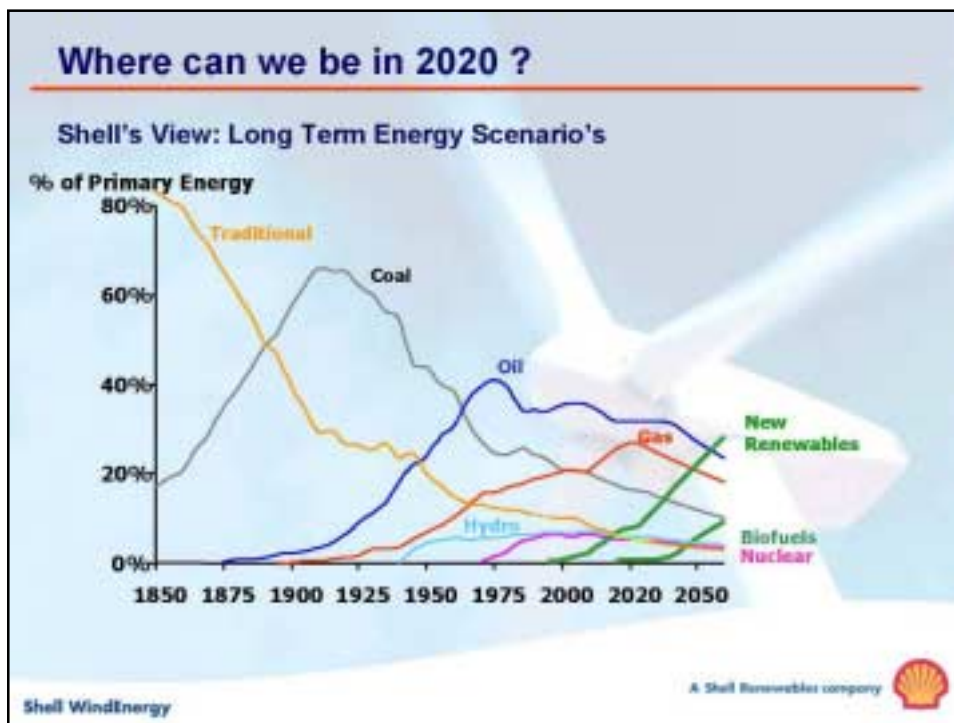


# Energía Eólica

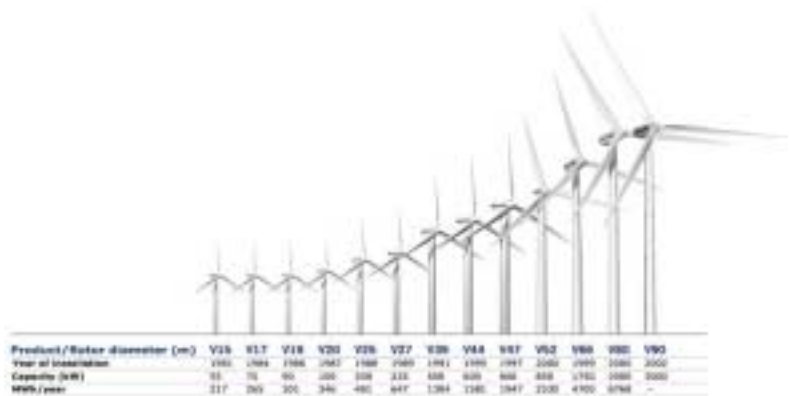
Juan Walker  
Víctor Seguel

Servicios Eólicos S.A.

[www.windservice.cl](http://www.windservice.cl)



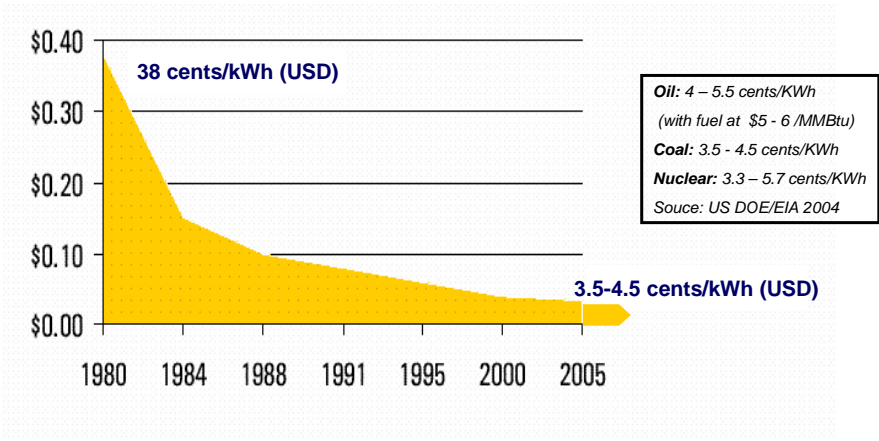
# Outstanding wind power solutions



NEG Micon Brand      M55 M108 M225 M400 NM44 NM48 NM54 NM72C NM72/82 NM92 NM110  
 Capacity (KW)            55    108    225    400    600    750    950    1500    1650    2750    4200

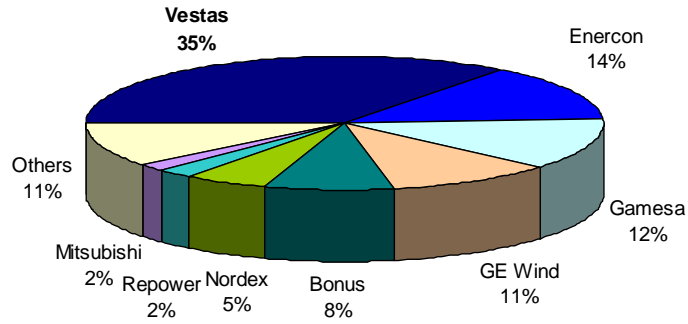
# Wind power is competitive

Wind power generation cost at good wind sites in North America:



