientales asociados y al avance de la tecnología de motores a gas y equipos de conversión.

En Chile, actualmente las Grandes Empresas que suministran GLP han implementado el nuevo servicio de Gas Licuado Vehicular, ofreciendo a sus clientes: menor costo combustible, menor costo mantención, mayor duración del vehículo, combustión más

limpia y completa debido a una mezcla homogénea, controlada y bien distribuida, entre otras.

Pese a las ventajas de este combustible alternativo, el ingreso del gas licuado en el transporte nacional ha sido más lento de lo que se esperaba. Pero este mercado dominado por las empresas Gasco, Lipigas y Abastible en Chile, tiene importantes desafíos por delante, que concentra la atención de estas compañías en la búsqueda de nuevas aplicaciones en el transporte. Sin embargo, para ello se espera que el gobierno saque adelante el proyecto de ley que iguala el impuesto del gas licuado como combustible vehicular al del gas natural, por cuanto, el primero paga un tributo anual de 1.300.000 dólares, mientras que el gas natural cancela sólo 572.000 dólares

3.1.2 Sector Industrial

3.1.2.1 Cogeneración y Generación Distribuida

La cogeneración es un tema que cada día toma más relevancia en Chile dado que las grandes y medianas industrias han podido darse cuenta de los beneficios asociados a su utilización. A continuación se describen algunas experiencias en este Sector:

Nestlé instaló en 1998 una planta de 1.085 kW, en que los gases calientes de la combustión son utilizados por una caldera recuperadora para generar 3.500 kg de vapor por hora.

Otro proyecto reciente de cogeneración se instaló en el año 2002 en la Quinta Región. Tecnoled, empresa de servicios filial de una empresa de distribución de electricidad (Chilquinta) y de una empresa de distribución de gas (Energas), adquirió equipos de cogeneración de Wartsila. Es importante mencionar que Chilquinta y Energas son empresas filiales de un mismo grupo empresarial (la mayor participación accionaria en Chilquinta la posee la multinacional PSEG). Tecnoled opera y mantiene dos motores que suman 6.4 MW, y vende únicamente vapor a una empresa industrial productora de jugos (Corpora Tres Montes), en el valle de Casablanca en la V Región. La producción de vapor se acerca a 4.4 toneladas de vapor por hora.

Un tercer proyecto es la instalación de un equipo de cogeneración de 9.6 MW (4 unidades de 3.2 MW) en el norte de Chile (Segunda Región), el cual fue adquirido por la empresa de distribución eléctrica (Elecda) que presta el servicio en Antofagasta. En este caso, la utilización de la cogeneración no es para producción de vapor, sino únicamente para el suministro de electricidad.

Potencial de Entrada en la Región Metropolitana

Para realizar una estimación del potencial de cogeneración se analizaron los resultados de tres estudios. En el primero de ellos, realizado en 1994 por la Comisión Nacional de Energía (CNE)¹, se identificaron cerca de 260 MW potenciales de cogeneración.

El estudio de la CNE estimó que el potencial de cogeneración técnico era de 1.000 MW, de los cuales cerca de 260 MW se consideraban como factibles (ver siguiente Tabla). Los sectores industriales con el mayor potencial técnico y económico eran los siguientes: la minería del cobre, hierro y acero, cerámicas, ladrillo, cemento, pulpa y papel, alimentos, manufactura de llantas, hospitales, hoteles y condominios residenciales.

Estas industrias compartían unas características similares que las convertían en candidatas a realizar proyectos de cogeneración, entre las cuales se incluían: i) la necesidad común de consumo simultáneo de energía eléctrica y térmica; ii) la operación de más de 5.000 horas al año; y iii) la producción de residuos de combustibles y de gases con alto contenido energético.

El estudio de la CNE concluía, además, que el impulso a la cogeneración en Chile requería de un adecuado soporte técnico y asistencia financiera de parte de proveedores especializados.

Potencial de Cogeneración en Chile en 1994

Sector Industrial	Capacidad MW
Pulpa y papel	150 MW
Nitratos	50 MW
Refinación de Azúcar	21 MW
Minería	20 MW
Petroquímica	15 MW
Procesamiento de Pescado	5 MW
Total MW	261 MW

Fuente: CNE, noviembre de 1994

La mayor parte de esta cogeneración se estimaba que sería para autogeneración, con muy poca cantidad de excedentes para la venta. Estas facilidades de explotación usarían principalmente generadores a vapor para producir electricidad y utilizar el calor producido en los procesos productivos de la industria.

Posteriormente, un Estudio para la CNE del mismo autor del primer estudio, determinó que en diciembre de 1997 se contaba con una Capacidad de cogeneración instalada en el país cercana a los 350 MW, discriminada según la siguiente Tabla.

¹ "Mercado para la Cogeneración en Chile" del Primer Encuentro Empresarial sobre Sistemas de Cogeneración en Chile, Daniel Blazquez Pino, Comisión Nacional de Energía, noviembre de 1994.

Capacidad de Cogeneración en Chile en 1997

Sector Industrial	Capacidad MW
Celulosa y papel	201 MW
Refinación de azúcar	22 MW
Petroquímica	31 MW
Minería	25 MW
Pesqueras	3 MW
Salitre	59 MW
Total MW	341 MW

Fuente: Informe de Daniel Blázquez para CNE

La distribución regional de la capacidad de cogeneración instalada se presenta en la siguiente Tabla:

Capacidad de Cogeneración por Regiones en 1997

Región	Capacidad kW
I Región	3.000
II Región	81.540
III Región	2.500
V Región	11.930
VII Región	53.443
VIII Región	126.149
IX Región	39.000
X Región	6.000
XII Región	15.500
Región Metropolitana	2.000
Total	341.062 kW

Fuente: Informe de Daniel Blázquez para CNE

Este segundo estudio actualizó las estimaciones de 1994, esto es, que existía en Chile un potencial técnico de cogeneración de 1.000 MW, pero un potencial económicamente factible de 450 MW (en 1994 se hablaba de 260 MW factibles). Se debe recordar que la introducción del gas natural en Chile se dio a partir de 1997, por lo que la llegada del combustible potenció la cartera de proyectos de cogeneración.

La tercera fuente consultada² estimó que en 1999 en Santiago se tenía un potencial de 300 MW. A partir de los datos de aproximadamente 2.500 calderas, el estudio preseleccionó las industrias con mayor número y tamaño de calderas instaladas, con lo cual se obtuvo un total de 570 calderas. Así, con los datos de 1997 se llegó a un potencial cogenerador de 300 MW. Se estimaba en este tercer estudio que para el año 2002 se alcanzaría un potencial cogenerador de 400 MW, bajo el supuesto de utilizar una tasa de crecimiento conservadora del 5,6% para las industrias con potencial cogenerador.

² Cogeneración en Chile: Potencialidad y Desafíos, 1998(9), Luis Vargas D, Fernando La Fuente V.

