

**CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES
PROVINCIA DE LA RIOJA**



**EVALUACIÓN DEL RECURSO EÓLICO DISPONIBLE EN LA
REGIÓN NORTE DE LA PROVINCIA DE LA RIOJA**

Autor: Lic. Diego Alberto Franco

Evaluación del recurso eólico en la región norte de la Provincia de La Rioja

Consejo Federal de Inversiones

Fecha de inicio: Diciembre de 2000

Departamento Castro Barros:

Entrada a Anjullón

Departamento San Blas de los Sauces:

Alpasinche

Salida Andoluca

Departamento Chilecito:

El Pulo

Departamento General Ocampo:

Los Límites

Departamento Arauco:

La Puerta

Desvio Sr. De La Peña

La Pichana

Bañado de los Pantanos

Río de la Punta

Centro Río de la Punta – LA Pichana

Entrada Sr. De La Peña

Centro Oeste Río de la Punta – LA Pichana

Los Zanjones

EVOLUCIÓN DEL PROYECTO

- Año 1985 – Se dicta Ley Provincial Declarando de Interés la Energía Eólica**
- Año 1991 – Telecom instala un eólico en Puerta de Arauco**
- Año 1993 – Se Instalan 4 eólicos de 500 Watt en 2 Escuelas (Chepes y Ulapes)
2 viviendas rurales (Carrizal y Aimogasta)**
- Año 1993 – En base a la Experiencia de Puerta de Arauco y los 4 eólicos
instalados se propone iniciar investigación en Energía Eólica**
- Año 1994 – Se pone en marcha un eólico de 10 kW para bombeo de agua en
Arauco y se comienzan las mediciones en forma sistemática**
- Año 1996 a 2001 – Diego Franco continúa las mediciones por cuenta propia**
- Año 2000 – CFI compra las 8 estaciones para medir y registrar**
- 21 de Marzo de 2001 – Se inician las mediciones en forma sistemática**
- Junio de 2004 – El CFI presenta el primer resultado de una Granja Eólica en
Arauco, en base a los estudios realizados en el Proyecto:
EVALUACIÓN DEL RECURSO EÓLICO en la Región Norte de
la Provincia de La Rioja**
- Noviembre de 2005 – Presentación del proyecto de Granja Eólica de Arauco
en Crilar (CONICET – La Rioja) Anillaco**
- Año 2006 a 2007 – Se realizan estudios de topografía por Instituto Geográfico
Militar con 1 punto cada 25 mts sobre 7.000 Has
Se realizan los estudios de suelo para las fundaciones de Turb Eol
Con todos los estudios realizados el CREE realiza el estudio final
del Parque Eólico de Arauco**

Argentina – La Rioja



© 1993-2003 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

ENERGIA EÓLICA EN ARGENTINA

a Setiembre de 2005 ---- (27.760 kW)

Provincia de Santa Cruz (2.400 kW)

Pico Truncado (2.400 kW)

Provincia de Chubut (17.460 kW)

Comodoro Rivadavia: 17.060 kW

Rada Tilly: 400 Kw

Provincia de Buenos Aires (5.700 kW)

Tandil: 800 kW

Punta Alta: 2.200 kW

Darregueira: 750 kW

Mayor Buratovich: 1.200 kW

Claromeco: 750 kW

Provincia de Neuquen (400 kW)

Cutral-Co: 400 kW

Provincia de La Pampa (1.800 kW)

General Acha: 1.800 kW



© 1993-2003 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

UBICACIÓN DEL PARQUE EOLICO DE ARAUCO

Central eólica de 300 MW

El proyecto estará ubicado en la zona conocida como Puerta de Arauco, en terrenos que se suponen tierras fiscales de la provincia, al sur de la ciudad de Aimogasta, cabecera del Departamento Arauco.

COORDENADAS:

-28°40'36''/ -66°47'36'' al NE;

-28°40'04''/ -66°44'28'' al NW;

-28°45'30''/ -66°44'57'' al SE;

-28°44'11''/ -66°40'52'' al SW

proyección hacia el sur, hasta las coordenadas

-28°46'16'' y -66°41'31.8''.

Localización de la Primera Etapa de Mediciones



La Angostura:	28° 52' S 66° 39' O	La Puerta:	28° 48' S 66° 36' O
Desv. Sr. de la Peña:	28° 41' S 66° 41' O	La Pichana:	28° 41' S 66° 43' O
Anjullón:	28° 42' S 66° 53' O	Bañ. de los Pant:	28° 23' S 66° 49' O
Alpasinche:	28° 19' S 66° 03' O	Andolucá:	28° 29' S 67° 11' O

Localización de la Segunda Etapa de Mediciones



© 1993-2003 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

La Angostura:	28° 52' S 66° 39' O	La Puerta:	28° 48' S 66° 36' O
Desv. Sr. de la Peña:	28° 41' S 66° 41' O	La Pichana:	28° 41' S 66° 43' O
Río de la Punta:	28° 43' S 66° 47' O	Bañ. de los Pant:	28° 23' S 66° 49' O
Ctro. R.L. Punta	28° 42' S 66° 45' O		

Localización de la Tercera Etapa de Mediciones



© 1993-2003 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

La Angostura:	28° 52' S 66° 39' O	La Puerta:	28° 48' S 66° 36' O
Desv. Sr. de la Peña:	28° 41' S 66° 41' O	La Pichana:	28° 41' S 66° 43' O
Río de la Punta:	28° 43' S 66° 47' O	Bañ. de los Pant:	28° 23' S 66° 49' O
Ctro. R.L. Punta	28° 42' S 66° 45' O	Ctro. Oeste	28° 40' S 66° 46' O

Localización de la Cuarta Etapa de Mediciones



La Angostura:	28° 52' S 66° 39' O	La Puerta:	28° 48' S 66° 36' O
Desv. Sr. de la Peña:	28° 41' S 66° 41' O	La Pichana:	28° 41' S 66° 43' O
Ctro. R.L. Punta	28° 42' S 66° 45' O	Ctro. Oeste	28° 40' S 66° 46' O
Los Zanjones:	28° 44' S 66° 41' O		

Configuración de la Torre

Torre tubular (no trepable) de 30 mts. de altura

Material del tubo de la torre: Caño de acero SAE 1010 de alta resistencia, galvanizado, de 114 mm diámetro y 2,11 mm de pared. Tramos de 3 mts. y 1,5 mts.