### Global Market Shares

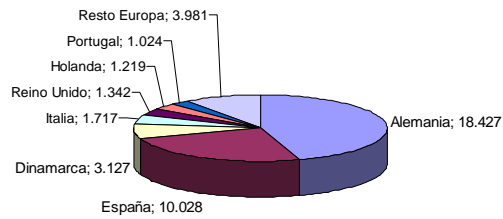
Accumulated per end 2003



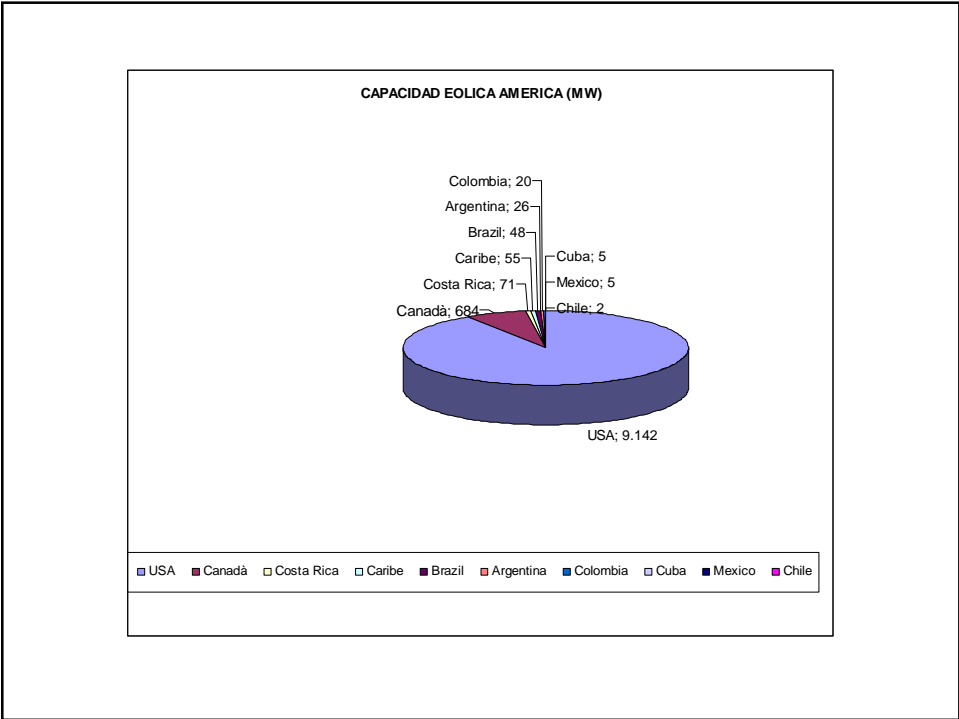
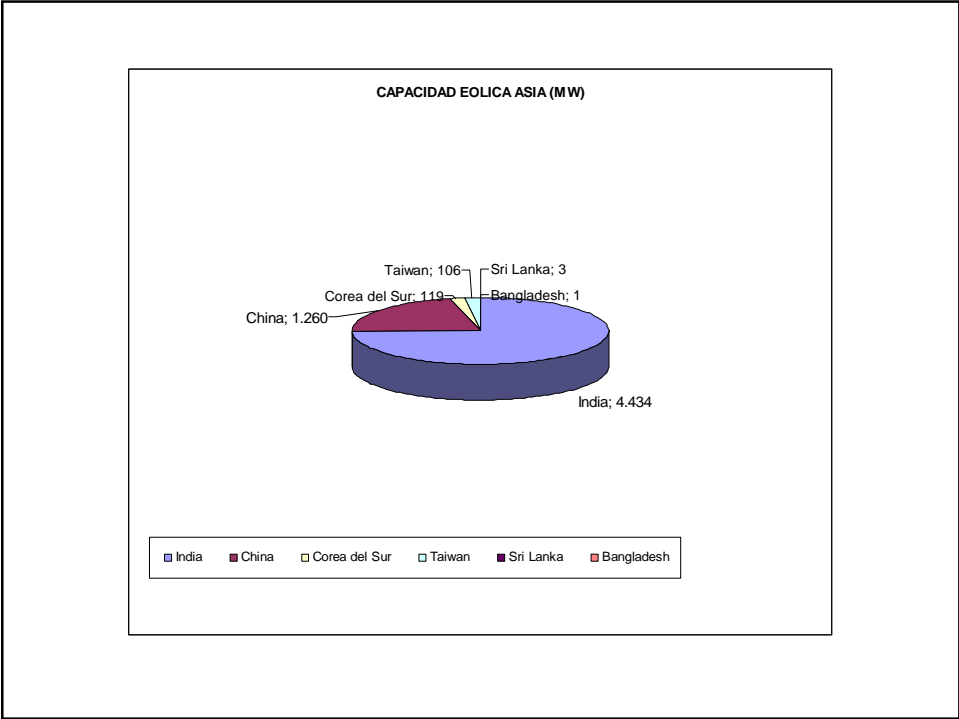
Source: BTM Consult ApS - March 2004