Potencial de Entrada en otras regiones

La información obtenida de los proveedores de equipos, y los antecedentes de los proyectos de cogeneración que se encuentran en operación en Chile, permiten concluir que la configuración de proyectos por parte de la propia industria es bastante limitada. La cogeneración encuentra mayor factibilidad si es una empresa externa, asociada al distribuidor eléctrico o al concesionario de gas natural (o a ambos) la que realiza la inversión y presta a la industria los servicios de suministro eléctrico y de energía térmica (en la forma de vapor o agua caliente).

El potencial para la creación de empresas de servicios que emprendan proyectos de cogeneración está restringido igualmente a las regiones que cuentan con suministro de gas natural, esto es la Segunda, Quinta Región, Región Metropolitana, Octava región y XII Región. En la segunda región el suministro de gas natural sólo se realiza a empresas termoeléctricas y los gasoductos pertenecen a empresas con interés accionario en las generadoras de la zona, por lo que el interés en la cogeneración para atender industrias podría no ser importante.

Por otra parte, existe un potencial mercado de clientes de cogeneración representado por las empresas distribuidoras de electricidad, que pueden utilizar el producto eléctrico para atender a sus clientes industriales. Esto es particularmente importante, en las actuales condiciones del mercado, en las cuales varias empresas distribuidoras han enfrentado la negativa de los generadores para entregarles suministro³. De esta forma, las empresas distribuidoras que adquieran equipos de cogeneración pueden incursionar en el negocio de la generación distribuida. Este parece ser el caso de la planta instalada por Wartsila para la distribuidora Elecda en la ciudad de Antofagasta.

Es poco factible que los propios industriales emprendan por su cuenta proyectos de cogeneración, por dos razones: i) las rentabilidades de los proyectos para el cliente son inferiores al 12%; ii) los industriales no se encuentran interesados en incursionar en un negocio distinto al propio de su actividad productiva.

3.1.3 Sector Generación Eléctrica

3.1.3.1 Microcentrales

Las microcentrales hidroeléctricas y los hidrocargadores, se consideran como energías renovables no convencionales, debido a su menor nivel de implementación y a que en los sectores rurales se constituyen en una alternativa para la provisión de electricidad. Actualmente se contabilizan alrededor de 110 instalaciones de este tipo en Chile, destinadas principalmente a la electrificación de viviendas y a telecomunicaciones.

³ Chilectra, Saesa y otras distribuidoras, han declarado desiertas las licitaciones de suministro, por la negativa de las generadoras que aducen que la legislación vigente, les hace incurrir en alto riesgo de pérdidas por pago excesivo de compensaciones en casos de interrupciones a los clientes regulados.

Existen regiones del país que presentan favorables condiciones geográficas y climáticas que las transforman en un lugar privilegiado para el aprovechamiento de la energía hídrica. Muchos lugares cordilleranos en casi toda la extensión de las zonas central y sur, áreas como Chiloé continental y zonas aisladas desde la VIII Región al sur, son especialmente adecuados para la instalación de múltiples centrales de pequeño tamaño. Por esta razón, este tipo de energías tienen un espacio primordial de promoción dentro del programa de electrificación rural.

3.1.3.2 Energía Eólica

En Chile se han realizado algunos estudios tendientes a caracterizar parcialmente el potencial energético eólico nacional y hay otros en ejecución. Durante 1992, se hizo una recopilación de la mayoría de la información de viento disponible a esa fecha, a partir de la cual se evaluó el recurso eólico en lugares con información confiable (Evaluación del potencial de energía eólica en Chile, CORFO). Dada la baja densidad y características de las estaciones meteorológicas disponibles, el estudio no permitió tener una visualización integral del potencial eólico de Chile.

Por otro lado, el National Renewable Energy Laboratory (NREL) desarrolló para CNE un mapa preliminar del potencial eólico del archipiélago de Chiloé orientado a la evaluación del recurso para aplicaciones rurales no conectadas a red. Este mapa ha permitido elaborar una cartera de proyectos híbridos Eólico - Diesel para abastecer a más de 3.100 familias distribuidas en 32 islas del Archipiélago.

A pesar de la escasa información disponible sobre el potencial explotable del recurso, y dadas las características geográficas de Chile, se han identificado las siguientes zonas:

- Zona de Calama en la II Región y, eventualmente, otras zonas altiplánicas.
- Sector costero y zonas de cerros de la IV Región y, eventualmente, de las otras regiones del norte del país.
- Puntas que penetran al océano en la costa de la zona norte y central.
- Islas esporádicas.
- Zonas costeras abiertas al océano y zonas abiertas hacia las pampas patagónicas en las regiones XI y XII: Estas últimas han demostrado tener un excelente recurso eólico.

En la actualidad existe en operación en Chile un proyecto eólico, denominado "Alto Baguales". Corresponde a un parque de 2 MW de capacidad instalada (tres aerogeneradores de 660 kW c/u), el cual genera electricidad desde noviembre de 2001 conectado al Sistema Eléctrico de Aysen, que atiende a 19.000 familias de la XI Región del país. El propietario del proyecto es la Empresa Eléctrica de Aysen.

Tanto como parte del Programa de Electrificación Rural como motivados por algunas iniciativas privadas, de cooperación internacional y/o de investigación académica, se han materializado pequeños proyectos de generación eólica en localidades rurales del país. Desde un punto de vista de tamaño, el más relevante es el Proyecto Piloto de Generación Eólica en la Isla Tac, en el Archipiélago de Chiloé (X Región). 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. Ha beneficiado a 79 familias y a 3 centros comunitarios de la isla.

Actualmente se están evaluando proyectos para determinar su factibilidad técnica y económica. Un ejemplo es la granja eólica de Calama, cuya capacidad podría alcanzar entre 30 y 40 MW. Sin embargo, los resultados preliminares de las evaluaciones realizadas muestran que no es un proyecto rentable dado sus bajos retornos.

3.1.3.3 Energía Solar

En Chile, la energía solar es utilizada preferentemente en la zona norte del país, en donde existe uno de los niveles de radiación más altos del mundo. De acuerdo a la información disponible en el archivo solarimétrico nacional elaborado por la Universidad Técnica Federico Santa María, las radiaciones solares diarias para las regiones del país son las siguientes:

INDICE DE RADIACIÓN SOLAR EN CHILE

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

Las evaluaciones de tales registros demuestran que el norte de Chile presenta condiciones extraordinariamente favorables para la utilización de la energía solar. Específicamente entre las regiones I y IV, el potencial de energía solar puede clasificarse entre los más elevados del mundo.

El desarrollo de la tecnología fotovoltaica en nuestro país incluye los siguientes tipos de usos: aplicaciones efectuadas por empresas de telecomunicaciones, aplicaciones en retransmisión de televisión en sectores aislados, sistemas de iluminación de faros con paneles fotovoltaicos y electrificación rural.

En el marco del Programa de Electrificación Rural (PER), municipalidades, Gobiernos Regionales y particulares, han instalado estos sistemas para alumbrado y electrificación de viviendas. Entre 1992 y 2000 se han instalado cerca de 2.500 soluciones individuales con sistemas fotovoltaicos, para abastecer de energía eléctrica a viviendas rurales, escuelas y postas.

3.1.3.4 Energía Geotérmica

Chile está ubicado en el "Cinturón de Fuego del Pacífico", región del planeta que se caracteriza por su intensa actividad sísmica y volcánica, lo que le proporciona un abundante recurso geotermal.