Sistema de unión entre tramos: Enchufable. Un extremo repujado a un diámetro interior 114 mm, igual al diámetro exterior del tubo. El extremo de diámetro normal está repujado hacia adentro, para facilitar la embocadura entre tramos.

4 niveles de rienda (7,5 mts. - 15 mts. - 22,5 mts. - 30 mts.)

4 riendas por cada nivel.

Sistema de montaje: Montaje extendida en el terreno, elevación por sistema de bisagra tirada por un malacate (ver fotos al final).

Distancia entre el centro de la torre y la toma de rienda (radio) 18,9 mts.

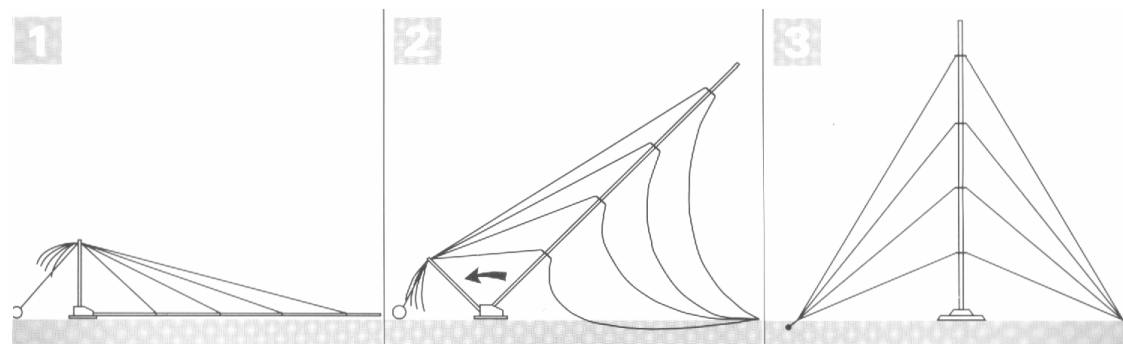
Material de las riendas: Cables de acero galvanizado.

Toma de riendas en la torre: Mediante 4 placas de acero de forma cuadrada, estampada con agujero de 114 mm en el centro (diámetro del tubo de la torre). En cada extremo del cuadrado existe un orificio con un guardacabo para fijar cada una de las 4 riendas. Estas placas se introducen por la parte sin repujar del tramo (diámetro normal) y se desliza hasta llegar a la parte repujada (mayor diámetro); de esta forma se fijan y permiten presión hacia abajo, ajustando el resto de los tramos enchufados.

Velocidad Máxima admisible del viento en la punta de la torre: 62,9 metros / segundo (226 km / hora).

Los vientos registrados en la zona, a 40 mts. de altura nunca superaron los 42 metros / segundo.

Cuenta con sistema de protección contra descargas atmosféricas mediante receptor de cobre en la punta de la torre, cable de cobre hasta la base y jabalina clavada en el terreno para descarga.



Sensores

3 Sensores para medir la Velocidad del Viento. (10, 20 y 30 mts.)

2 Sensores para medir la Dirección del Viento. (10 mts. - 30 mts.)

1 Sensor PYRANOMETRICO para medir la Radiación Solar. (4,5 mts.)

1 Sensor para medir la Temperatura y Humedad Exterior. (10 mts.)

1 Sensor para medir la Presión Atmosférica. (4,5 mts.)

1 Sensor para medir la Temperatura Interior en el Gabinete. (4,5 mts.)

1 Sensor para medir la Humedad Interior en el Gabinete. (4,5 mts.)

Elevación de la Estación



Elevación de la Torre

Registadores a 5 mts



Registradores a 5 mts
Sensores a 10 mts



Forma de los resultados

Todas las variables

Estación Nº 4 - La Pichana							
MES	Velocidad del Viento m/seg			Dirección del Viento		Veloc. Max. 30 m	
	10 mts.	20 mts.	30 mts.	10 mts.	30 mts.	Veloc.	Direcc.
Ene-03	6,2	7,4	7,9	S	179,7	27,1	178
Feb-03	6,0	7,4	7,8	S	180,7	27,5	182
Mar-03	4,6	6,9	7,3	S	175,5	25,2	174
Abr-03	4,5	6,5	6,9	S	179,1	23,6	178
May-03	3,3	5,2	5,6	S	178,4	19,1	161
Jun-03	3,6	4,7	5,1	S	180,0	24,0	188
Jul-03	4,3	5,1	5,5	S	185,4	26,3	163
Ago-03	4,5	6,0	6,3	S	180,2	21,0	178
Sep-03	5,1	6,2	6,6	S	179,7	31,3	177
Oct-03	6,1	7,1	7,5	S	179,4	30,5	167
Nov-03	6,3	7,3	7,8	S	177,6	28,6	161
Dic-03							
MEDIA	5,0	6,3	6,8	S	179,6	31,3	177

MES	Radiación Solar W/m²	Temperatura Ambiente			Presión hp	Humedad Relativa
		Mínima	Média	Máxima		
Ene-03	7.810	17,4	26,6	40,1	916	49
Feb-03	7.137	13,6	25,6	39,2	916	42
Mar-03	5.761	12,3	22,9	32,9	919	60
Abr-03	4.634	10,6	18,3	27,1	920	64
May-03	3.339	6,0	15,1	24,3	920	58
Jun-03	3.187	3,8	13,7	24,6	919	59
Jul-03	3.549	0,3	10,8	26,9	922	42
Ago-03	4.216	1,9	12,6	29,6	923	37
Sep-03	5.753	1,4	18,0	35,7	919	31
Oct-03	6.737	6,7	23,1	35,8	916	37
Nov-03	7.685	11,9	25,4	39,6	914	34
Dic-03						
MEDIA	5.437	0,3	19,3	40,1	919	47