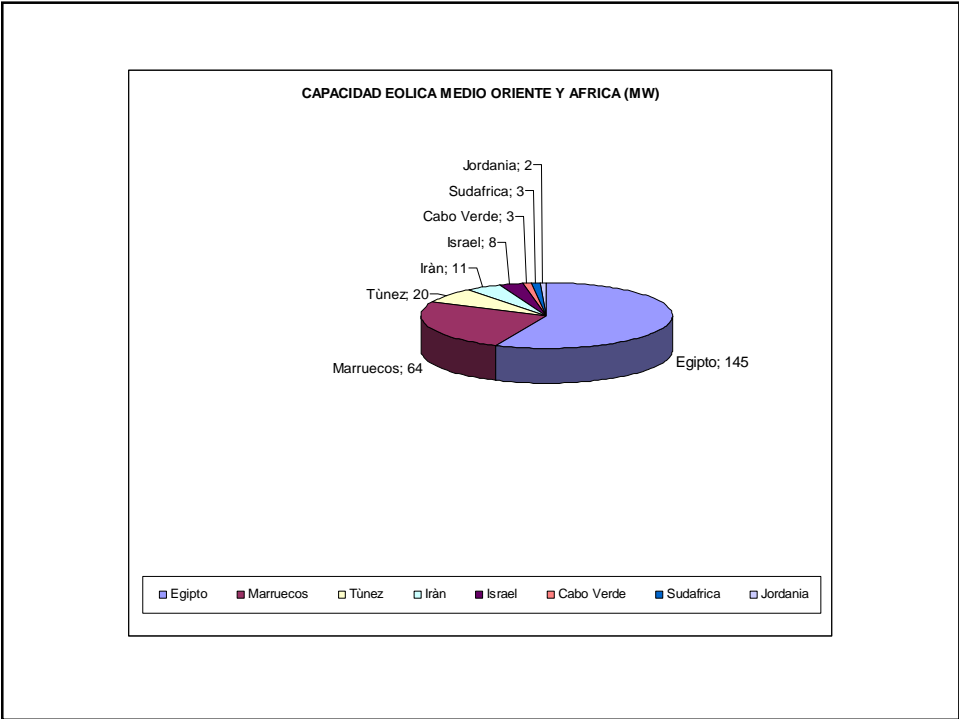
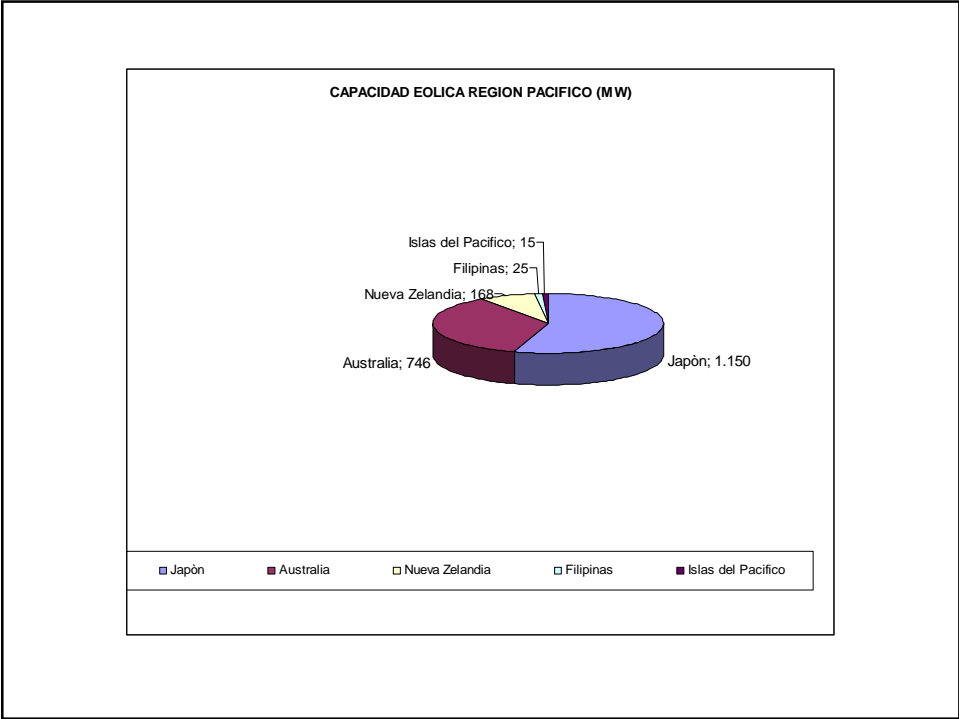
*Pro forma market positions based on accumulated installed MW to 31 December 2003  
Source: BTM and Vestas' estimates*

### CAPACIDAD EOLICA EUROPA (MW)

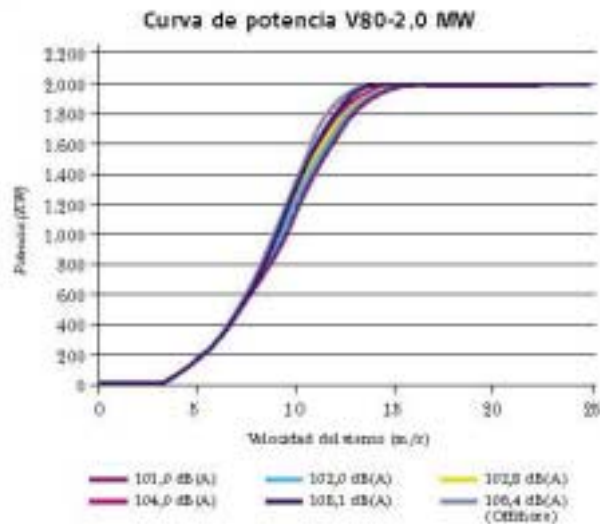
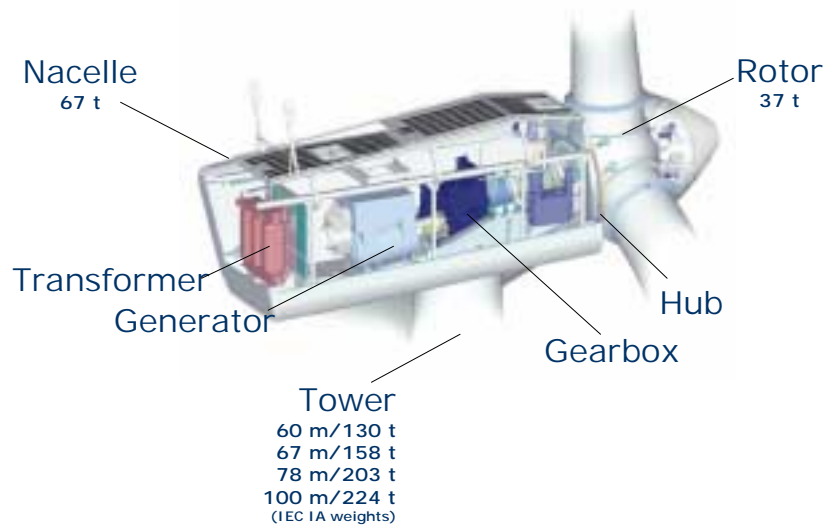


