



GOBIERNO DE CHILE
COMISION NACIONAL DE ENERGIA

Energía eólica en Chile: Contexto y oportunidades

Christian Santana O.
Comisión Nacional de Energía
Agosto 2006

Energía eólica, información general en Chile



Definición: Energía cinética del viento, usada para generación eléctrica mediante turbinas eólicas (aerogeneradores).

Experiencia práctica: es una tecnología innovadora en Chile, tanto desde el punto de vista técnico, como del mercado eléctrico.

Capacidad instalada en Chile:

- Conectadas a sistemas eléctricos: sólo un parque en el sistema de Aysén (Alto Baguales, 2MW).
- Aplicaciones en sistemas aislados: pocos casos, el más relevante es la Isla Tac, Chiloé (15 KW).

Potencial en Chile: poco evaluado, aunque se estima de miles de MW de capacidad instalable como potencial técnico.

Razón principal enunciada para explicar su baja participación: costosas o poco competitivas.

Un entorno más favorable para la energía eólica en Chile



- 1.- Modificaciones legales que perfeccionan el mercado de generación y han establecido un tratamiento preferente para las energías renovables no convencionales (ERNC).
- 2.- Evolución de los costos de generación eléctrica.
- 3.- Maduración de la tecnología eólica.
- 4.- Financiamiento mediante Mecanismo de Desarrollo Limpio.
- 5.- Fomento a preinversión para proyectos con energías renovables no convencionales.

Entorno más favorable: Modificaciones legales



- Históricamente, existió un marco regulatorio neutral con respecto a tecnologías y fuentes para generación eléctrica, debiendo todas competir en similares condiciones.
- Ley Corta I marca un hito al establecer por primera vez un trato preferencial para las Energías Renovables No Convencionales:
 - Abre el mercado mayorista a los generadores menores a 9MW, en condiciones no discriminatorias y con un tratamiento comercial y operacional simplificado.
 - Crea acceso a redes de distribución para generadores < 9MW.
 - Establece la exención de peaje troncal para fuentes ERNC.
- Ley Corta II: Crea un mercado exclusivo para ERNC, en condiciones similares a empresas generadoras con contratos con distribuidoras. Tamaño acotado al 5% de la demanda de los clientes regulados

Entorno más favorable: Impacto de las modificaciones legales



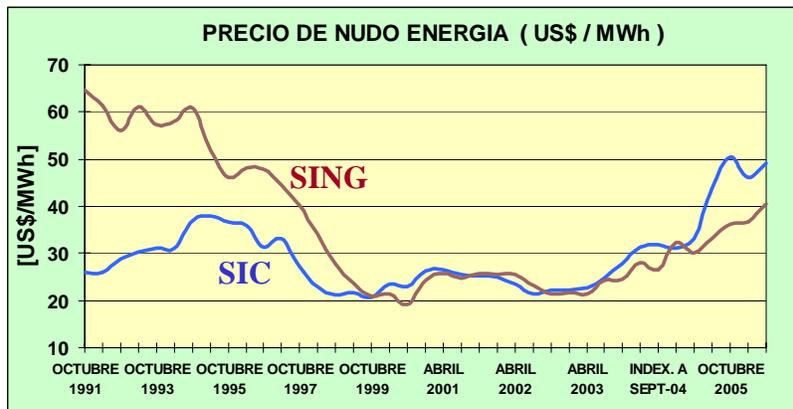
Abrió el mercado de generación eléctrica a nuevos emprendedores y financistas:

- Tamaño de los proyectos: en general pequeños (pequeña hidráulica, biomasa) o escalables (eólica).
- Nivel de inversión total bajo en comparación con los tradicionales.
- Amplia variedad de inversionistas potenciales:
 - dueños del recurso: generadores de residuos de biomasa, propietarios de derechos de agua, propietarios de terrenos ventosos, etc.,
 - sociedades de inversión,
 - articuladores de negocios,
 - empresas tradicionales del sector eléctrico,
 - etc...

Entorno más favorable: Evolución de los precios de la energía



Se ha verificado un aumento nacional e internacional del precio de la energía.