Forma de los resultados

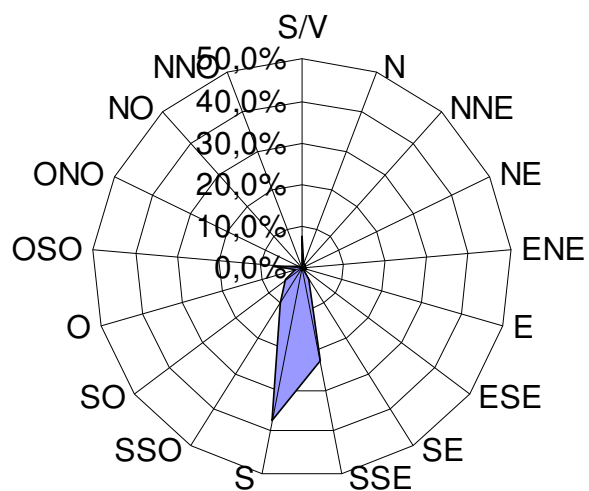
Velocidad del Viento

AÑO 2001/2	PROMEDIOS en cada ESTACIÓN a 30 mts. de Altura en m/seg.							
MES	Nº 1	Nº 2	Nº 3	Nº 4	Nº 5	Nº 6	Nº 7	Nº 8
Abril	6,38	7,24	6,52	7,09	3,36	4,52	3,34	2,55
Mayo	6,02	6,14	5,96	6,22	2,93	3,23	3,26	2,08
Junio	5,48	5,63	5,04	5,34	2,73	2,95	3,35	1,94
Julio	6,15	6,62	6,34	6,62	3,53	3,91	3,95	2,84
Agosto	5,72	6,59	6,48	7,02	3,69	4,23	4,23	2,91
Setiembre	6,83	8,20	8,21	8,44	4,36	4,79	4,29	2,99
Octubre	6,44	8,61	8,63	8,37	4,87	5,84	4,76	3,36
Noviembre	7,14	9,28	9,30	9,14	5,56	6,82	5,31	3,80
Diciembre	6,39	7,56	7,53	7,54	4,94	5,68	5,20	3,92
Enero	6,64	8,19	8,22	7,95	5,10	6,10	5,26	3,77
Febrero	6,56	7,96	7,98	7,76	4,53	5,66	4,72	3,40
Marzo	6,90	8,35	8,08	7,92	3,83	5,33	3,98	2,98
MEDIAS ANUALES								
ALTURA	Nº 1	Nº 2	Nº 3	Nº 4	Nº 5	Nº 6	Nº 7	Nº 8
20 Metros	6,00	6,88	6,83	6,87	3,79	4,49	3,96	2,78
30 Metros	6,39	7,53	7,36	7,45	4,12	4,92	4,30	3,04
50 Metros	6,90	8,13	7,94	8,04	4,45	5,31	4,65	3,29
60 Metros	7,09	8,36	8,16	8,27	4,57	5,46	4,78	3,38

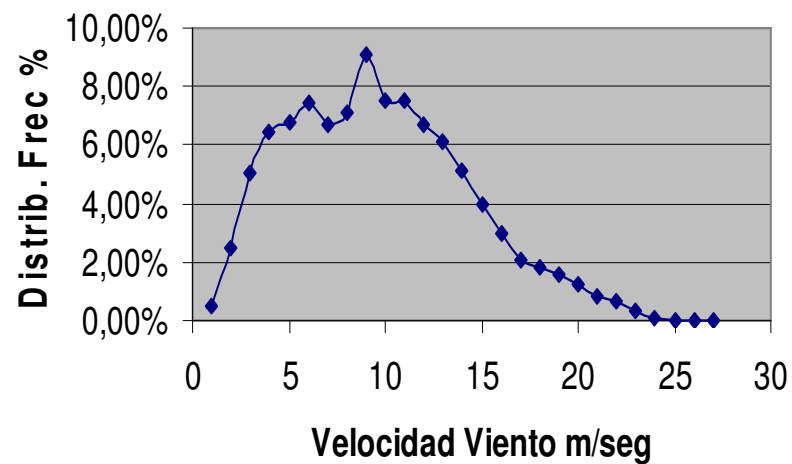
Forma de los resultados

Frecuencia y Dirección del Viento

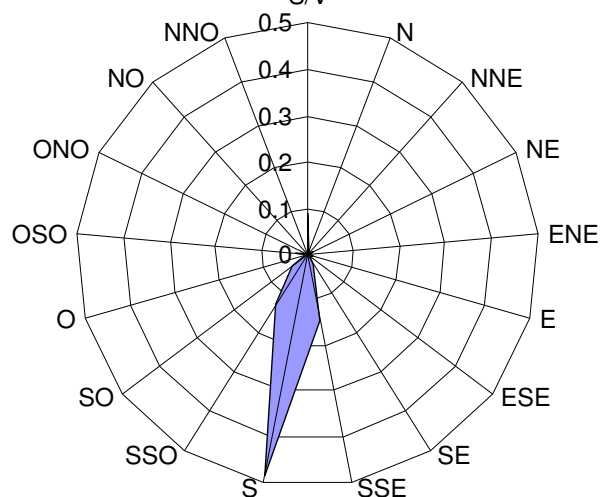
Estación Nº 4 - La Pichana
Rosa de Vientos - 11/02



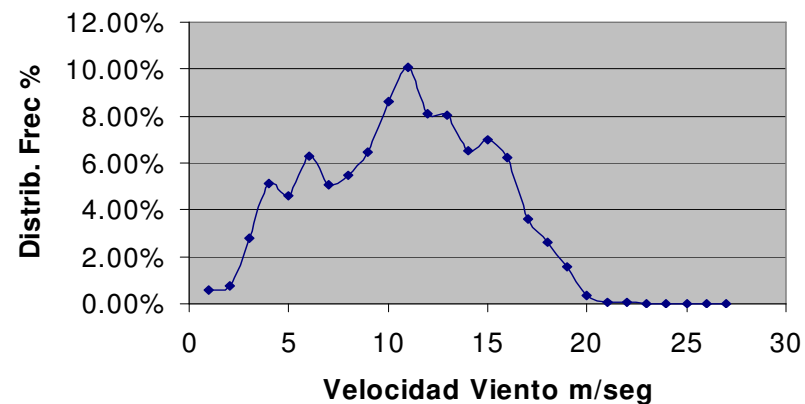
La Pichana - Dist (f) - Noviembre 2002
Media 8,70 m/seg