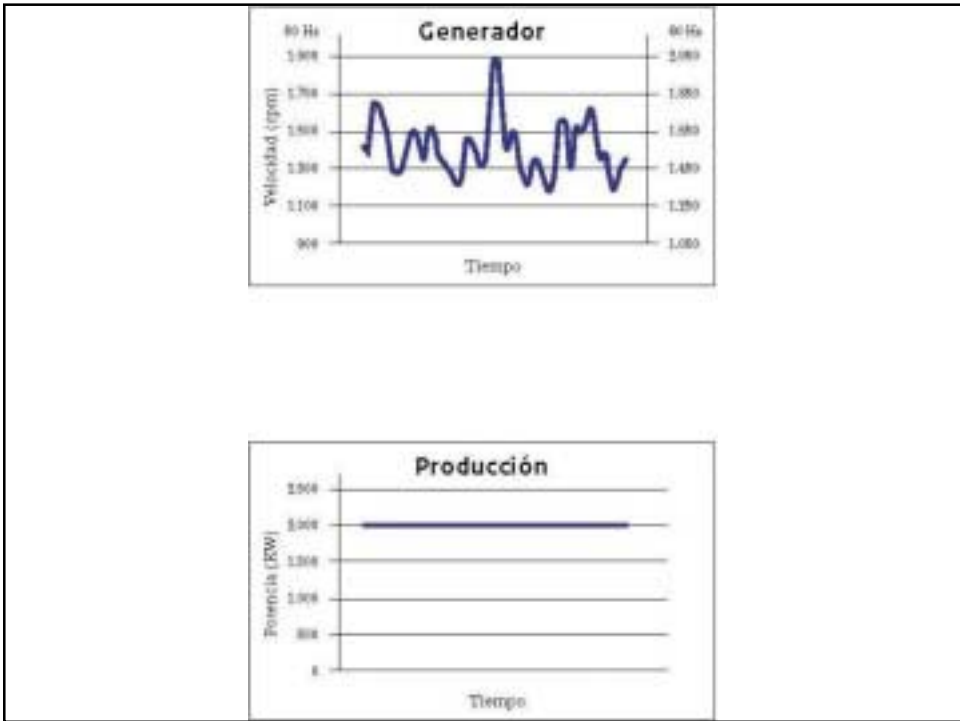
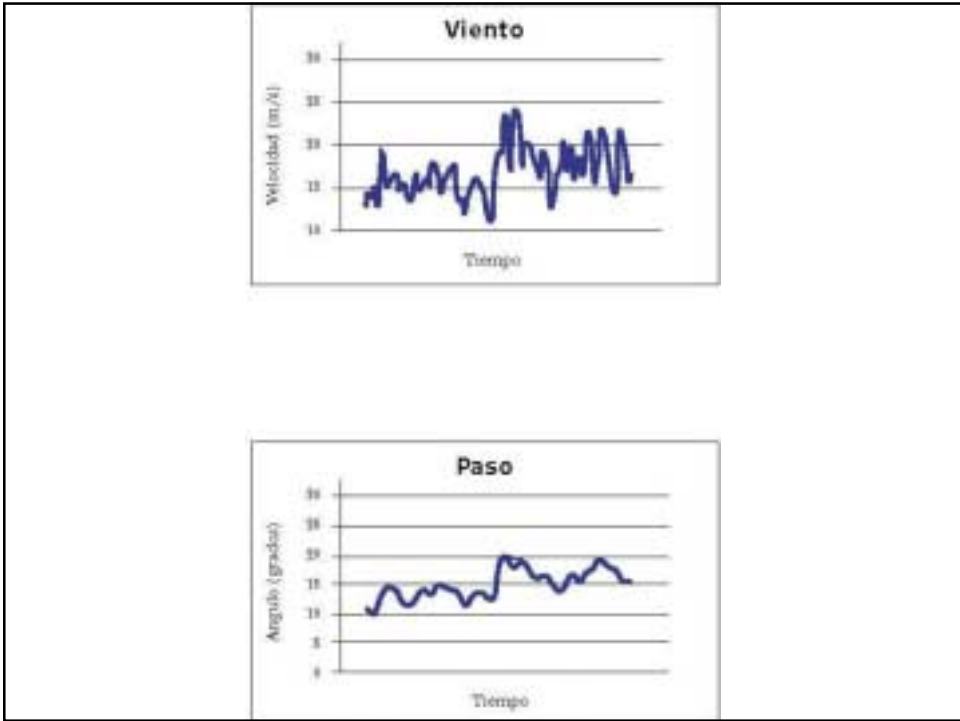
■ Alemania 
 ■ España 
 ■ Dinamarca 
 ■ Italia 
 ■ Reino Unido 
 ■ Holanda 
 ■ Portugal 
 ■ Resto Europa





# Construction of a V80-2.0 MW turbine







**CENTRAL EOLICA ALTO BAGUALES  
COYHAIQUE - CHILE**



### DESCRIPCION PROYECTO

**CENTRAL EOLICA ALTO BAGUALES, COMPUESTA POR 3 TURBINAS, MARCA VESTAS, DE ORIGEN DANES, TIENEN UNA POTENCIA DE 660 KW CADA UNA, Y UNA POTENCIA TOTAL DE 2 MW. ESTO EQUIVALE AL 16% DE LA DEMANDA EN SISTEMA AYSEN Y PERMITE UN AHORRO DE 1.600.000 LTS. DE PETROLEO.**