El Servicio Nacional de Geología y Minería lleva un catastro de manifestaciones termales en Chile, los cuales son sitios que se estima pueden poseer un potencial geotérmico aprovechable energéticamente. La tabla siguiente resume estos sitios:

Región	Comuna	Sitios	Región	Comuna	Sitios
	Putre	5		Curicó	3
	Huara	1		Molina	1
Primera Total: 23	Camiña	1	Séptima Total: 6	San Clemente	1
	Colchane	6		Linares	2
	Pica	9		Longaví	1
	Pozo Almonte	1		Parral	1
	Ollague	1		San Fabián	1
Segunda Total: 13	Calama	3	Octava Total: 10	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	7
	Combarbalá	1		Lanco	2
Quinta Total: 3	Santa María	2		Futrono	3
	San Esteban	1		Panguipulli	2
	Colina	1	Décima Total: 25	Puyehue	2
Metropolitana Total: 7	Las Condes	1		Puerto Varas	3
	San José de Maipo	5		Cochamó	3
Sexta Total: 2	Cauquenes	1		Chaitén	6
	San Fernando	1		Hualaihué	4
Undécima Total: 6	Cisnes	4			
	Río Ibañez	2			

Fuente: 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 con profundidad, ni utilizada como fuente para generar energía eléctrica y sólo ha sido usada hasta ahora con fines medicinales y turísticos.

Se espera que la situación anterior cambie a causa de la disminución de los costos de la tecnología de conversión de energía geotérmica a eléctrica, ocurrida en la década del noventa. Adicionalmente, Chile cuenta recientemente con la Ley N° 19.657 ("Ley Sobre Concesiones De Energía Geotérmica" de enero del 2000), la cual establece un marco reglamentario claro y estable para la exploración y explotación de este tipo de energía.

La ley establece que la energía geotérmica es un bien del Estado, susceptible de ser explorada y explotada, previo otorgamiento de una concesión de exploración o explotación por parte de éste.

El Ministerio de Minería es responsable de aplicar, controlar y hacer cumplir la Ley. Este Ministerio, a noviembre de 2002, ha otorgado 8 concesiones para exploración geotérmica, según la siguiente tabla.

Concesiones de exploración geotérmica (a Noviembre de 2002)

Nombre	Región	Superficie (ha)	Concesionario
Puchuldiza	I	50.000	CORFO
Apacheta	II	33.000	Geotérmica del Norte
El Tatio	II	7.200	Geotérmica del Tatio S.A.
La Torta	II	39.100	Geotérmica del Norte
Volcán San José	Metropo-litana	40.000	CFG Chile S.A.
Calabozo	VII	75.000	CFG Chile S.A.
Copahue I	VIII	72.900	CFG Chile S.A.
Copahue II	VIII	7.000	CFG Chile S.A.

Fuente: Ministerio de Minería.

3.1.3.5 Biomasa

Actualmente la biomasa es utilizada en Chile para producir electricidad e inyectarla a la red, mediante plantas de cogeneración eléctrica que utilizan como combustible los residuos de la industria maderera y papelera.

En el Sistema Interconectado Central-SIC se encuentran las siguientes plantas de generación que funcionan con biomasa. Este tipo de tecnología es relativamente nuevo, ya que fue introducido hace cerca de 8 años.

Central	Potencia Instalada (MW)	Tipo Combustible	Año de Inicio de Operación
Laja	8.7 MW	Desecho forestal	1995
Constitución	8.7 MW	Desecho forestal	1995
Arauco	33 MW	Licor negro	1996
Celco	20 MW	Licor negro	1996
Total	70.4 MW		

Fuente: Anuario CDEC-SIC 2002.

Los proyectos potenciales de generación eléctrica con biomasa, se refieren a la generación a partir de los desechos acumulados en los vertederos. A partir de los desechos se produce biogás que es procesado y utilizado como componente del gas de ciudad en Santiago y Valparaíso. Igualmente se puede utilizar el gas de vertedero para alimentar plantas térmicas que generan electricidad.

Otra interesante aplicación de la energía de la biomasa, se encuentra en la generación de electricidad en localidades rurales aisladas. En el año 1999, la CNE en conjunto con el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), implementó, en el marco del Programa de Electrificación Rural, un proyecto piloto para generar electricidad, a partir de la gasificación de la biomasa y abastecer de energía eléctrica a 31 familias de la localidad de Metahue (Isla Butachauques, en la Xª Región).

3.2. Madurez Tecnológica

Para realizar una clasificación del grado de madurez de las diferentes tecnologías asociadas al cambio climático, se ha adoptado la siguiente convención:

3.2.1 Tecnología inmadura

Es aquella tecnología que tiene menos de 10 años de introducción en el mercado chileno, debido a una o varias de las siguientes razones: distorsiones de precios en el mercado, baja oferta, poca claridad en la demanda.

3.2.2. Tecnología Madura

Es aquella tecnología que tiene más de 10 años de introducción en el mercado chileno, que tiene un nivel establecido de precios, tiene una clara demanda por parte del mercado y una adecuada oferta.

Tecnología	Años en el mercado chileno	Inmadura	Intermedia	Madura
I. Transporte				
Eléctrico	No existe	X		
GNC	< 5 años	X		
LNG	No existe	X		
Fuel Cells	No existe	X		
II. Generación Eléctrica				
Microcentrales	30 años			X
Biomasa	10 años		X	
Eólico	<5 años	X		
Geotermia	No existe	X		
Solar	<5 años	X		
III. Industrial				
Cogeneración	< 5 años	X		
Gen. Distribuida		X		

La anterior información, que mide la madurez tecnológica en función del tiempo de introducción o de vigencia en el mercado chileno, con el análisis de otras variables del entorno del mercado, puesto que pueden existir tecnologías utilizadas durante un amplio período (pero sin posibilidad actual de instalación)⁴.

⁴ Es el caso de tecnologías de transporte eléctrico, que se han usado históricamente, pero que en las actuales condiciones no se encuentran consolidadas.

3.3. Barreras de entrada

A partir de la descripción de las tecnologías existentes internacionalmente y en Chile en los sectores transporte, industrial y generación eléctrica, se identificó para cada sector el conjunto de barreras de entrada que dificultan su difusión en Chile. Para este informe se han identificado barreras generales para todas las tecnologías.

En general, las principales barreras de entrada de las tecnologías son las siguientes:

3.3.1 Barreras Técnicas

Las barreras técnicas para la introducción de las tecnologías se refieren a:

- Poco tiempo de introducción de las tecnologías a nivel mundial, o etapa aún experimental de algunas de ellas, lo que se refleja en retraso de su posible adopción en Chile: este es el caso de las tecnologías de fuel cells en transporte
- Un conocimiento poco preciso de los recursos naturales: este el caso del escaso conocimiento en detalle de los potenciales del recurso eólico, geotérmico
- Inexistencia de estándares técnicos para equipos y sistemas
- Falta de capacitación de profesionales en diseño e instalación de sistemas.