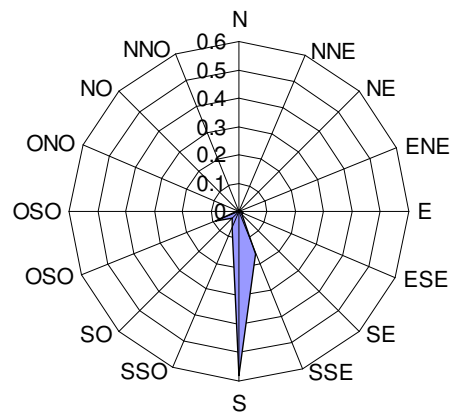
Estación Nº 4 - La Pichana
Rosa de Vientos - 12/02



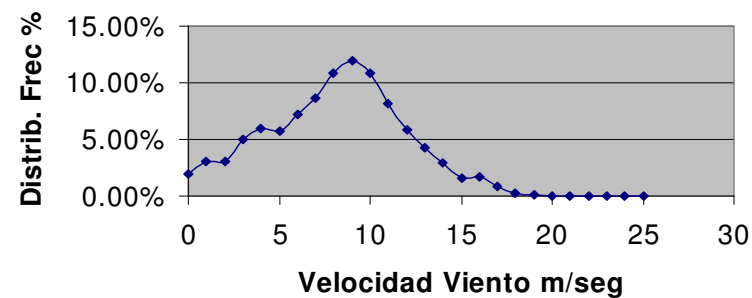
La Pichana - Dist (f) - DICIEMBRE 2002
Media 8,14 m/seg



Estación Nº 4 - La Pichana
Rosa de Vientos - 09/01

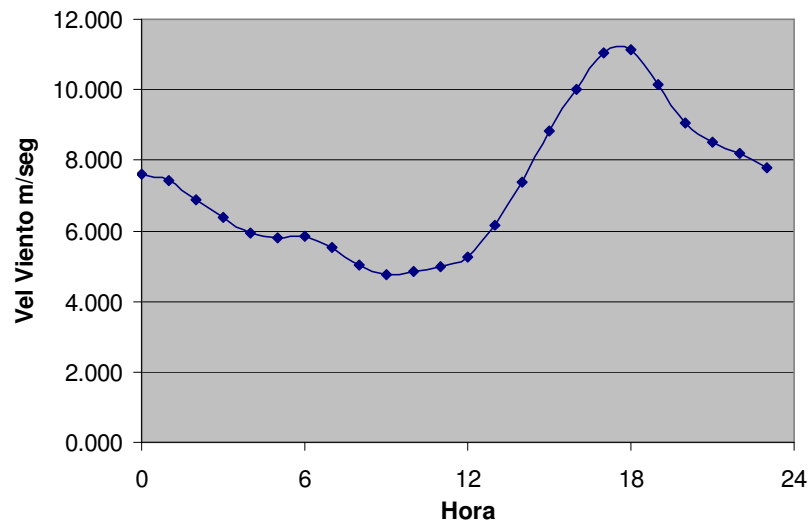


La Pichana - Dist (f) - SETIEMBRE 2001
Media 9,11 m/seg

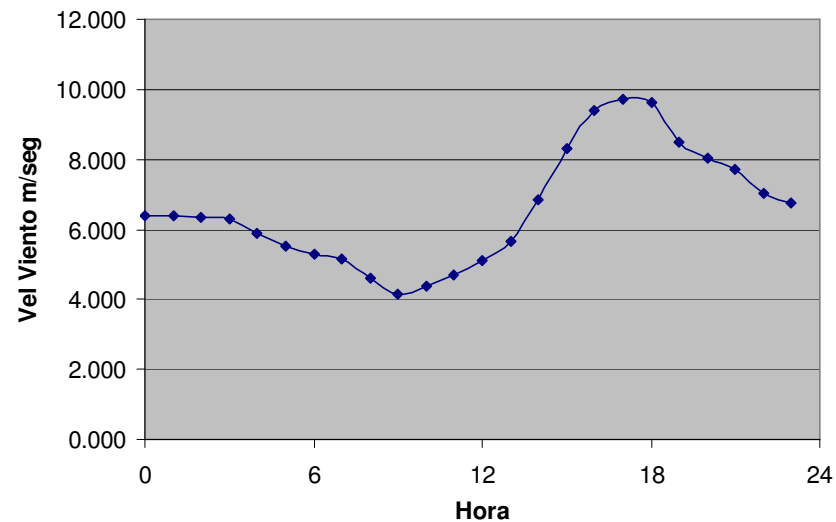


RESULTADO DE LA EVALUACIÓN

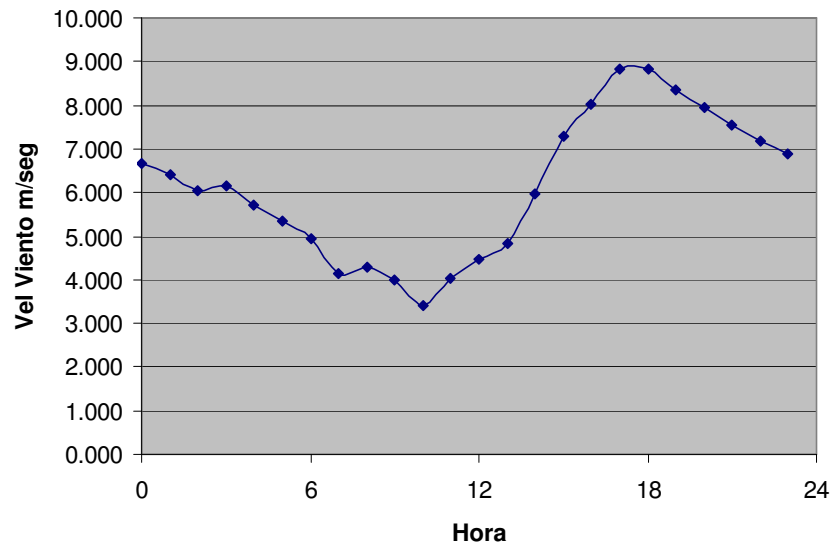
Estac Nº 4 La Pichana 04/2002
Velocidad del Viento / Horario