Entorno más favorable: Maduración tecnológica = menores costos



La tecnología eólica ha madurado en las últimas dos décadas con su consiguiente impacto en confiabilidad y costos de inversión.

Comparación de costos de distintas energías renovables no convencionales

Tipo	Inversión Miles US\$/MW	Factor de Planta %	Costo medio US\$/MWh	Fuente
Geotérmica	1.400 - 2.000	90	30 -->	CNE, Otros
Eólica	1.200-1.800	<- 45	45 -->	CNE, Otros
Solar (fotovoltaica)	4.550	7 - 15	240 - 300	US DOE
Biomasa	1.300 - 1.700	80 - 85	35-->	CNE, US DOE
Biogas	1.500 -->	80	50 -->	CNE, US DOE
Pequeña Hidráulica	1.200-1.800	50 - 80	30-->	CNE, Otros

Notas1 : Inversión y costo medio son valores mínimos razonables en Chile, el máximo depende de cada proyecto.

Notas 2: Geotermia de acuerdo a proyecto en plan de obras indicativo de CNE.

Eólica estimaciones CNE de acuerdo a costos de inversión internacionales a diciembre de 2005.

Biomasa considera proyectos de cogeneración con residuos de aserraderos.

Biogas: gasificación de residuos industriales y agropecuarios (sólidos y líquidos).

Entorno más favorable: MDL y apoyo gubernamental a preinversión



- **MDL:** proyectos eólicos en Chile son elegibles para postular a venta de bonos de carbono mediante el Mecanismo de Desarrollo Limpio. Chile ya tiene experiencia en este mecanismo: Chacabuco, Hornos y Quilleco; proyectos de recuperación de metano, etc.. Para los proyectos ERNC pequeños es necesario apoyar el proceso de Bundling.
- **Concurso CORFO/CNE:** El Gobierno implementó un mecanismo subsidiario para apoyar los estudios de preinversión en ERNC:
 - Primer Concurso (Noviembre 2005): 46 fueron favorecidos, 12 de ellos eólicos. US\$1,3 millones asignados.
 - Segundo Concurso: 90 solicitudes presentadas, más de 20 eólicas. Fecha de resolución: Octubre 2006. US\$ 2 millones disponibles.

Proyectos en el SEIA



Las mejores condiciones para el desarrollo de proyectos eólicos ya están siendo internalizadas. Junto al interés suscitado por el concurso CORFO / CNE ya existen proyectos en tramitación ambiental.

<i>TIPO CENTRAL Estado</i>	<i>N° PROYECTOS</i>	<i>POTENCIA MW</i>	<i>REGIONES</i>	<i>EMPRESAS</i>
<i>Mini hidráulica Aprobados</i>	7	58	VII, VIII, IX y X	Soc. Generadora Eléctrica Rhomaya, Endesa Eco, Colbún S.A., Ganadera y Agrícola Ltda., Inversiones Candelaria Ltda., Agrícola Río Blanco S.A.
<i>Biomasa Aprobados</i>	2	14	VIII	CBB Forestal S.A Forestal y Papelera Concepción S.A.
<i>Mini hidráulica En Calificación</i>	4	45	IV, VII y X	Hidroeléctrica Puclaro S.A. Ganadera y Forestal Carrán Ltda. HidroMaule, Generación Eléctrica
<i>Eólica En Calificación</i>	5	284	III, IV y V	Acciona Energía S.A Endesa Eco Hundelss und Finance

Innovación: la barrera a superar



Pese a las mejores condiciones, es posible que el desarrollo de la energía eólica en Chile sea lento debido a los problemas asociados a la innovación:

- Incertidumbre en inserción en el mercado eléctrico: pago potencia, aplicabilidad de normas técnicas, modelos de negocios, etc..
- Inexperiencia de empresas de generación constituidas en Chile, deberían inclinarse por proyectos tradicionales.
- Ausencia o dispersión de información relevante: zonas de desarrollo con potencial, costos en Chile de inversión y operacionales, procedimientos de obtención de permisos, etc..
- Industria de servicios no constituida en Chile: prospección eólica, evaluación de factibilidad, diseño de parques, montaje y mantención. Especialidades complejas, aunque aparentan simplicidad.