#### CARACTERÍSTICA EQUIPOS

Marca : Vestas  
Origen : Dinamarca  
Potencia Central : 2 MW  
Unidades : 3

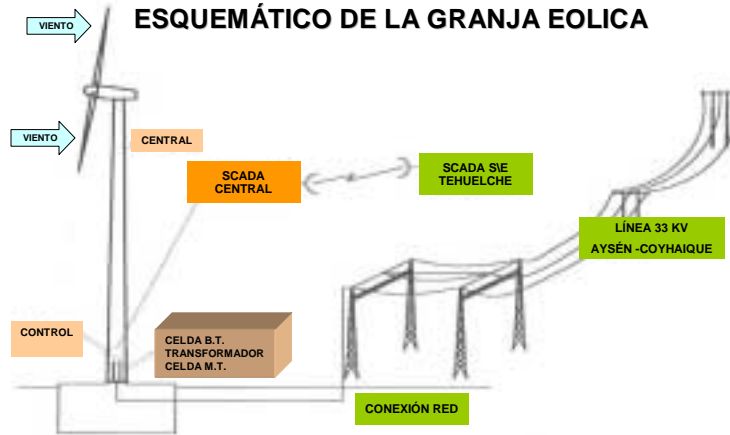
#### COMPONENTES

Casa Máquinas : 20 Ton  
Rotor : 7,2 Ton  
Altura Torre : 45 m  
Peso Torre : 33 Ton  
Peso Total : 60 Ton  
Fundaciones : 225 m3, 300 Ton

#### INFORMACIÓN DE OPERACIÓN

Velocidad mínima generación : 4 m/s (14,4 km/h)  
Velocidad máxima generación : 25 m/s (90 km/h)  
Velocidad para potencia nominal: 17 m/s (61,2 km/h)  
Velocidad anual promedio SITIO: 9 m/s (32,4 km/h)  
Potencia velocidad promedio : 1.050kW  
Generación anual estimada : 9,2 GWh  
Regulación De Potencia : ángulo aspas/deslizamiento variable





**CARACTERISTICAS**  
VOLUMEN : 100 M<sup>3</sup>.  
PESO FIERRO: 14 tons.  
TAMANO FUNDACION:  
10,6 x 10,6 x 0.8 mts.

ANILLO DE FUNDACION Y ENFIERRADURA DE FUNDACION



EDELAYSSEN

CENTRAL EOLICA ALTO BAGUALES



**MAYORES RETOS**  
Mantener proceso de vaciado y temperatura dentro de los margenes para evitar juntas frias.

FUNDACION EN PROCESO DE FRAGUADO



EDELAYSSEN

CENTRAL EOLICA ALTO BAGUALES



**CARACTERISTICAS**

LARGO : 24,5 MTS.  
PESO : 15,5 TONS.  
Ø SUP. : 2,0 MTS.  
Ø INF. : 2,4 MTS

TRANSPORTE- DESCARGA SECCION INFERIOR EN PTO SAN VICENTE



**CARACTERISTICAS**

LARGO : 19,2 MTS.  
PESO : 18,2 TONS.  
Ø SUP. : 3,0 MTS.  
Ø INF. : 2,4 MTS

**TRANSPORTE- DESCARGA SECCION INFERIOR EN PTO SAN VICENTE**



**TRANSPORTE- DESCARGA TORRES EN PTO CHACABUCO**



EDELAYSSEN

CENTRAL EOLICA ALTO BAGUALES



TRANSPORTE- ARRIBO TORRES A ALTO BAGUALES



EDELAYSSEN

CENTRAL EOLICA ALTO BAGUALES



TRANSPORTE- DESCARGA EN ALTO BAGUALES



**MONTAJE : SECUENCIA DE INSTALACION PRIMERA SECCION DE TORRES**



**MONTAJE : SECUENCIA DE INSTALACION PRIMERA SECCION DE TORRES**



**MONTAJE : SECUENCIA DE INSTALACION PRIMERA SECCION DE TORRES**



**MONTAJE : PRUEBA DE INSTALACION CASA DE MAQUINAS CON GRUA DE 140 tons**



EDELAYSSEN

CENTRAL EOLICA ALTO BAGUALES



MONTAJE - ARRIBO GRUA DE MONTAJE CAP. 330 TONS



EDELAYSSEN

CENTRAL EOLICA ALTO BAGUALES



MONTAJE : SEGUNDA SECCION DE TORRE



EDELAYSSEN

CENTRAL EOLICA ALTO BAGUALES



MONTAJE : CASA DE MAQUINAS



EDELAYSSEN

CENTRAL EOLICA ALTO BAGUALES



MONTAJE NACELLS CON GENERADOR Y CONTROL, ESTE SE REALIZA A UNA ALTURA APROX. DE 45 MTS. Y TIENE UN PESO TOTAL DE 19,5 TON.

CARACTERISTICAS NACELLE O CASA DE MAQUINA

LARGO	: 6,1 MTS.
ANCHO	: 2,2 MTS.
ALTO	: 2,3 MTS.
PESO	: 19,5 TONS





**INICIO MONTAJE ASPAS**

DEBIDO A LOS FUERTES VIENTOS EN ESTE SECTOR, FUE NECESARIO INICIAR LAS FAENAS A LAS 05:00 HRS. AM PARA APROVECHAR LA CALMA

**CARACTERISTICAS ASPAS**

PESO : 2 TONS  
LARGO ASPAS : 23 MTS.  
Ø TOTAL : 47 MTS.



