

**energética**  
XXI



# Parque eólico de Silvarredonda

16,9 MW y 13 aerogeneradores fabricados por Navantia

## Silvarredonda wind farm

16,9 MW and 13 wind turbines manufactured by Navantia

Junio 2005

**SOCOIN**

## Silvarredonda wind farm

**S**ilvarredonda wind farm is located at the Perrol and Canleira mountains which are orientated to the South-North, in the municipality of Cabana, La Coruña province. Wind resource evaluation has been carried out from the speed and direction data from the wind of a station with an anemometer installed in November 2000.

Silvarredonda wind farm with 16.9 MW of gross power installed has 13 wind turbines manufactured by Navantia with 1.300 kW of unit nominal power.

Each wind turbine generates 690 V, which goes up to 20 kv in the 1.500-kva transformer that is incorporated to the base of the tower. The wind turbines are connected among them through the buried conductors and the entrance cabins- line exit in a way that the two generation lines in 20 kv are buried in a ditch to the wind farm 20/66 kv substation.

The union with the electricity network is carried out through an aerial 66 kv electric line 12 km long that connects the Silvarredonda electric substation with the Boaña substation (owned by UNION FENOSA).

Navantia has supplied the steady speed and cyclic pitch of 1.300



conductores: enterrados y cabinas de entrada - salida de línea de forma que se constituyen 2 líneas de generación en 20 kv que se disponen soterradas en zanja hasta la subestación del parque eólico 20/66 kv. El entronque con la red eléctrica se realiza a través de una línea eléctrica aérea 66 kv de unos 12 km de longitud que enlaza la subestación eléctrica del parque eólico de Silvarredonda con la subestación de Boaña (propiedad de UNION FENOSA).

### Aerogeneradores

Navantia ha suministrado los 13 aerogeneradores de velocidad fija y paso variable de 1.300 kW de potencia unitaria, 62 m de diámetro del rotor y 60 metros de altura de buje (tecnología Siemens-Bonus).

En la tabla "Datos principales" se muestran las características principales de las máquinas.

### Curva de Potencia

En la curva de potencia se puede apreciar que a partir de una velocidad de viento de aproximadamente 15 m/s, la potencia entregada por el aerogenerador es de 1.300kW superando los 1.000 kW con vientos superiores a 12 m/s.

### Infraestructuras de obra civil

Las infraestructuras de obra civil construidas para el parque eólico de Silvarredonda han

sido realizadas por la empresa Construcciones López-Cao, S.L. constando de las siguientes actividades:

### Viales de acceso

Los caminos internos a las líneas de aerogeneradores, los viales de comunicación entre los aerogeneradores de cada agrupación y el acceso al edificio de control se han adaptado al máximo a la topografía (minimizandolo con ello el movimiento de tierras).

Las características geométricas y constructivas de los caminos construidos son: 4 m de anchura. En los bordes laterales de los caminos se ha dispuesto una cuneta de desagüe de 0,40 m de anchura y 0,20 m de profundidad.

En el parque eólico se han construido un total de 4.250 metros de caminos (1.500 metros de nueva construcción y 2.750 metros de viales a reparar).

### Zanjas para cables

La realización de la obra ha consistido en una excavación, de dimensiones de 1 metro de anchura por 1,20 metros de profundidad, donde se han tendido los cables a la profundidad adecuada para a continuación rellenar la misma, de acuerdo con las disposiciones de protección y señalización adecuadas a este tipo de conducción eléctrica. La longitud de canalización en zanjas ejecu-

### CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS

Velocidad Media a 60 metros (m/s)	8,1
Dirección Dominante	SW
Potencia total instalada (MW)	16,9
Producción media anual neta (MWh/año)	49.940
Horas equivalentes a plena carga (h)	2.600

### CURVA DE POTENCIA

Viento [m/s]	Potencia [kW]
0,0	0,0
5,0	91,6
10,0	770,6
15,0	1.281,7
20,0-25,0	1.300,0



## ZAPATA

Excavación:	362,96 m <sup>3</sup>
Relleno:	16,1 m <sup>3</sup>
Hormigón de Limpieza:	20,16 m <sup>3</sup>
Hormigón Constructivo (HA-25):	330,74 m <sup>3</sup>
Peso de Acero (B500S):	27685 kg

## LÍNEA ELÉCTRICA

Tensión nominal (kV):	66
Tensión más elevada (kV):	72,5
Máxima potencia de transporte (cos φ=1) (MW):	49,54
Longitud (m):	11.672
Zonas de aplicación:	A (0-500 metros)
Conductor:	LA-180
Aislamiento:	Cadenas de aisladores U 70 BS
Nº apoyos/tipo:	49/metálicos de celosía
Nº circuitos:	1
Nº conductores por fase:	1

kw unit power, with a rotor diameter of 62 m and 60m high of bushing.