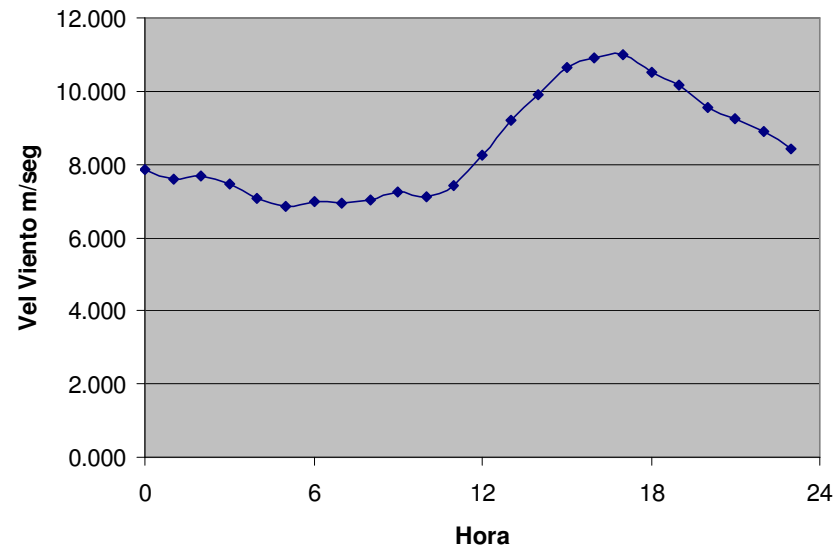
Estac Nº 4 La Pichana 09/2003
Velocidad del Viento / Horario