3.3.2 Barreras Económicas

Las barreras económicas para la introducción de las tecnologías se refieren a:

- Elevados costos de inversión de las tecnologías frente a tecnologías sustitutas: este el caso del costo de instalación y equipos de las energías solares, eólica y geotérmica frente a la generación convencional térmica e hidráulica
- Distorsiones en la estructura de precios finales de los sustitutos: este el caso del sector transporte con el escenario de impuestos al diesel y la gasolina que ponen en desventaja al GNC
- Dificultades para el financiamiento específico: Debido a la alta inversión inicial y a su recuperación a largo plazo en algunas tecnologías, se requiere identificar fuentes de financiamiento a un tiempo relativamente largo. En algunos sectores los recursos de financiamiento disponibles son de corto plazo, lo cual inhibe su desarrollo. Esto se explica en parte, porque las entidades crediticias evalúan la existencia de riesgo por tratarse de tecnologías nuevas Existe por lo tanto, una necesidad evidente de contar con fondos especializados.

4. IDENTIFICACIÓN DE INCENTIVOS AL INGRESO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS

A continuación se describen los principales mecanismos de incentivos que se han identificado como potenciales de ser utilizados en Chile para promover la inversión en nuevas tecnologías.

4.1 Inversión en Promoción y Fomento de Proyectos de Nuevas Tecnologías

Este es un mecanismo utilizado en muchos países para promover la inversión en proyectos de tecnologías ambientalmente amigables, especialmente en aquellos países que cuentan, o están en vía de contar, con una ley de promoción a las Energías Renovables o el uso eficiente de la energía. Se caracteriza por asignar a una institución estatal relacionada, generalmente el ente regulador de del sector correspondiente, la responsabilidad de estimular, promover, facilitar y desarrollar las condiciones adecuadas para el fomento de inversiones en proyectos tecnológicos.

Para ello se establecen una serie de tareas que deben cumplirse. Las principales de ellas son:

- Elaborar inventario de recursos.
- Impulsar los estudios para estimar el potencial técnico utilizable.
- Fomentar y facilitar las inversiones para el desarrollo de proyectos tecnológicos.
- Propiciar la oferta energética a través de nuevas tecnologías.
- Contribuir y facilitar los procesos de certificación.
- Promover programas de especialización.
- Elaborar reglamentos de incentivos.

Considerando que lo anterior requiere de financiamiento, se establece que el Estado, a través de los organismos pertinentes, es el responsable de generar los recursos económicos para ello, ya sea a través de la asignación presupuestaria de recursos, del apoyo de organismos internacionales relacionados, conseguir y/o avalar créditos con entidades bancarias como el Banco Mundial, el Banco Interamericano de Desarrollo, etc.

4.2 Exenciones Impositivas y Tributarias

Sin duda que el incentivo más utilizado es el relacionado con exenciones impositivas y tributarias.

Los principales mecanismos utilizados son:

4.2.1 Exenciones Impositivas

Las principales exenciones impositivas se refieren a:

- Liberación parcial o total de derechos e impuestos de aduana para todo equipo o maquinaria relacionada con proyectos que incorporen nuevas tecnologías, más limpias y eficientes. La liberación parcial o total se refiere al no pago, o al pago

parcial, del arancel de importación al que se debe ajustar cualquier equipo o maquinaria que ingrese a un país. Este mecanismo puede aplicarse en forma indefinida, o bien, por un período de tiempo acotado. Generalmente se utiliza éste último considerando que el mecanismo es un incentivo para la creación del mercado, por lo que cuando éste ya se encuentre maduro no es necesario seguir aplicándolo.

- Liberación parcial o total del pago del Impuesto al Valor Agregado (IVA): En todos los países se debe pagar un impuesto por la adquisición de un bien. Es este monto el que puede ser pagado en forma parcial o definitivamente no ser pagado en el caso de bienes y servicios relacionados con proyectos que incorporen nuevas tecnologías. Al igual que en el caso anterior, este mecanismo puede aplicarse indefinidamente o por un tiempo determinado.

4.2.2 Exenciones Tributarias

- Crear beneficios sobre el pago del Impuesto a la Renta a las empresas que trabajen en diseño, evaluación, implementación, construcción y administración de proyectos tecnológicos. Con ello se busca liberar parcial o totalmente el pago de impuestos sobre la renta a los ingresos derivados de este tipo de proyectos.
- Implementación de mecanismos especiales de depreciación acelerada a todas aquellas empresas que inviertan en nuevas tecnologías.
- Implementación de sistemas de crédito al impuesto sobre la renta a los propietarios que utilicen sistemas con nuevas tecnologías.

Al igual que en los casos anteriores, estos mecanismos pueden aplicarse indefinidamente o por un tiempo determinado.

4.3 Fijación de Precios Diferenciados

Este mecanismo es posible de ser aplicado en proyectos de generación de energía a partir de energías renovables. Cuando se está frente a un monopolio natural como el de la electricidad por ejemplo, una de las posibilidades que tiene el monopolista es la Fijación de Precios Diferenciados. Existen distintos tipos de Fijación de Precios Diferenciados, siendo la más común, aquella en la que el monopolista vende a cada consumidor o grupo de consumidores el bien a precios distintos.

Si bien esto no es eficiente, dado que ningún mercado monopolístico lo es, si es posible tomar la base de lo que esto supone para establecer un sistema de precios diferenciado de la energía dependiendo de la fuente que provenga.

Esto es lo que hacen algunos países, los cuales por ley establecen una política de precios para las energías renovables que les permiten hacer más competitivas, desde el punto de vista económico, estas tecnologías frente a las energías denominadas tradicionales.

Con el propósito de estabilizar los ingresos por venta de energía, los países que utilizan este mecanismo fijan los precios por períodos de tiempo que van desde los 4 años hasta los 10 años.

4.4 Subsidio a la Operación de Proyectos de ER

Otro mecanismo utilizado es aquel en el que el Estado entrega un subsidio a las empresas que operan proyectos con nuevas tecnologías. El mecanismo consiste en entregar a la empresa un subsidio por unidad de operación producida a partir de una nueva tecnología. Por ejemplo en el caso de la generación de electricidad, por cada kWh generado mediante fuentes de energías renovables.

4.5 Establecimiento de Cuotas de Mercado

El establecimiento por ley de cuotas de mercado también es aplicable al sector energía. Específicamente para las energías renovables. Este sistema fija para el mercado de la energía una porción determinada que deber ser abastecida mediante fuentes de energías renovables.

Para ello se pueden establecer dos mecanismos

4.5.1 Cuotas de Mercado para Consumidores

Donde se obliga a los grandes consumidores, generalmente las empresas de distribución de electricidad a contratar, mediante algún sistema (licitación pública o privada), parte de su consumo con empresas que generen a través de fuentes de energía renovable.

4.5.2 Cuotas de Mercado para Generadores

Donde se obliga a los generadores a que una porción de su oferta sea a través de fuentes de energías renovables.

Con ambos sistemas se establece por ley cuotas de energías provenientes de fuentes renovables.

4.6 Apoyo al Mercado de Créditos de Carbono

En los últimos años un mecanismo de incentivo que ha adquirido fuerza es aquel en donde los países ayudan a promover la creación de un mercado para la venta de los créditos de carbono.