The power generated by the wind turbine is 1.300 kw exceeding 1.000 kw with winds over 12m/s, as you can see in the power curve from a wind speed of 15 m/s.

Civil construction infrastructures built for the wind farm have been carried out by the company López-Cao, S.L. which included the following activities: access, ditches for conductors, laying the wind turbine foundations and the control/substation building.

The internal paths to the wind turbine lines, the communication among the wind turbines of each group and the access to the control building have been adapted to the topography. A total of 4.250 m of paths have been built in the wind farm.

The construction consisted of an excavation (1 m width and 1.20 m depth) where the cables have been put at the appropriate

## CONTAMINACIÓN EVITADA

Oxidos de Azufre	338
Oxidos de Nitrógeno (NOx)	154
Dioxido de Carbono (CO <sub>2</sub> )	13.182
Escorias y Cenizas	3.509

Centrales de carbón, en toneladas/año.

tadas ha alcanzado aproximadamente los 4.000 metros.

## Cimentación aerogenerador

El diseño de la cimentación ha consistido en una zapata de planta cuadrada de 14,2 m de lado y 1,6 m de alto con un recrecido en el centro de 0,2 m de altura que sobresale 0,1 m sobre el nivel del suelo. El recrecido es de planta octogonal de 2,9 m de lado. La zapata se ha construido en hormigón (tipo HA-25) armado (acero B 500 s).

La zapata se caracteriza técnicamente por las unidades de construcción mencionadas en la tabla "Zapata".

## Edificio de control/subestación

El edificio de 185 m<sup>2</sup> (construidos) se distribuye en los siguientes espacios: la sala de cabinas, el almacén, la sala de control de la subestación, sala de control del parque, aseos, vestuarios y el vestíbulo.

## Instalaciones eléctricas de generación y transporte de energía

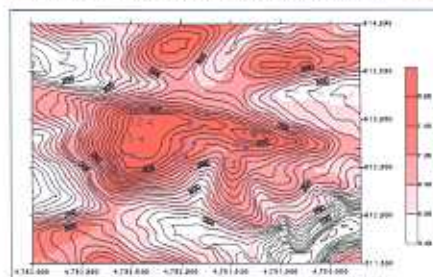
### CENTROS DE TRANSFORMACIÓN 0,690/20 kV

Cada aerogenerador tiene un cuadro de acometida en B.T. (690V) el cual contiene un interruptor automático para la conexión y protección de la línea trifásica proveniente del generador. También se alojan en este cuadro los interruptores automáticos para servicios auxiliares en 400/230V (para proteger las líneas correspondientes a los circuitos de tomas de corriente, alumbrado y servicios generales del aerogenerador) y los contactores para la conexión de los bancos de condensadores utilizados para la compensación de potencia reactiva en el propio aerogenerador.

Cada centro de transformación cuenta con el correspondiente transformador 0,69/20±±2,5±5% kV, grupo de conexión Dyn 11, de 1.500 kVA de potencia, una tensión de aislamiento de 24 kV y las cabinas de media tensión de 24 kV de tensión nominal y 400 A de intensidad.

Las cabinas de media tensión instaladas en función de su posición dentro de una misma línea de generación tienen las siguientes características:

- 6 celdas modulares tipo CGMCOSMOS, esquema 0L1L1P, de corte y aislamiento en SF6. (Celda de remonte, celda de línea y celda de protección)
- 2 celdas modulares tipo CGMCOSMOS, esquema 0L2L1P, de corte y aislamiento en SF6. (Celda de remonte, celda de línea para dos cables y celda de protección)
- 5 celdas modulares tipo CGMCOSMOS,



Mapa de isoventas a 60 m. de altura.



esquema 0L1P, de corte y aislamiento en SF6. (Celda de remonte y celda de protección)

- Puentes de MT y conectores Euromold
- Conductores de baja tensión, media tensión, fibra óptica y red de tierras

## Fibra óptica

Para la fibra óptica suministrada por la firma Optral, las características han sido las siguientes:

### Cable monomodo

• Tipo de fibra	Monomodo 9/125 (m)
• Construcción	Holgada
• Número de fibras:	4
• Cubiertas	Poliéster
• Armadura	Acero corrugado

### Cable multimodo

• Tipo de fibra	multimodo 62,5/125 (m)
• Construcción	Holgada
• Número de fibras:	8
• Cubiertas	Poliéster
• Armadura	Acero corrugado

La red de tierra canalizada en zanja del parque eólico se ha diseñado utilizando como cable conductor Cu desnudo de 95 mm<sup>2</sup>. En todo el recorrido de las zanjas se ha dispuesto dicho conductor, el cual se une a la red de tierras de cada aerogenerador que ha consistido en un anillo de Cu de 50 mm<sup>2</sup> de sección y un conjunto de picas alojadas a una profundidad aproximada de 5 metros.