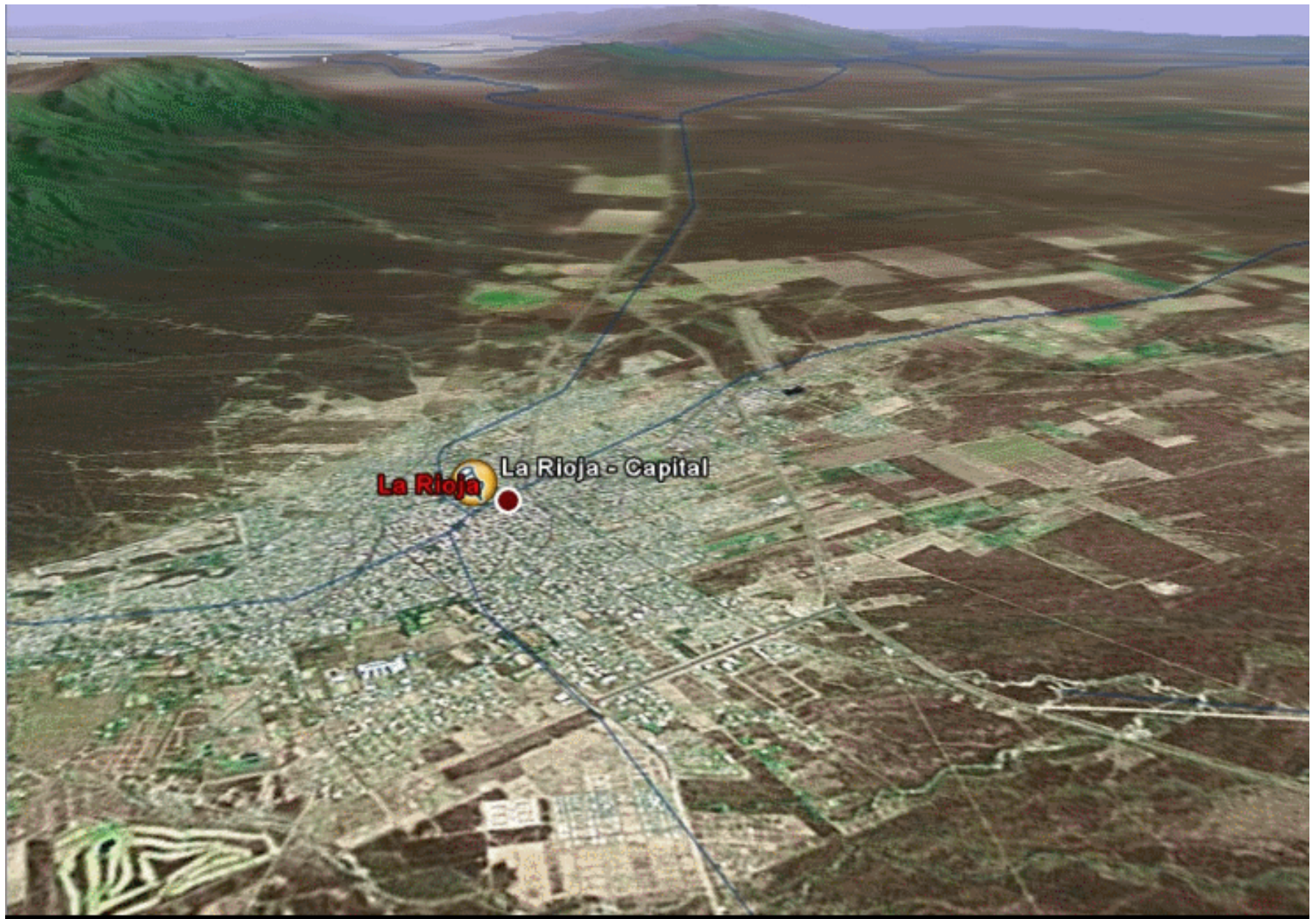


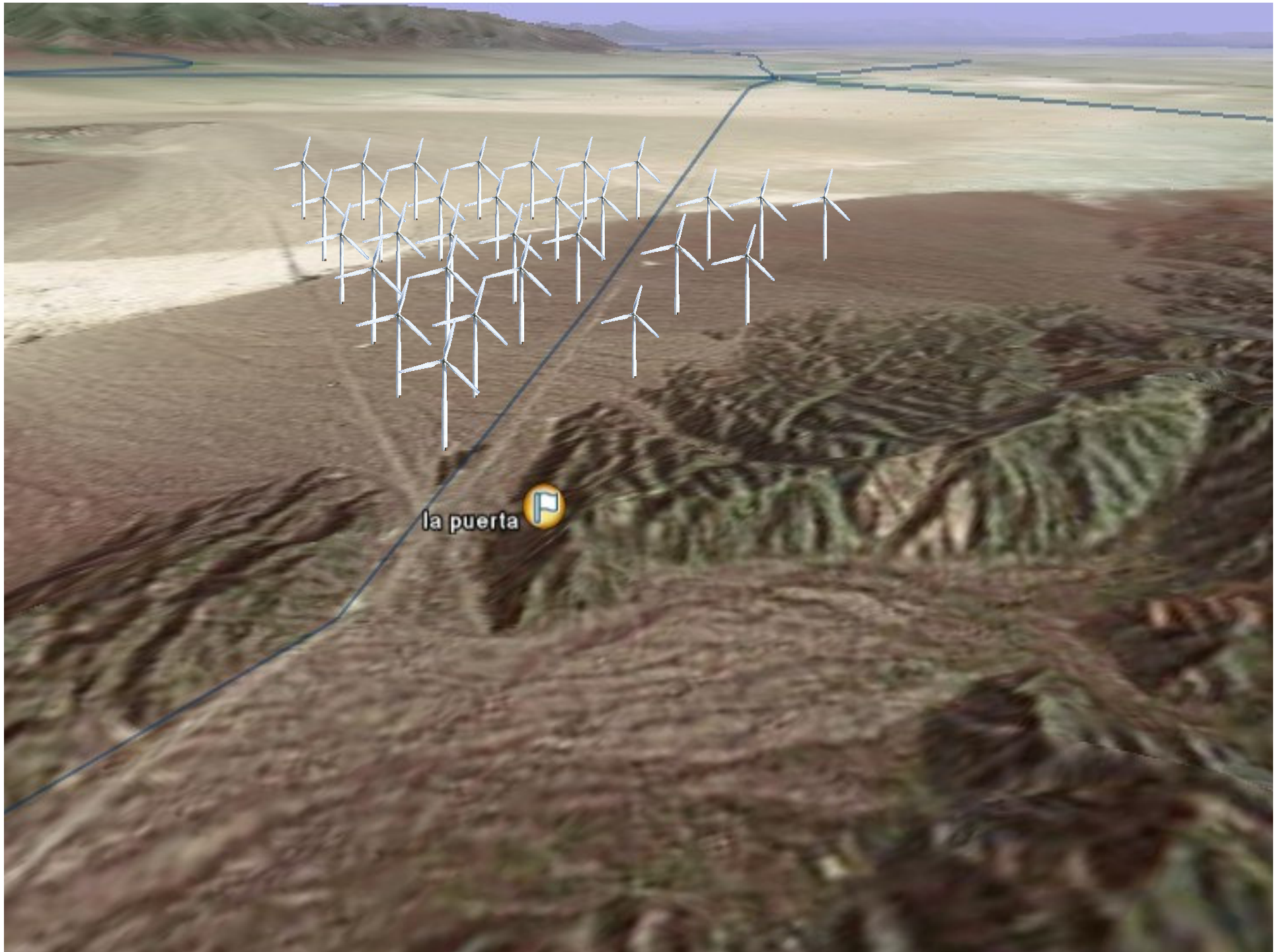
Estac Nº 4 La Pichana 06/2002
Velocidad del Viento / Horario



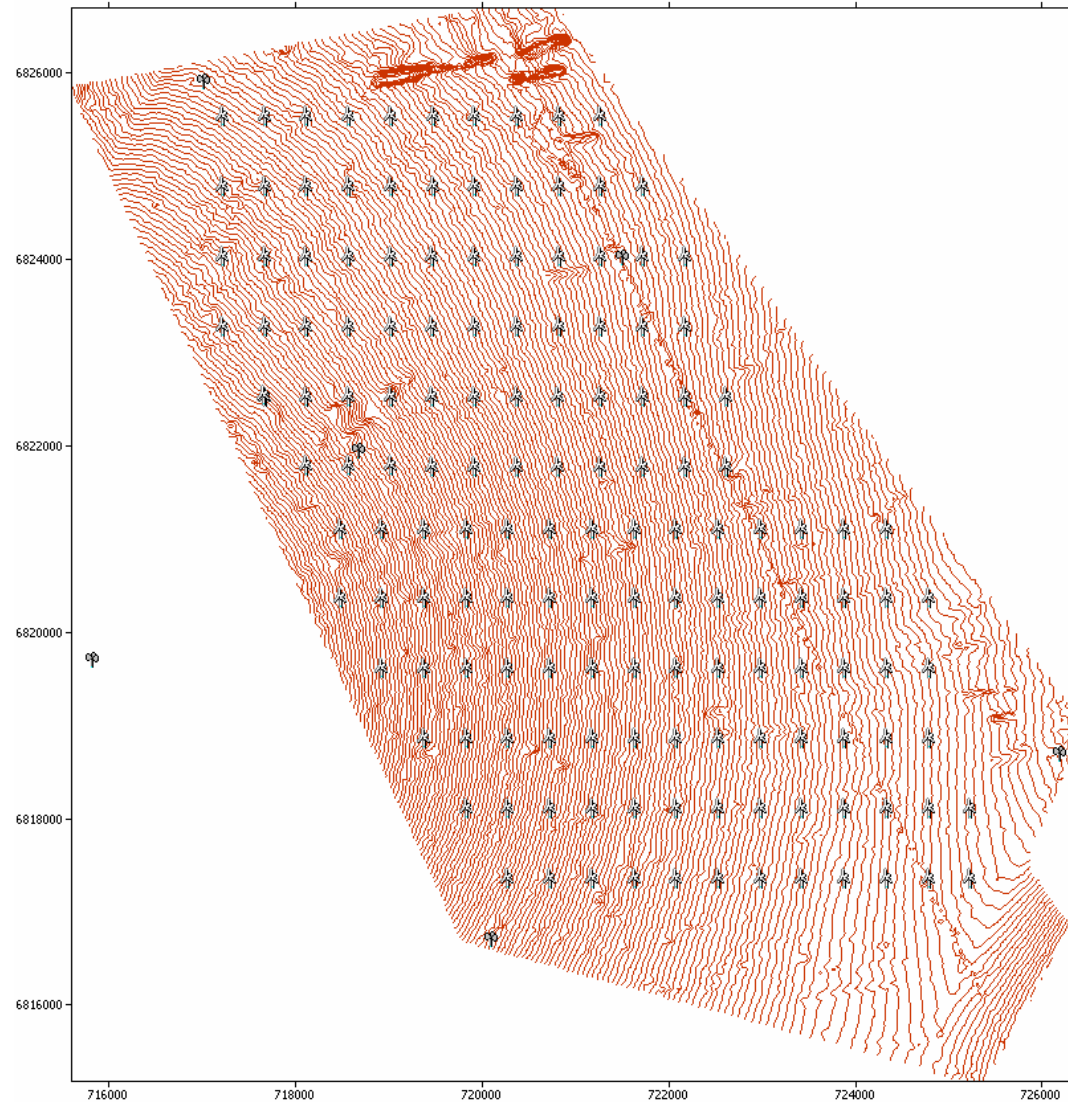
Estac Nº 4 La Pichana 11/2004
Velocidad del Viento / Horario