De esta manera se crea un mercado de transacción de emisiones donde aquellos que utilicen tecnología más limpias y eficientes podrán ofrecer al mercado cuotas de emisiones a otros que no las utilicen.

4.7 Otros Mecanismos de Incentivos

Existen otros mecanismos de incentivos que no son generalizables y se han creado según las características de mercado de cada país. Entre estos se pueden mencionar.

- Creación de fondos especiales de fomento a las nuevas tecnologías.
- Creación de instituciones de fomento

5. CUANTIFICACIÓN DE REDUCCIÓN DE EMISIONES DE CO₂

Sobre la base de la información señalada en este informe, se identificaron y seleccionaron tres proyectos para ser evaluados a modo de referencia, los que se indican a continuación:

5.1 Sector Transporte

El proyecto que se ha elaborado en el marco del Transantiago tiene dos componentes:

- Cambio operacional del sistema de Transporte
- Cambio tecnológico en un eje troncal con tecnología de buses híbridos.

El cambio operacional del sistema considera la implementación de la nueva licitación de recorridos de buses, es decir establecimiento de ejes troncales y rutas alimentadoras en el sistema de transporte, con buses diesel sin cambio tecnológico. Este componente del proyecto permite una reducción de 228.938 toneladas de CO₂ cada año en relación con el Caso Base.

El cambio tecnológico ha sido evaluado en dos ejes troncales de la ciudad, considerando solamente buses híbridos diesel – eléctricos (99 en un eje y 73 en el otro). Las reducciones de emisiones asociadas a este componente del proyecto se estiman considerando como referencia buses de tecnología diesel convencional EURO III. Las reducciones de CO₂ estimadas para este componente del proyecto (tecnológico) alcanzan a 1.536 toneladas de CO₂ por año.

Línea Base

El Caso Base o Escenario Base del proyecto consiste en la estructura de la red del sistema de Transporte Público de Santiago (TPS), tamaño de flota y aspectos regulatorios definidos por la licitación actual de recorridos. Se asume la existencia de buses normales de 12 o menos años de antigüedad, propulsados por motores diesel, que cumplen las normas de emisiones vigentes a la fecha (EPA91/EURO1, EPA94/EURO2, EPA98/EURO3). Considera la optimización de la operación de la infraestructura vial para buses definida por el Programa 7 (P7) de Transantiago. Es decir:

- Calles exclusivas para buses durante el período punta de la mañana (7:30 – 10:00).
- Vías reversibles en períodos punta de la mañana y tarde (17:00 – 21:00), algunas de las cuales son usadas por vehículos de transporte público (Irrarrázaval, Salvador, Portugal, etc.).
- Pistas exclusivas para buses en eje Alameda, parcialmente segregadas con separadores de hormigón.

Reducción de Emisiones

En relación a la reducción de emisiones de CO₂ los resultados indican que la mayor reducción se logra por el cambio operacional del sistema. En efecto, mientras el cambio operacional permite alcanzar reducciones del orden las 230.000 toneladas cada año, el cambio tecnológico permite alcanzar solamente 1.537 toneladas cada año.

5.2 Sector Industrial

Para este sector, se describe el proyecto de la Planta Soprole de San Bernardo, que consiste en la instalación de una Planta de Cogeneración para alimentación propia.

El equipo a ser utilizado corresponde a una turbina a gas con una capacidad de 5.000 kw. El número de horas de utilización de este equipo será de 6.864 horas al año. La generación eléctrica es de aproximadamente 34,32 GWh/año

Línea Base

La línea base de este proyecto estará dada por:

- a) La generación eléctrica que se habría producido en el SIC de no haberse implementado el proyecto.
- b) La energía de combustible fósil (gas natural) para producción de calor en la planta actualmente.

Para determinar la Línea Base se realizó un despacho económico de carga en el Sistema Interconectado Central (SIC) considerando que el proyecto en evaluación no entrara en operación (CASO BASE). Con esto se obtiene como resultado la generación trimestral de cada una de las centrales que operan en el SIC y de aquellas que entrarían en operación de acuerdo con el plan de obras de la Comisión Nacional de Energía (CNE). Toda esta información servirá como base para determinar el efecto de la entrada de operación del proyecto en cuanto a desplazamiento de centrales en el SIC.

Para el desarrollo de estudio se utilizó como información técnica base del SIC lo expuesto en el Informe Técnico de Precios de Nudo del mes de abril del presente año, elaborado por la CNE. Adicionalmente se consideró:

- Información contenida en el Plan de Obras de la CNE entregado en abril del 2003.
- Información contenida en el Informe de peajes del CDEC-SIC de diciembre del 2002
- Proyección de Demanda media trimestral para todo el periodo de estudio utilizada por la CNE. Esta última proyección es la más confiable pues es corregida en forma instantánea de acuerdo a cualquier evento.
- Antecedentes de la Interconexión SIC-SING como son la modalidad de la conexión. En este sentido se ha utilizado la información entregada por la CNE (tendría un diseño que permitiría un nivel máximo de transmisión de 250 MW)

La energía utilizada para producción de vapor a través de la caldera actual se determina a partir del nivel de consumo de gas natural que actualmente se utiliza en la planta para estos efectos. Debido a que la eficiencia de la caldera actual es de 80% y que el Poder Calorífico Inferior del Gas Natural es de 8.057 kCal/m³ se determina que el consumo actual de gas natural es de aproximadamente 6.934.461 m³ cada año.

Reducción de Emisiones

La implementación del proyecto permitirá desplazar consumo de combustibles fósiles (gas, carbón y diesel) en el Sistema Interconectado Central (SIC) de Chile, lo cual producirá reducciones de emisiones de CO₂ en dicho sistema eléctrico. Este proyecto producirá beneficios en cuanto a la mitigación de las emisiones de CO₂ incluso en el caso de que se desplace gas natural del sistema eléctrico, la razón de esto es que el proyecto de cogeneración permitirá suministrar energía eléctrica in situ sin considerar pérdidas de transmisión y distribución (concepto de generación distribuida).

En el escenario actual se producen pérdidas de distribución y transmisión asociadas al llevar la energía desde las centrales térmicas hasta el consumidor.

Es importante considerar que la cogeneración al recuperar los gases de escape permite lograr ahorros térmicos importantes, lo que se traduce en una disminución de consumo de combustible para producir calor para vapor. Este ahorro energético no solamente producirá beneficios económicos para el desarrollador del proyecto sino que también producirá beneficios en cuanto a reducción de emisiones de CO₂.

Para determinar las reducciones de emisiones de este contaminante en el SIC se realizó un despacho económico de carga de centrales considerando esta vez la entrada en operación del proyecto (escenario con proyecto). A partir de un proceso iterativo se realizó una comparación del comportamiento de cada una de las centrales conectadas al SIC, entre el escenario "Caso Base" y el escenario con proyecto. En cada caso se calcula un vector de costos marginales para 15 años (periodo 2003-2018). De esta forma se determinó el efecto del proyecto en cada una de las centrales que actualmente operan en el SIC y en cada uno de los proyectos programados por la CNE para los próximos años, en cuanto a desplazamiento de generación eléctrica. Debido a que cada central opera con un determinado combustible, esta modelación ha permitido identificar la cantidad de energía desplazada por el proyecto y además la fuente de esa energía, es decir: gas natural, carbón, diesel, fuel, entre las más relevantes.