## Subestación 20/66 kV

La subestación eléctrica del parque eólico dispone de un embarrado de 20 kV alojado en el interior del edificio de control al cual se conectan las dos líneas de generación del parque eólico, las baterías de condensadores, el transformador de servicios auxiliares y la cabina de protección del transformador de potencia, todas mediante sus correspondientes cabinas.

Las celdas, suministradas por Ormazabal son las siguientes:

- Celdas CPG-0 24 KV 1.250A 630A 25 KA de salida a circuitos de aerogeneradores
- Celdas CPG-0 24 KV 1.250A 630A 25 KA de salida a transformador elevador
- Celdas CPG-0 24 KV 1.250A 630A 25 KA de salida a transformador de S.S.A.A
- Celdas CPG-0 24 KV 1.250A 630A 25 KA de salida a condensadores

Dentro del mismo edificio se encuentra el equipo rectificador cargador de baterías para la alimentación de corriente continua a los diferentes equipos y el cuadro de servicios auxiliares. En el exterior se han dispuesto dos bancos de condensadores de 3 y 6 MVAR para la corrección del factor de potencia de la instalación.

La subestación intertemperie de Silvarredonda de 66 kV es de tipo convencional con una única posición línea transformador. Se ha instalado un transformador de 66/20 kV 20 MVA con regulación en carga. La topología de la subestación es la habitual en este tipo de instalaciones. La posición está equipada con los siguientes elementos: un interruptor tripolar SF6, tres autoválvulas, tres transformadores de tensión y tres de intensidad y un seccionador de línea con p.a.t. El armario de protecciones va ubicado en la sala de control del edificio de la subestación, desde el cual se puede operar la subestación.

## Línea Eléctrica 66 kV Parque Eólico de Silvarredonda-Subestación de Boaña

La línea eléctrica interconecta la subestación del Parque Eólico de Silvarredonda con la subestación de Boaña (propiedad de Unión Fenosa) tiene las características técnicas descritas en la tabla "Línea eléctrica".

La entrada en la subestación de Boaña se realiza mediante canalización en zanja (de 30 metros de longitud) donde se aloja directamente el conductor tipo RHZ1 36/66 kV de 1x630 mm<sup>2</sup> de Al.

## Repercusiones sociales y medioambientales del parque eólico de Silvarredonda

Como es bien conocido, la energía gene-

rada a partir de un recurso renovable como es el viento, supone un ahorro de energía primaria proporcionada por combustibles fósiles (recursos agotables). El ahorro de energía primaria que se conseguirá a nivel nacional se ha obtenido a partir de los rendimientos proporcionados por la Orden del 7 de Julio de 1982, del Ministerio de Industria y Energía sobre la obtención de la condición de Auto-generador Eléctrico y se indica en la tabla "Ahorro Energético".

Igualmente, el uso de energía renovable permite evitar la generación de emisiones perjudiciales para el medioambiente asociadas a la generación cuando se utilizan otras fuentes de energía de origen fósil. En ese sentido el ahorro de combustible previsto significa evitar una emisión anual equivalente de dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, dióxido de carbono, escorias y cenizas representada en la tabla "Contaminación evitada". Además, la construcción de los parques eólicos crea puestos de trabajo en conformidad con los datos que se reflejan en la tabla "Empleos generados".

El número de habitantes que se abastecerán anualmente de la energía generada por los parques eólicos será el que recoge la tabla "Población abastecida".