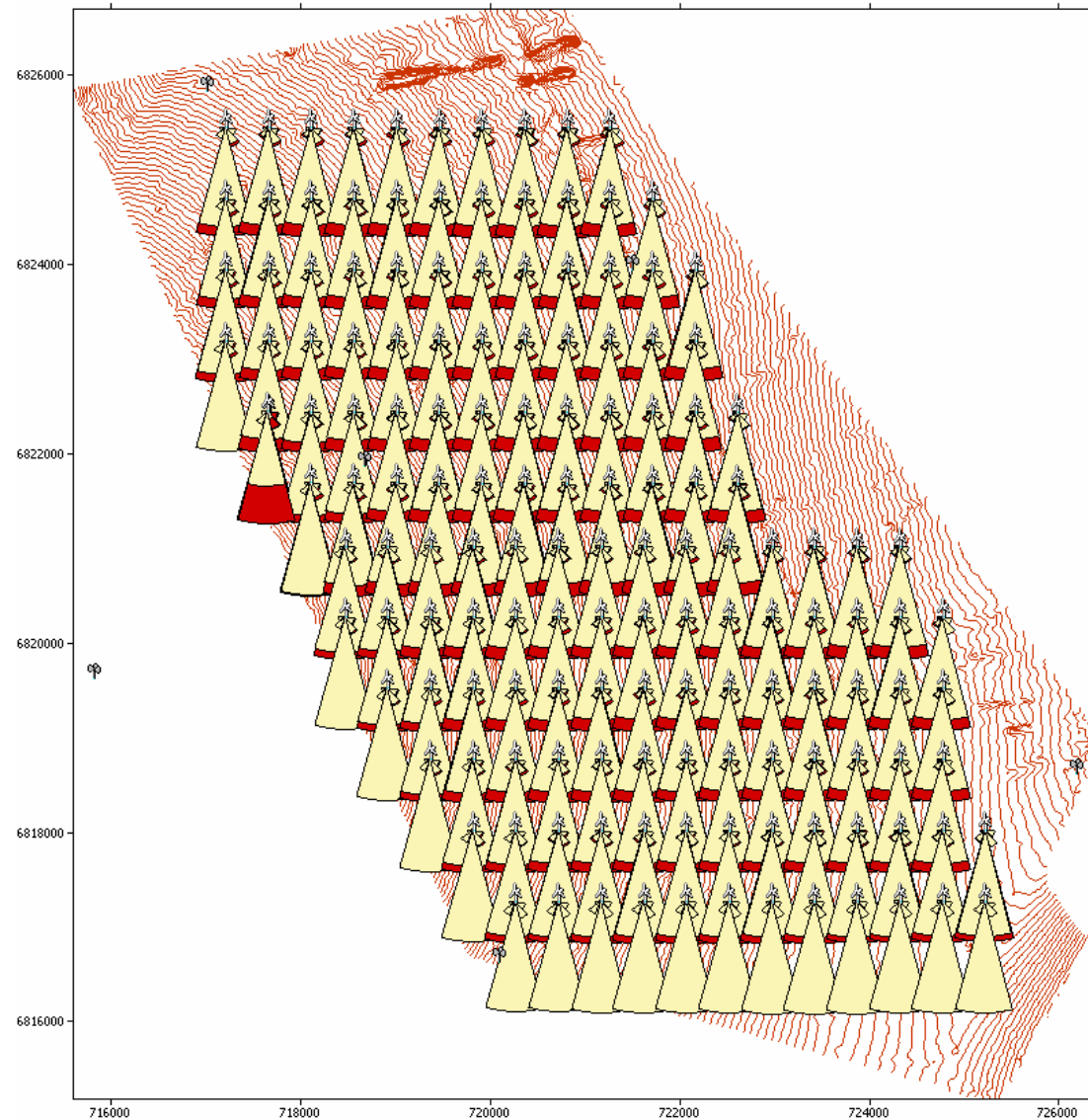




Ubicación de turbinas dentro del parque eólico. Para turbinas de 2.0 MW de potencia nominal.



Determinación de producción y efecto parque, pérdida por estela



Bases para determinar Producción del PE

Para la estimación de la producción se han utilizados los siguientes softwares:

WAsP 8.0, WindPro 2.4, WindFarm 3.4, WindMap 4.0, WAT (Wind Application Turbine C.R.E.E. 2007)

La producción estimada incluye pérdidas por efecto de estela para cada turbina dentro del parque eólico.