Los resultados de estas estimaciones se han obtenido a partir de las metodologías del Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, www.ipcc.ch):

Fuel	CO ₂ [Ton/Mwh] (2)	CO ₂ [Ton/Mwh] (1)
Coal	0,9604	0,86434
Diesel	0,8347	0,75126
Fuel oil	1,2189	1,09701
Natural gas	0,4296	0,38666
Hydro	0.0000	0.00000

Fuente: Elaboración DEUMAN a partir de datos CDEC-SIC y metodología IPCC

Notas:

- 1) Factores de emisión de CO₂, en unidades de toneladas por MWh de energía producida en central.
- 2) Factores de emisión de CO₂, en unidades de toneladas por MWh de energía recibida por el consumidor (Considera el efecto de pérdidas de transmisión y distribución de 10%)

Una vez conocidos los factores de emisión de CO₂ característicos de los distintos tipos de centrales según combustible, se procedió a multiplicar la energía desplazada por el proyecto para cada tipo de central por el factor de emisión de CO₂ correspondiente, obteniendo de esta forma las reducciones anuales.

En el caso de las emisiones de CO₂ evitadas por el ahorro térmico (en cuanto a recuperación de gases de escape para producir vapor), éstas se han estimado a partir de la cantidad de gas natural que se deja de consumir para producción de vapor gracias al proyecto, valor que, alcanza a 6.934.461 m³/año. Además de este dato se ha utilizado el factor de emisión de CO₂ asociado a la quema de este combustible, valor que es de 0,00188 tonCO₂/m³.

Los resultados de las emisiones de CO₂ evitadas por el proyecto, derivadas del desplazamiento de generación en el SIC y del ahorro térmico se muestran en la siguiente

Emisiones desplazadas en el SIC y por ahorro térmico			
AÑO	ELÉCTRICO [tCO2/año]	CALOR [tCO2/año]	total [tCO2/año]
1	26,918	13,624	40,543
2	26,529	13,624	40,154
3	27,873	13,624	41,497
4	23,625	13,624	37,249
5	24,308	13,624	37,933
6	17,330	13,624	30,955
7	15,629	13,624	29,253
8	17,058	13,624	30,683
9	19,114	13,624	32,739
10	17,958	13,624	31,582
total	216,342	136,244	352,586

Emisiones de CO₂ evitadas por el proyecto

Es importante considerar que la operación del proyecto también produce emisiones de CO₂, esto por cuanto existe consumo de gas natural para operar el equipo de cogeneración. El consumo de gas natural en el escenario con proyecto es de 11.721.281 m³/año, el cual se ha estimado a partir de los datos técnicos del equipo de cogeneración, como por ejemplo eficiencia eléctrica, eficiencia global, entre otros. De esta forma las reducciones de CO₂ netas del proyecto corresponden anualmente a las emisiones evitadas menos las emisiones producidas, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Reducción Neta de Emisiones CO2 proyecto Cogeneración			
AÑO	Evitadas [tCO2/año]	Generadas x	
		proyecto [tCO2/año]	total [tCO2/año]
1	40,543	23,029	17,513
2	40,154	23,029	17,124
3	41,497	23,029	18,468
4	37,249	23,029	14,220
5	37,933	23,029	14,903
6	30,955	23,029	7,925
7	29,253	23,029	6,224
8	30,683	23,029	7,653
9	32,739	23,029	9,709
10	31,582	23,029	8,553
total	352,586	230,292	122,294
	PROMEDIO AÑO [tCO2/año]		12,229

5.3 Sector Generación Eléctrica

El proyecto que se presenta, corresponde a la instalación de una Planta Eólica en la zona de Chuquicamata - Calama.

Se han desarrollado análisis específicos del sistema de transmisión eléctrica en Chuquicamata y de la información referente a la interconexión del proyecto a las líneas de transmisión ya existentes en la zona potencial de emplazamiento de la Granja Eólica, considerando en los análisis la demanda energética de la mina Chuquicamata

Línea Base

Se determinó que la Línea Base correspondería al escenario de utilización de mezcla carbón – petcoke en algunas de las Centrales Térmicas del Sistema Interconectado del Norte Grande (SING). La elección de este escenario se debió a que éste es el único de los escenarios definidos en el estudio que tiene aplicación directa en la actualidad (dado que la autorización de la quema de la mezcla carbón – petcoke ya se presentó en el SING).

Además, se desarrolló un modelo de despacho eléctrico para proyectar los precios de la electricidad que podría enfrentar el Proyecto eólico durante los próximos 10 años si éste despachara electricidad dentro del SING. Además de esta proyección de precios, este modelo entregó información que permite identificar aquellas fuentes marginales de energía que enviarían electricidad al sistema si el Proyecto no se implementara (Business as usual).

La línea base de emisiones para este escenario fue estimada en 1,03 tCO₂/MWh. La metodología de cálculo utilizada para determinar este valor fue la metodología del International Panel on Climate Change (IPCC), la cual fue complementada con datos de consumos específicos de combustibles de las centrales del SING, información obtenida de publicaciones de la Comisión Nacional de Energía (CNE).

Emisiones Reducidas

Las emisiones reducidas de este proyecto corresponden a CO2

A continuación se presentan los valores de las reducciones estimadas dependiendo del tamaño de turbina eólica utilizada en el proyecto. Es importante señalar que el proyecto está pensado en una granja eólica de alrededor de 40 MW, por lo tanto el número de turbinas utilizadas en el proyecto dependerá del tamaño de éstas.

Tipo Turbina	850 Kw	950 Kw	1650 Kw
Número de turbinas	47	42	25
Potencia [MW]	39,95	39,9	41,25
Reducción [Ton CO2]	116.068	102.603	132.128

6. IDENTIFICACIÓN Y PROPOSICIÓN DE INSTANCIAS QUE PERMITAN TRANSFORMAR A CHILE EN PLATAFORMA TECNOLÓGICA

6.1 Análisis Preliminar

Para convertir a Chile en Plataforma Tecnológica, es necesario tener presente que el objetivo a cumplir es atraer inversionistas extranjeros al país, sean estos europeos, norteamericanos, orientales u otros. Esto en la práctica, se convierte en un desafío orientado a convertir al país en un centro de desarrollo de alta tecnología en los distintos sectores económicos, o al menos en aquellos donde se tengan ventajas comparativas frente a otros países.

Para ello es necesario invertir como país, destinando recursos técnicos, económicos y financieros que apoyen un proceso de estas características. Si bien Chile cuenta con una avanzada infraestructura tecnológica a nivel regional, que permite proyectarlo como una plataforma de desarrollo tecnológico que atraiga a más empresas interesadas en ingresar o potenciar su presencia en el continente, en opinión del consultor aun existen ciertos aspectos que deben potenciarse o mejorarse.