**MONTAJE ASPAS ROTOR**



EDELAYSSEN

CENTRAL EOLICA ALTO BAGUALES



IZAJE DE ASPAS PARA MONTAJE



EDELAYSSEN

CENTRAL EOLICA ALTO BAGUALES



TERMINO MONTAJE PRIMERA TURBINA

DIA : MARTES  
FECHA : 30.10.2001  
HORA : 06:40 AM

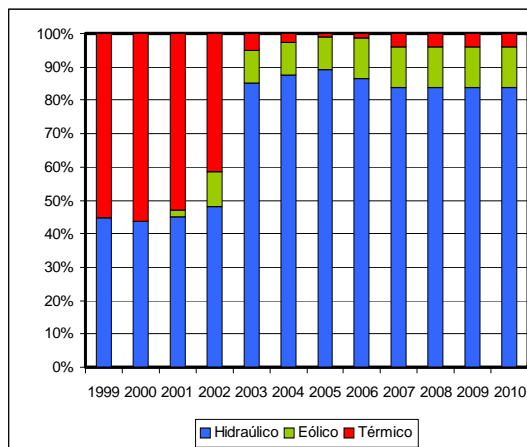


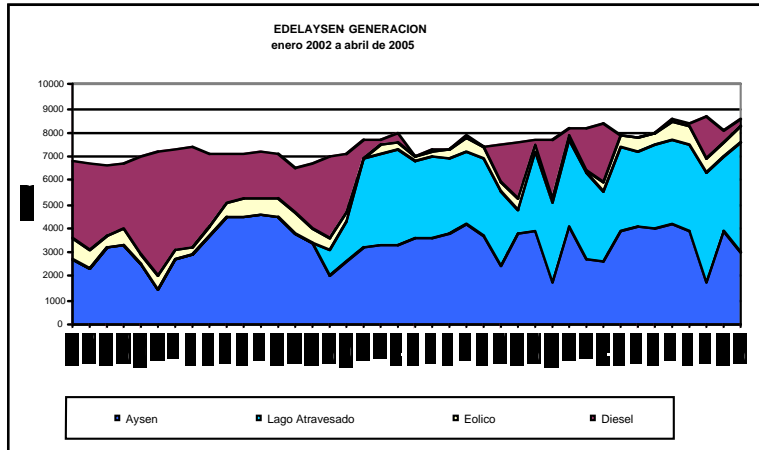


**CENTRAL EOLICA ALTO BAGUALES TRES TURBINAS COMPLETAS**  
**DIA: DOMINGO FECHA: 04.11.2001 HORA: 10:00 HRS.**



## Matriz energética del Sistema Coyhaique





## Temario Presentación

- Pequeña Base Teórica Energía Eólica
- Prospección Recurso Eólico
- Aspectos Medioambientales
- Tecnologías Disponibles
- Inversiones en Parques Eólicos
- Potencial Eólico en Chile

## Pequeña Base Teórica Energía Eólica

- Todas las fuentes de energía renovables (excepto la maremotriz y la geotérmica), e incluso la energía de los combustibles fósiles, provienen, en último término, del sol.
- El sol irradia 174.423.000 GWh de energía hacia la Tierra. En otras palabras, la Tierra recibe  $1,74 \times 10^{17}$  W de potencia.
- Aproximadamente un 1% a 2% de la energía que recibe el planeta, proveniente del sol, es convertida en energía eólica.
- Esto supone una energía alrededor de 50 a 100 veces superior a la convertida en biomasa por todas las plantas de la tierra.
- Las diferencias de temperatura conllevan la circulación de aire, el cual sube desde el Ecuador y circula hacia los polos.
- Por efecto de la fuerza de Coriolis los vientos tienen una circulación distinta en cada hemisferio y no se desplazan hasta los polos.

## Pequeña Base Teórica Energía Eólica

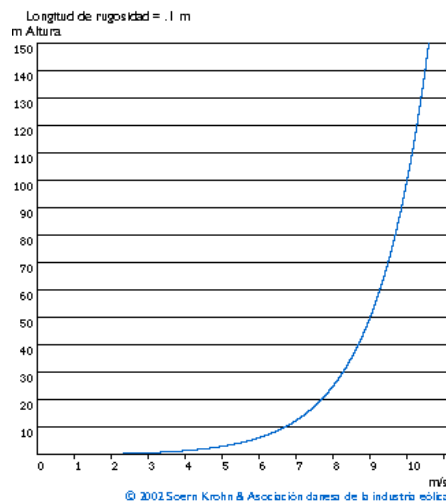
- La circulación global de los vientos dominantes (geostrofos), los cuales se encuentran a alturas sobre 1.000 mts. es:

Latitud	90-60°N	60-30°N	30-0°N	0-30°S	30-60°S	60-90°S
Dirección	NE	SO	NE	SE	NO	SE

## Pequeña Base Teórica Energía Eólica

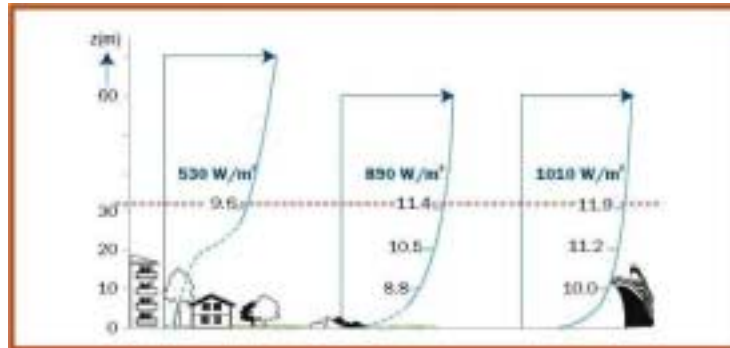
- Los vientos locales, brisas marinas y vientos de montaña pueden acentuar o atenuar el efecto de los vientos geostroficos.
- Los vientos están mucho más influenciados por la superficie terrestre hasta una altura de 100 mts.
- Se distinguen la rugosidad del terreno, los obstáculos y la orografía.
- El efecto que producen en general se conoce como cizallamiento del viento
- Una rugosidad 3 o 4 es un paisaje con muchos edificios y árboles, la rugosidad clase 0 corresponde a la superficie del mar.
- En general rugosidades altas obligan a utilizar torres de mayor altura

### Cizallamiento del viento



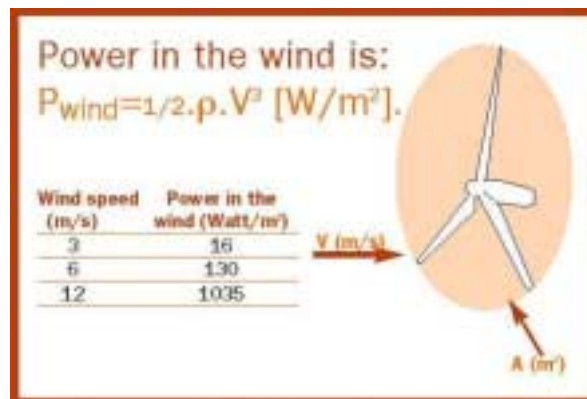
- Rugosidad clase 2
- Terreno agrícola con algunas casas y setos resguardantes de 8 metros de altura con una distancia aproximada de 500 m.