Basados en la información disponible y resumiendo la utilizada, se ha estimado el siguiente perfil climático en la zona del parque eólico:

Límites operacionales de temperatura	0 °C a 27 °C
Estación Base 004	
Factor A de Weibull a la altura del rotor	9.49 m/s.
Factor k de Weibull a la altura del rotor	2.09
Velocidad media anual a la altura del rotor	8.35 m/s.
Wind Shear	0.134
Velocidad V_{ref}	28.9 m/s.
Velocidad de supervivencia V_{e50}	40 m/s.
Parámetro generales del parque eólico	
Intensidad de la turbulencia a 15 m/s	7.1 %
Densidad máxima del aire	1.109 kg/m ³
Densidad media del aire	1.080 kg/m ³
Densidad mínima del aire	1.051 kg/m ³
Distancia media entre turbinas, columnas ($\varnothing$ rotor)	≥ 5
Distancia media entre turbinas, filas ($\varnothing$ rotor)	≥ 9

Producción del parque eólico

Turbinas Eólicas	Varias marcas y modelos
Número de turbinas	150 de 2 MW c/u
Capacidad total instalada	300 MW
Producción del parque eólico estimada	1.235.440 MWh/Año
Producción menos 10%	1.111.896 MWh/Año
Eficiencia del Parque Eólico	91.24 %
Factor de Capacidad	42.31 %
Curva de Potencia	Varias marcas y modelos

RESUMEN DEL PROYECTO

Según la capacidad de la línea actual de 132 kV

PROYECTO:

**Generación con Energía Eólica
90 Mega Watt Instalados
330 Giga Watt.Hora/Año**

COSTO ESTIMADO DEL PROYECTO:

u\$s 1.600.000 por MW

COSTO TOTAL u\$s 144 millones

AREA DE EMPLAZAMIENTO:

Provincia de La Rioja

Departamento Arauco –

30 km al Sur de la Ciudad de Aimogasta

PLAZO DE INSTALACIÓN DE LOS 90 Mega Watt

Entre 12 a 24 meses

VENTAJAS COMPARATIVAS

Generación con Recursos Renovables a Costos Competitivos

No utilización de Combustibles Fósiles

Independencia en la Generación Energética de la Provincia

Costos de la Energía a PRECIO FIJO durante 30 años

Precio y Energía Seguras para los Productores y Fabricantes Locales

Con 90 MW instalados se produce el 45% de la demanda actual

VALORES QUE CONSISTEN EL PROYECTO:

Velocidad Media Anual de viento 8,4 mts/seg a 80 mts de altura

Velocidades Máximas Superiores a 25 mts/seg: inferiores al 0,05 %

Direcciones Predominantes: 85 % dentro del cuadrante SSE y SSO

Factor de Capacidad con turbinas de 2 MW: 42 %

Meses de Mayor Generación: Agosto a Febrero (Epoca de Riego)

Meses de Menor Generación: Mayo a Julio (Epoca que no se Riega)

**Red de 132 kV que une La Rioja Capital con la Ciudad de Aimogasta
que forma parte del Sistema Interconetado Nacional**

pasa por el lugar de emplazamiento de la Usina Eólica

Rutas pavimentadas Nacionales y Provinciales junto al emplazamiento

Suelos para fundación clase 3

Resumen Económico

DATOS NUMERICOS DEL PROYECTO	
POTENCIA DE CADA TURBINA en kW	2.000
CANTIDAD DE TURBINAS DEL PROYECTO	45
POTENCIA TOTAL INSTALADA en Mega Watt	90
PRODUCCIÓN ANUAL DE CADA TURBINA en Mega Watt	7.358
PRODUCCION ANUAL EN Mega Watt	331.128
COSTO DEL Mega Watt INSTALADO EN u\$s	1.600.000
COSTO TOTAL DEL PROYECTO EN u\$s	144.000.000
PRECIO VENTA kW en u\$s	0,0550
Incentivo Ley Energía Eólica y otros	0,0200
Ingreso neto al proyecto por kW generado	0,0750
TASA INFLACION S/PRECIO kW	0,00%
TASA INFLACION S/COSTOS	0,00%
DATOS FINANCIEROS - PRESTAMO	
PLAZO DE AMORTIZACION - AÑOS	10
TASA INTERES	14,00%
INDICE PROP/PREST	42,86%
TASA DE RETORNO DEL PROYECT ANT.IMP	13,49%
DATOS NUMERICOS POR kWh EN CENTAVOS DE U\$S	
PRECIO PROMEDIO Centavos U\$S/kW	7,5000
COSTOS OPERATIVOS Centavos U\$S/kW	0,8451
DEPRECIACIONES Centavos u\$s/kW	2,1744
INTERESES PREST. (1ª CUOTA) Centavos U\$S/kW	4,2618
CUOTA DEL PRESTAMO Centavos U\$S/kW	6,1404
PROMEDIO SALDO CAJA Centavos U\$S/kW	3,4903

Resumen Costos Diesel

Costo Generación con Grupo Diesel de 250 kW al 12/12/2007

Componentes	Costo \$/MW	Costo u\$s/MW	%
Costo Mantenimiento	\$ 9,778	\$ 3,094	2,33%
Costo Combustible	\$ 377,625	\$ 119,502	90,11%
Sub Total O&m	\$ 387,404	\$ 122,596	92,44%
Costo Capital sin Intereses	\$ 31,673	\$ 10,023	7,56%
TOTAL COSTO GENERACION	\$ 419,077	\$ 132,619	100,00%

Valor del dólar	\$ 3.16
Precio Gasoil sin IVA	\$ 1.888 el litro
COSTO CAPITAL INSTALADO	\$ 527,88 kW Instalado
Cantidad Hs Vida Util sin Reparac	16.667 Hs = 2,7 Años al 70% uso
Cantidad de Hs para Mantenimiento	250 Hs

Resumen Costo Eólico

Precio del MW Instalado en Arauco

u\$s 1.600.000

Disponibilidad de la máquina 97 %

Factor de Turbulencia 5 / 7,5 %

Otras disminuciones 2 %

Velocidad Media del Viento m/seg	Factor de Capacidad	Horas Equivalentes	Costo MW
	100 %	8.760	
12.2	60 %	5.256	u\$s 53
9.8	50 %	4.380	u\$s 63
9	45 %	3.942	u\$s 70
8.5	42 %	3.679	u\$s 75
8.3	40 %	3.504	u\$s 78
7.5	35 %	3.066	u\$s 90
7.1	30 %	2.628	u\$s 110
6.5	25 %	2.190	u\$s 126
5.9	20 %	1.752	u\$s 157