Un ejemplo de ello es que permanentemente en las evaluaciones de riesgo país que realizan las distintas consultoras internacionales, donde Chile aparece en lugares de avanzada, una de las razones que explican el no estar aun más arriba en dichas clasificaciones es su escaso desarrollo tecnológico, lo que en parte contradice lo expuesto en el párrafo anterior.

Cabe preguntarse entonces, cuáles son las razones que sustentan la necesidad de convertir a Chile en plataforma tecnológica para la región. La respuesta debiera ser que la tecnología como tal debiera convertirse en una herramienta al servicio de las personas y no un fin en sí mismo, de modo de aprovechar las capacidades internas en beneficio de la gente y el desarrollo del país. Esto se debe traducir en mayor crecimiento y proyectar a Chile como país plataforma a nivel continental.

Bajo este escenario, la oportunidad para que los distintos inversionistas potenciales logren transformarse en plataforma regional de sus productos y servicios, pasa por capitalizar los beneficios asociados a ello como lo son, por ejemplo, el aprovechar los acuerdos comerciales con Estados Unidos, la Unión Europea, México, Canadá, etc. cumpliendo un rol estratégico como eslabón dentro de la cadena exportadora / importadora. Con ello se facilitará la apertura comercial del país. Para conseguirlo, tal como se mencionó anteriormente, es fundamental invertir en capacitación y en el fortalecimiento productivos de los distintos sectores económicos en el país.

Por lo tanto, si se desea llevar a cabo esta tarea, necesariamente debe ir asociado a que las inversiones que se realicen deben ser bajo la concepción de "invertir bien", o dicho de otra manera, invertir en lo correcto, en lo que sea rentable para el país.

6.2 Chile como Plataforma Tecnológica de Tecnologías Limpias

En lo que respecta al presente estudio, las tecnologías que podrían potenciarse en la línea de convertir a Chile en plataforma tecnológica para dichas alternativas, están en el ámbito de las energías renovables, la eficiencia energética y tecnologías limpias del transporte.

Las razones que podrían esgrimirse para su justificación son básicamente dos:

- i) Fomentar una mayor diversificación energética que permita independizar a Chile del consumo de los energéticos más tradicionales como el petróleo y el gas natural
- ii) Potenciar un mercado exportador / importador de tecnologías limpias en el sector energía y en el sector transporte.

En lo que sigue se hace un análisis de estas razones y si se justifica el invertir en este tipo de tecnologías.

6.3 Las Energías Renovables como Alternativas Tecnológicas a desarrollar

Desde la perspectiva de las energías renovables, en Chile tienen un mayor potencial de desarrollo la energía eólica, la energía solar (principalmente la fotovoltaica), la geotermia y la energía proveniente de micro y/o mini centrales hidroeléctricas.

En todos los casos, Chile tiene grandes oportunidades debido a los recursos existentes; zonas con gran recurso eólico, zonas con excelente recurso solar y una cadena montañosa con una gran cantidad de recursos hidráulicos y geotérmicos. Sin embargo la práctica indica que dicho potencial no ha sido explotado. A modo de ejemplo se puede mencionar lo siguiente.

- En proyectos eólicos conectados a red, el único proyecto de magnitud y con una mejor opción de implementación, la granja eólica de Calama, presenta resultados poco atractivos según las evaluaciones previas. Revertir esta situación parece prácticamente imposible considerando la sobre inversión existente en el sistema que se traduce, además, en precios de energía muy por debajo de lo que requiere un proyecto de estas características. En efecto, proyecciones de precios para el sistema permiten suponer que el precio monómico debiera estar en el orden de los 30 mills/kWh, mientras que el precio monómico que empieza a hacer atractivo el proyecto está por sobre los 50 mills/kWh.

Este ejemplo es extensible a todos los otros proyectos que deseen conectarse a los principales sistemas eléctricos en Chile, con la excepción de los sistemas aislados que operan Aysén y Magallanes, donde es evidente la ausencia de todo nivel de competencia, pues son sistemas en que sólo existe un operador, integrado verticalmente en generación, transporte y distribución, resultando esta situación conveniente vista la presencia de economías escala., que por sus especiales características de aislamiento y pocos recursos presenta precios más altos. Sin embargo, ellos por si mismos, no constituyen un mercado que resulte atractivo dado que se trata de sistemas de tamaño menor.

Por otro lado en la región existen países como Argentina y Brasil que presentan un mayor desarrollo que Chile en el tema, más en el caso brasileño donde se acaba de aprobar una ley de incentivo a la energía eólica. Con ello se han creado empresas fabricantes de turbinas, y de las tecnologías asociadas a este tipo de proyectos, lo que los transforma en países que ya cuentan con una ventaja comparativa respecto de Chile.

- En proyectos eólicos aislados, el mercado en Chile se circunscribe a los proyectos de electrificación rural, que además sean aislados, y donde exista el recurso suficiente. Con ello el mercado queda restringido a determinadas zonas que en su totalidad no constituyen una magnitud que justifique hacer inversiones importantes en desarrollo.
- En proyectos fotovoltaicos, recientes estudios financiados por el GEF indican que en Chile, cerca del 90% de las instalaciones fotovoltaicas en proyectos de electrificación rural se encuentran fuera de servicio o en deficientes condiciones de operación. La situación de sistemas solares para el calentamiento de agua es aun peor.

A diferencia del caso anterior, las instalaciones fotovoltaicas en sistemas de telecomunicaciones presentan una mejor condición de operación, sin embargo como mercado no se ve que por si mismo pueda convertirse en un mercado atractivo para potenciales inversionistas.

En consecuencia, los sistemas solares, y en particular los sistemas fotovoltaicos no parecen ser una buena alternativa como desarrollo tecnológico a futuro, al menos en el corto y mediano plazo.

- Las micro y/o mini centrales hidroeléctricas son la tecnología que más años de desarrollo tiene en Chile, existiendo una oferta en toda la cadena del negocio, es decir, el diseño, la ingeniería, la fabricación y la ejecución o construcción. Sin embargo dichos proyectos deben enfrentar los mismos problemas de bajos precios que en los casos anteriores, los que comparados con países que presentan un mayor desarrollo en este ámbito, como El Salvador, donde el precio monómico de la energía es del orden de los 65 mills/kWh y en Perú, donde el precio monómico es del orden de los 45 mills/kWh, hace que estos países de la región presenten una ventaja comparativa para un mayor desarrollo de este tipo de tecnologías.

Un ejemplo de ello es que proyectos en Chile ejecutados en los últimos años, como lo son un proyecto hidroeléctrico en Puerto Edén en la duodécima región y otro en Tirúa, en la octava región, se utilizaron turbinas de fabricación peruana, aun existiendo proveedores de dicha tecnología en Chile. Lo único que puede explicar esto es que los costos de inversión son menores y, por lo tanto, podría asumirse que las eficiencias son distintas. Con ello, Chile no estaría en condiciones de competir, por ejemplo, con la oferta peruana.

En consecuencia, este tipo de tecnología no presentan grandes oportunidades de desarrollo tal como se encuentra actualmente el mercado. Como se explicó anteriormente, la razón de ello es que en Chile no existe ningún tipo de incentivos para la utilización de este tipo de tecnologías, dejando al mercado la decisión aprovechar o no su uso.