## Cizallamiento del viento Efecto de la rugosidad y los obstáculos



## Potencia del viento

- De la potencia disponible en el viento solo un 16/27, 59% potencialmente se transforma en energía mecánica y de ese porcentaje alrededor de un 30% llega a convertirse en energía eléctrica.



## Ubicación de Centrales Eólicas

- Utilización de mapas EOLICOS
  - Sitios clase 3 o mayores son consideradas buenos para desarrollos eolicos.
  - Sitios clase 2 son marginales
  - Sitios clase 1 son no utilizables.

**Classes of Wind Power Density**

Wind Power Class	30 m (99 ft)		50 m (164 ft)	
	Wind Power Density (W/m <sup>2</sup> )	Wind Speed (m/s (mph))	Wind Power Density (W/m <sup>2</sup> )	Wind Speed (m/s (mph))
1	<50	5.5 (12.4)	<70	7.8 (17.3)
2	<240	6.9 (15.2)	<300	10.4 (23.3)
3	<320	8.5 (18.8)	<400	12.9 (28.7)
4	<490	10.9 (24.1)	<500	15.4 (33.8)
5	<680	13.4 (29.6)	<600	18.0 (39.9)
6	<840	16.2 (35.7)	<800	21.1 (46.7)
7	<1000	19.0 (41.7)	<1000	24.9 (55.4)

## Monitoreo del recurso Eólico

- Parámetros de medición (estándar)
  - Velocidad de viento a 10, 25, 40, 50 y 60m de altura
  - Dirección de viento a 10, 25, 40, 50 y 60m de altura
  - Temperatura 3m de altura.
- Parámetros de medición (opcionales)
  - Radiación Solar
  - Velocidad vertical de viento
  - Temperatura Diferencial
  - Presión barométrica



## Monitoreo del recurso Eólico

- Instrumentación de las estaciones meteorológicas
  - Anemómetros: 0 a 50m/s; Inicio  $\leq 1$ m/s; constante de longitud  $\leq 4$ m;  $-40^{\circ}$  a  $60^{\circ}$  C; 0% a 100%HR; Error  $\leq 3\%$ ; resolución  $\leq 0.1$ m/s
  - Veletas: 0 a  $360^{\circ}$ ; banda muerta  $\leq 8^{\circ}$ ; inicio  $\leq 1$ m/s;  $-40$  a  $60^{\circ}$ C; 0% a 100%HR; error  $\leq 5^{\circ}$ ; resolución  $\leq 1^{\circ}$
  - Temperatura (termistor):  $-40$  a  $60^{\circ}$ ; 0% a 100%HR; Error  $\leq 1^{\circ}$ C; resolución  $\leq 0.1^{\circ}$ C.
  - Barómetros: 94 a 106kPa;  $-40$  a  $60^{\circ}$ C; 0% a 100%HR; Error  $\leq 1$ kPa; resolución  $\leq 0.2$ kPa.
  - Registradores: rangos de operación similares, muestreo cada 1 o 2 seg., registros cada 10 minutos; promedios, desviación estándar, maximos.

## Monitoreo del recurso Eólico

- Operación y Mantenimiento Estaciones de Monitoreo.
  - Inspecciones Periódicas
  - Documentación de inspecciones
  - Chequeos funcionales de los equipos
  - Inventario de partes de repuesto
  - Mantenimiento mayor cada 6 meses.

## Monitoreo del recurso Eólico

- Recolección de datos y análisis de la información.
  - Recolección de datos crudos
    - Vía telefónica
      - Fija
      - Celular
      - Satelital
    - Tarjetas de datos
    - Extracción directa
  - Capacidad de almacenamiento, depende de los canales activos, desde 49 a 65 días.

## Centrales Eólicas Aspectos Medioambientales e Interferencia con otros servicios

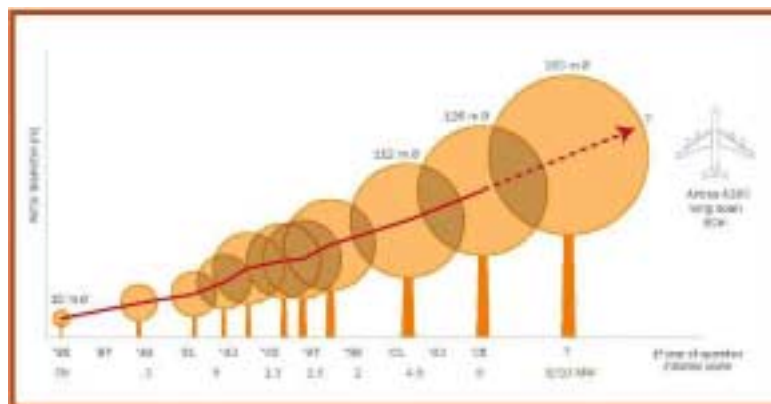
- Impacto visual.
- Ruido
- Flicker visual
- Interferencia con la fauna, aves
- Ondas de radio (radioemisoras)
- Radares
- Microondas
- Aeropuertos