## AHORRO ENERGÉTICO NACIONAL

Fuel 1 (centrales térmicas con caldera)	12.477
Combustibles líquidos (motores diesel)	12.722
Hullas y antracitas	13.701
Lignitos negros	14.190
Lignitos pardos	15.560
Gas natural	12.233

Medido en Tep/Año

## DATOS PRINCIPALES

Potencia nominal (kW)	1300
Tensión nominal (V)	690
Frecuencia (Hz)	50
Factor potencia	1
Diámetro del rotor (m)	62
Área barrida (m <sup>2</sup> )	3.019
Altura de buje (m)	60
Velocidad de rotación (rpm)	19/13
Regulación de potencia	Velocidad fija, paso variable
Peso del rotor (ton)	30
Peso góndola (ton)	50 (excl. rotor)
Peso torre (ton)	70 (68 m)
Color de acabado	Gris claro

## EMPLEOS GENERADOS

Construcción e instalación	220
Operación y Mantenimiento	3

## POBLACIÓN ABASTECIDA

Nº habitantes	22.850
---------------	--------

depth. The ditch has been later filled, following the protection and sign disposal for this kind of electric pipes. The pipelines are 4.000 long aprox.

The foundation design has consisted of a square flange 14.2 m\*1.6 m with an upper part in the centre 0.2 m high that stands out 0.1 m above the level of the field.

The 185 m<sup>2</sup> building has the following rooms: cabin rooms, warehouse, substation control room, wind farm control room, toilets, changing rooms and hall. Each transformer centre has a 0,69/20±2,5±5% kv transformer, connection group Dyn1 1, of 1.500 kVA, an isolating voltage of 24 kv and the cabins of medium tension of 24 kv of nominal voltage and 400 A of intensity. The medium voltage cabins have been supplied by Ormazabal.

Each wind turbine has an electric switchboard to connect and protect the three-phase line coming from the generator. The automatic switches are also located in these switchboards for auxiliary services in 400/230V, and the contactors for the connection of the condensers used to compensate the reactive power in the wind turbine.

The medium tension cabins installed depending on its position in the same generation line have been supplied by Ormazabal.

The Silvarredonda 66 kv substation is conventional with just one transformer line position. A 66/20 kv 20 MVA transformer with load regulation has been installed.

The electric line connects the Silvarredonda Wind Farm substation to the Boaña substation.

The electricity generated from a renewable resource as it is the wind, implies primary energy saving provided by non renewable resources.

The use of renewable energy also avoids the harmful emission to the environment associated with the generation when they are used other no renewable energy resources.

Ingeniería y Construcción Industrial

# SOCOIN

GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN DE ELECTRICIDAD

INSTALACIONES DE TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN DE GAS

**MÁS DE 5.000 MW CONSTRUIDOS  
EN TODO EL MUNDO**

**Centrales de ciclo combinado:** México: Hermosillo 250 MW, Naco-Nogales 300 MW, Tuxpan III y IV 1000 MW. España: Campo de Gibraltar 800 MW, Patos de la Frontera 1.200 MW, Aceca 400 MW. **Centrales Diesel:** Nairobi South 60 MW, Kenia, Palamara 102 MW y La Vega 87 MW, República Dominicana, Baja California 42 MW, México. **Plantas de Cogeneración:** Más de 100 MW instalados en España. **Centrales Hidráulicas:** España: Arroibar 14,7 MW, Anillo 8 MW, Brandariz 16 MW, Avia 10 MW. Bolivia: Santa Rosa 16,3 MW, Santa Isabel 21 MW. Panamá: Macho de Monte 3,3 MW y Dolega 2,6 MW. **Parques Eólicos:** Más de 260 MW construidos en España. **Subestaciones:** Más de 40 subestaciones en tensiones de 400 kV, 220 kV, 132 kV, en España, República Dominicana, México y Kenia. **Líneas aéreas y subterráneas:** Tendido superior a 4.500 km de líneas en tensiones de 400 kV, 220 kV, 132 kV y menores, en España y México. **Gas Natural:** Gasoductos de Transporte para las Plantas de regasificación de Sagunto y Mugarlos, España y Estaciones de Regulación y Medida, en España y México.



**MÁS DE 15 AÑOS  
DE EXPERIENCIA NOS AVALAN**

**SOCOIN Ingeniería y Construcción Industrial** es la compañía del **Grupo SOLUZIONA** para la ejecución de proyectos **-Llave en mano-** en el sector energético.

ACTIVIDADES

Ingeniería Básica  
Planificación  
Control de Costes  
Gestión de Compras  
Supervisión de la Construcción  
Puesta en Marcha

## SOCOIN

UNA EMPRESA DE SOLUZIONA

Parque Empresarial La Finca, Edificio 5 - P.º del Club Deportivo, 1  
Pozuelo de Alarcón - 28223 MADRID, ESPAÑA  
Tel.: 912 102 000 - Fax.: 912 114 500