Acciones de CNE: información útil a la inversión en energía eólica



CNE se encuentra implementando, con cooperación del Gobierno Alemán, un conjunto de acciones tendientes a eliminar la barrera de la innovación y acelerar el desarrollo de la energía eólica en Chile:

- Sistematización de procedimientos administrativos:
 - Manual con criterios para evaluación de impacto ambiental para proyectos eólicos. Disponible a fines de agosto.
 - Manual para el Mecanismo de Desarrollo Limpio. Publicado.
- Información sobre aspectos técnicos (generación de capacidades):
 - Curso de monitoreo eólico (enero 2006).
 - Estudios de factibilidad para dos proyectos eólicos: procedimientos públicos para la evaluación y diseño, técnica y económica de parques eólicos en distribución y transmisión.

Generación de información pública del recurso eólico



Mejoría del conocimiento de la información eólica en Chile.

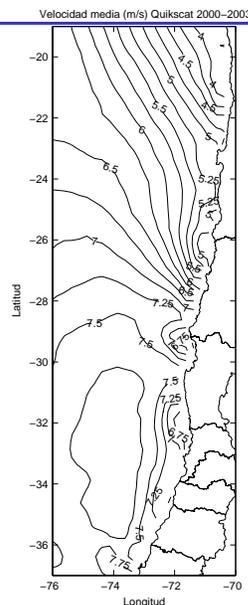
Recopilación de información observacional:

- Aprox. 150 estaciones en el SIC.
- Base de datos pública.

Desarrollo y evaluación:

herramientas de modelación:

- Análisis de información satelital
- Modelos de mediana escala probados.
- Permiten comparar zonas, no definir su potencial.



Isolíneas de velocidad media (m/s) sobre el mar derivadas de datos satelitales. 2000-2003

Generación de información pública eólica



Monitoreo (GTZ/PNUD/CNE) en:

- Zonas con alto potencial de desarrollo y sin monitoreo privado.
- Zona donde se está haciendo estudio de factibilidad.
- 9 estaciones (3 de 40m, 6 de 20m)



A modo de resumen



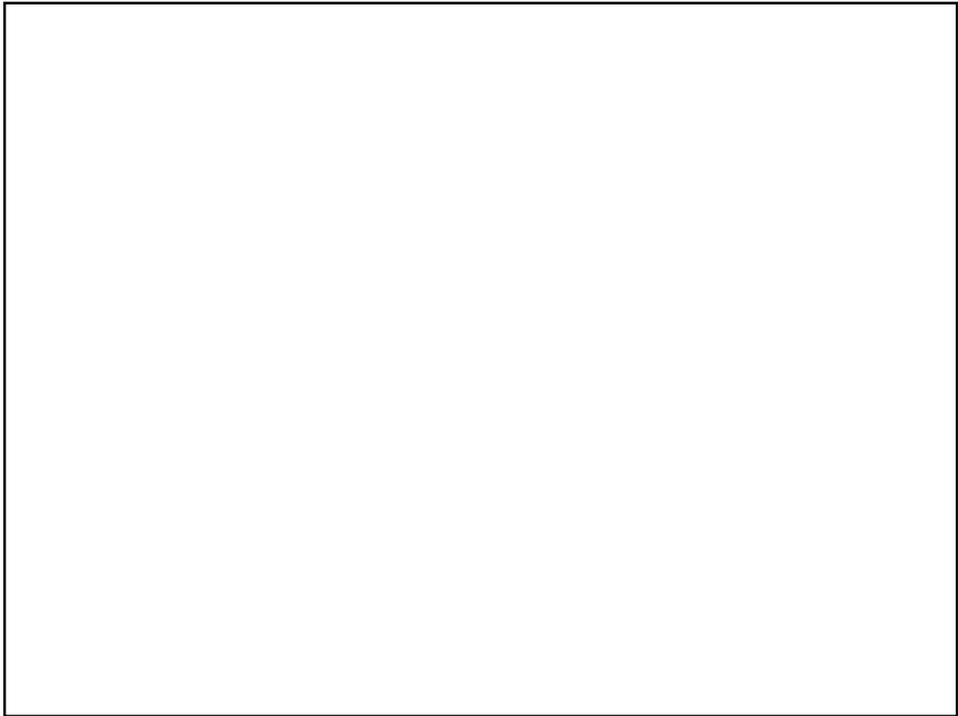
- Hoy existe un entorno más favorable para el desarrollo de la energía eólica en Chile: a las modificaciones legales se suman la evolución de los precios de la energía en Chile y el mundo, la evolución tecnológica, el MDL y subsidios para el desarrollo de los estudios de preinversión.
- Lo anterior se ha traducido en un creciente interés en evaluar proyectos eólicos.
- Para consolidar este tipo de energía en Chile se requiere romper las dificultades asociadas a la innovación y consolidar una industria de servicios locales.
- Lo anterior se traduce en oportunidades de negocios que van más allá de los inversionistas en energía.