## Tecnologías Disponibles

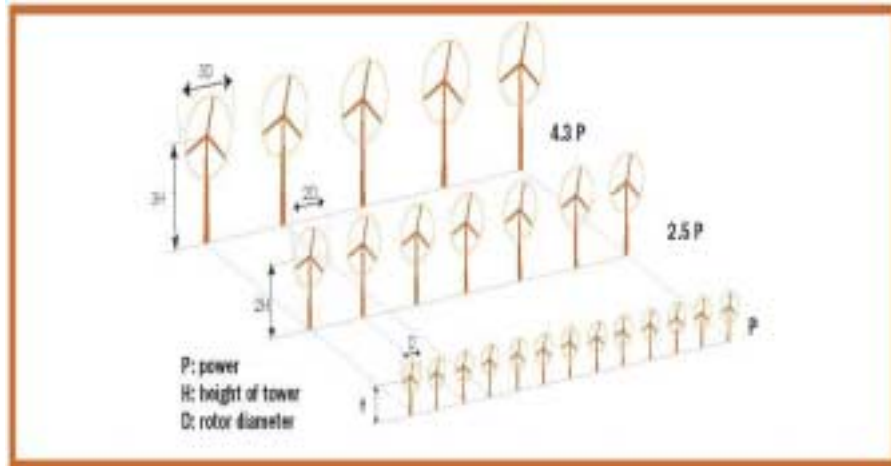
- Eje directo
- Con caja Multiplicadora (80%)
- Generadores Múltiples (<1%)

Parts considered	Cost of Geared technology	Cost of Direct-Drive technology
Gearbox, Shaft, Bearing, Hydraulics	25% of total turbine cost	1% of total turbine cost
Generator	8% of total turbine cost	36% of the total turbine cost
Electrics (including converters)	11% of total turbine cost	19% of total turbine cost
<b>Total</b>	<b>44% of the total turbine cost</b>	<b>56% of the total turbine cost</b>

## Tecnologías Disponibles



## Tecnologías Disponibles



## Inversiones en Parques Eólicos

- Aerogeneradores 64%
- Obras Civiles 13%
- Infraestructura Eléctrica 8%
- Conexión a la Red 6%
- Administración del Proyecto 1%
- Montaje Aerogeneradores 1%
- Seguros 1%
- Costos Legales 2%
- Comisión bancos 1%
- Intereses 2%
- Costos de Desarrollo 1%

## Transporte de Aerogeneradores

- Casa de maquinas (nacelle) 67 ton.
- Rotor 37.2 ton (6500kg cada aspa)
- Torre 190 ton (78mts de altura, 3 partes)

## Transporte de Aerogeneradores



## Transporte de Aerogeneradores



## Transporte de Aerogeneradores



## Transporte de Aerogeneradores



## Conclusiones 1

- \* La Energía Eólica ya está completamente desarrollada en el Mundo
- \* La tecnología ya está probada, disponible y cada día a Precios más Competitivos
- \* En el Mundo ya hay 60.000 MW instalados (en Europa 40.000 MW)
- \* Crece 10 veces más rápido que las Tecnologías tradicionales : a alrededor de un 30% por año
- \* Chile ha dejado pasar 10 años, desaprovechando sus Vientos...
- \* Chile no tiene que perder los próximos 10 años !
- \* Hay que Comenzar a Medir el Viento, con Fines Eólicos, desde ya

### Conclusiones 2

- \* Hay que Medir con una estación de Monitoreo de Vientos, de una altura lo más cercana al Eje del Rotor
- \* La Inversión de 1 Estación de Monitoreo de Vientos es de unos US\$ 25.000, y hay que medir 12 meses
- \* Los Aerogeneradores actualmente tienen una Potencia Nominal (promedio) de entre 1 MW y 3 MW
- \* Tienen alturas de entre 50 y 80 metros
- \* Tienen diámetro de Aspas de entre 50 y 100 metros
- \* Cada Aerogenerador se instala a una distancia promedio de entre 3 y 5 diámetros de rotor (aspas)
- \* No es necesario comprar los Terrenos, basta un Arriendo o Servidumbre

### Conclusiones 3

- \* Chile necesita alrededor de 400 MW nuevos de Energía Eléctrica, por año
- \* Chile necesitará (en unos 10 años más) alrededor de 800 MW nuevos de Energía Eléctrica por Año
- \* En Chile se pueden comenzar a instalar alrededor de 100 MW (o más) de Energía Eólica, por año, a partir del Año 2007-2008, tanto en el SING como en el SIC
- \* La Energía Eólica tiene un Costo de Operación y Mantenimiento de alrededor de US\$ 9 por MWh
- \* Con la venta de los Bienes de Carbono (al cual se acoge un Parque Eólico), se puede cubrir una parte importante del Costo de O&M



#### Conclusiones 4

- \* El Valor de los Aerogeneradores es de alrededor de US\$ 1.200.000 por MW, CIF Chile
- \* Los otros costos asociados (costos locales) son alrededor de US\$ 500.000 por MW ; transporte local, fundaciones, instalaciones eléctricas, caminos, montaje, supervisión, puesta en marcha, etc
- \* El Costo seguirá bajando año a año
- \* Un Parque Eólico es 100% Amigable con el Medio Ambiente, no tiene ninguna Externalidad Negativa
- \* Un Parque Eólico Ahorra Combustibles Fósiles (Gas, Carbón, Petróleo)
- \* Un Parque Eólico ahorra y permite cuidar el Agua en los Embalses, de las Centrales Hidroeléctricas. De hecho cuando hay menos Agua, hay más Viento (en los Veranos)
- \* Los Parques Eólicos generan una Positiva Imagen, en la Comunidad local, en la Región, en el País e incluso a nivel Internacional

**no fuel**  
Wind. Power without fuel

**no geo-political risk**  
**no external energy dependence**  
**no energy imports**  
**no fuel costs**  
**no fuel price risk**  
**no exploration**  
**no extraction**  
**no refining**  
**no pipelines**  
**no resource constraints**  
**no CO<sub>2</sub> emissions**

**Can you say no to that?**

**EWEA**  
European Wind Energy Association  
www.european-wind-energy.org