En efecto, el sector energía chileno, y en particular el sector eléctrico, se caracterizan por su apertura y en menor medida, por su competitividad. En la práctica a los tomadores de decisión les interesa asignar los recursos de manera eficiente utilizando el mecanismo de los precios para reflejar la oferta y la demanda del mercado. Con ello, lo que resulta relevante al momento de tomar la decisión es comprar al mejor precio y por eso el propósito es contar con una política de precios basada en el costo marginal que, en teoría, permite lograr el uso óptimo de la capacidad existente.

Ante esta situación, los distintos mecanismos de incentivo como lo son la utilización de exenciones tributarias, aplicar precios diferenciados o aplicar subsidios a la inversión u operación, tienen un mezquino o casi nulo ámbito de aplicación, mas aún cuando Chile no es un país que se caracterice por utilizar el mecanismos de subsidios masivamente, por el contrario cada vez son menos los sectores económicos beneficiados por algún tipo de subsidio, y tercero, dada la actual coyuntura por la que atraviesa la economía chilena, donde recién se comienzan a dar escenarios más favorables, la implementación de subsidios a la operación de proyectos de energía con fuentes renovables no parece ser una iniciativa que pudiera tener éxito, más aun si el Gobierno tiene como alternativa los otros sectores de la economía, incluso con mayor potencial de desarrollo y que presentan ventajas comparativas.

Adicionalmente, un análisis de las razones expuestas anteriormente para crear una plataforma tecnológica en este tipo de tecnologías permite indicar que no son lo suficientemente fuertes como para que por si mismas consigan alcanzar dicho objetivo.

En el primer caso, diversificación de la matriz energética, parece al menos cuestionable que se produzcan beneficios en el sentido de una mayor diversificación si se piensa que se trata de tecnologías orientadas principalmente a la generación de electricidad. Por lo tanto un mayor desarrollo de éstas no necesariamente irá ligado a asegurar una mayor diversificación energética considerando que las principales energías (gas natural e hidroelectricidad a gran escala) son lo suficientemente competitivas en cuanto a precios con este tipo de tecnologías.

En el caso del consumo de petróleo se ve como poco probable que un mayor desarrollo de tecnologías como la energía eólica, los sistemas fotovoltaicos y las micro o mini centrales hidroeléctricas, permita una disminución cuantitativa del consumo de petróleo, sobretodo porque no se trata de combustibles o energéticos sustitutos, al menos directamente considerando el ámbito en que se desarrollan (generación de electricidad).

En el segundo caso, las razones han sido expuestas en detalle anteriormente, en cuanto a que Chile no está hoy en condiciones de competir con países como Argentina, Brasil, Perú e incluso El Salvador.

6.4 La Eficiencia Energética como Alternativa Tecnológica a Desarrollar

Desde la perspectiva de la eficiencia energética, durante los últimos 10 años la Comisión Nacional de Energía en Chile ha trabajado en el tema obteniendo avances interesantes, sobre todo en lo que se refiere a disminuir el consumo en clientes finales de tamaño medio (edificios corporativos, públicos, programas residenciales, etc.).

Respecto de consumos mayores, existe un reporte elaborado por la CNE con indicadores de eficiencia energética para el Sector Industrial y Minero en Chile, que permiten examinar los factores que están detrás de las variaciones en los consumos energéticos sectoriales. Este reporte, que abarca el período 1990-1999, constituye el inicio de un análisis periódico de las tendencias en materia de consumo de energía en el sector Industrial y Minero, el cual debiera ser actualizado y publicado cada dos años, agregando un mayor nivel de análisis mediante el levantamiento de información mas detallada para cada subsector.

Con ello se está dando un paso importante en esta materia y sin duda que existen oportunidades de desarrollo dentro del país. Chile tiene las condiciones adecuadas para ello. Cuenta con una economía estable y creciente, infraestructura tecnológica en desarrollo y excelente capacidad técnica en sus profesionales.

Adicionalmente, desde un punto de vista tecnológico existe una gran variedad en la oferta de opciones que no han sido explotadas en el país, a pesar de que algunas de ellas presentan significativas potencialidades. Estudios realizados recientemente indicarían importantes potencialidades en el caso de la eficiencia energética, tanto en lo que respecta a la producción como el uso de la energía.

En consecuencia, a diferencia de los casos anteriores, la eficiencia energética se presenta como una buena oportunidad para constituirse en una alternativa rentable de desarrollo tecnológico.

6.5 Las Tecnologías Limpias de Transporte como Alternativas Tecnológicas a Desarrollar

En los últimos cinco años en Chile han existido diversos intentos y acciones tendientes a promover la utilización de tecnologías limpias en el transporte. Los mayores obstáculos se han presentado en los altos costos de inversión de las tecnologías y problemas o diferencias en lo que se refiere a la carga impositiva que deben pagar los combustibles a utilizar.

Por lo tanto el problema no se centra en las tecnologías y su confiabilidad, menos aun cuando países desarrollados han invertido en el desarrollo de tecnologías cada vez más eficientes, seguras y confiables.

Es esto último lo que va en contra de que Chile se convierta en plataforma tecnológica para la región considerando que países como Brasil y Argentina están mucho más avanzados que Chile, y por lo tanto presentan ventajas comparativas en esta área.

Pensar entonces en esta posibilidad, al menos en el corto plazo, parece no ser una muy buena idea, más aun si se piensa que para conseguir financiamiento siempre se deberá competir con tecnologías de otros sectores económicos.

6.6 Conclusiones

A partir del análisis realizado es posible concluir lo siguiente:

- En Chile, las energías renovables como alternativas de convertirse en plataforma tecnológica para la región presentan condiciones poco favorables por cuatro razones: un mercado interno pequeño, bajos precios de la energía, inexistencia de incentivos por parte del Estado y no contar con ventajas comparativas respecto de países como Brasil, Argentina y Perú.
- A diferencia del caso anterior, la eficiencia energética presenta mejores condiciones y oportunidades para transformarse en plataforma tecnológica. En la práctica existe un mercado interno interesante, la capacidad técnica adecuada y una infraestructura tecnológica en desarrollo.
- Finalmente, las tecnologías limpias del transporte presentan condiciones similares a la eficiencia energética, sin embargo la existencia de países en la región con mayores ventajas comparativas que Chile hace que el escenario en el corto plazo no sea el más favorable.
- Independiente de lo anterior, es necesario mencionar que cualquier iniciativa por impulsar el desarrollo tecnológico en los casos anteriores, pasa por conseguir el financiamiento para ello. En este sentido, debería ser el gobierno que tome dicha iniciativa, sin embargo, y tal como ya está ocurriendo, las inversiones que realice el gobierno siempre se distribuirán a aquellos sectores que sean "más rentables".
- Producto de lo anterior, en cualquier escenario, las tecnologías analizadas en el presente estudio deberán permanentemente competir por atraer inversiones y financiamiento con tecnologías de otros sectores de la economía nacional como la agricultura, el turismo, el sector minero, el sector pesquero u otro, que eventualmente podrían ser más atractivos y rentables.