Primer aerogenerador conectado al SIC
Bonus 150 kW, reacondicionado
Lugar: Estancia Flora, Chanco, VII Región
Propietario: Luis Gardeweg



Gracias por su atención





Necesidad de una industria de servicios: Ej. monitoreo es crítico en el éxito de los proyectos



Componentes de incertidumbre en el cálculo del viento

Componentes de incertidumbres	Rango típico de incertidumbre [%]
Calibración de anemómetro en canal de viento	0.5 – 5.0
Elección de anemómetro	0.5 – 3.0
Montaje de anemómetro	0.2 – 3.0
Elección de sitio de medición	0.5 – 5.0
Elección de periodo de medición	0.3 – 3.0
Grabación y evaluación de datos	0.0 – 2.0
Correlación con datos de largo plazo (MCP)	0.5 – 5.0
Transf. a posiciones de aerogeneradores y alturas de eje	1.0 – 10.0
Incetid. total de determinación de velocidad de viento	1.5 – 14.0
Incetidumbre de cálculo de energía generada	3.0 – 30.0

Fuente: curso de monitoreo eólico, enero 2006, realizado por Wind Guard.
Proyecto energías renovables en Chile GTZ/CNE.

Ventajas de las ERNC (i)



En el ámbito del suministro eléctrico

- Fuentes autóctonas, contribuyen a la diversificación y disminuir vulnerabilidad externa.
- Costos de generación estables. Independientes de costos de derivados del petróleo. Contribuyen a disminuir la incertidumbre del precio de largo plazo de la energía.
- Suministro confiable en escala temporales largas: Poca variabilidad interanual (geotermia, eólica, biomasa). La excepción es la energía hidráulica.
- Menores plazos de maduración y construcción (eólica, biomasa, pequeña hidráulica). La excepción es la geotermia.
- Proyectos pequeños o modulares y distribuidos geográficamente: flexibilidad para adaptarse al crecimiento de la demanda sistémica y local.

Ventajas de las ERNC (ii)



Otras externalidades positivas

- Menor impacto ambiental (local y global) que proyectos tradicionales, aunque depende de la forma de desarrollo del proyecto, pudiendo haber algunos de alto impacto.
- Pueden contribuir a valorizar zonas degradadas o de bajo valor: ejemplo, desarrollos eólicos en zonas de secano costero.
- Pueden contribuir a diversificar los giros de negocios de actividades industriales y agropecuarias (uso de residuos de biomasa).
- Mayor aceptación por parte de las comunidades y la sociedad civil.
- Oportunidades para desarrollo tecnológico o de industria de servicios propio (geotermia, biomasa, biogas).

Desventajas de las ERNC



- "Son más caras". Esta situación está cambiando, hoy competitivas muchas ERNC.
- Intensivas en uso de capital => riesgosas desde punto de vista privado en mercados con incertidumbre respecto de los precios de largo plazo de la energía.
- Innovadoras en Chile. Mercado de servicios escaso, inmaduro o de baja calidad. Mayor riesgo técnico de los proyectos y mayor costo de desarrollo (eólica, biogas, geotermia).
- Menos atractivas para empresas de generación tradicionales.
- Intermitentes (eólica, pequeña hidráulica)
- Generalmente están en zonas con infraestructura precaria.
- Elevada relación riesgo/inversión para etapa de exploración geotérmica.

Generación de información pública eólica

