



# **LA ENERGIA EOLICA REVISITADA: junio 2004-mayo 2006.**

**CESAR DOPAZO**

**ACADEMICO DE LA RAI**

**MIEMBRO CONSEJO RECTOR PLATAFORMA  
TECNOLÓGICA EUROPEA H<sub>2</sub> y PILAS de COMBUSTIBLE. CE.**

**MIEMBRO GRUPO ASESOR DE ENERGIA. CE.**

**CATEDRATICO CPS, U. ZARAGOZA**

**“Generación Eléctrica con Energía Eólica: Presente y futuro”.**

**Cátedra Rafael Mariño de Nuevas Tecnologías Energéticas**

**Universidad Pontificia de Comillas. ICAI.**

**Madrid, 30 de mayo de 2006**



**AGRADECIMIENTO:**

**DEPARTAMENTO EOLICO**

**IDAE**



# **GENERACION ELECTRICA CON ENERGIA EOLICA: PRESENTE Y FUTURO (Libro)**

- Capítulo I. Equipos: evolución y tendencia**  
**Empresas Tecnológicas & Investigadores**
- Capítulo II. Predicción**  
**Investigadores & empresas servicios**
- Capítulo III. Gestión de parques**  
**Usuarios finales**
- Capítulo IV. Regulación y financiación**  
**Voluntad política & sector dinámico**



## Inversión y costes de generación



ENERGÍA	COSTE ( EUROS /kW)			PRECIO ELECT. cEURO/kWh
	2000	2010	2030	
SOLAR TERMoeLECTRICA				12-18
SOLAR FOTOVOLTAICA	6457	4373 3936	3146 2202	20-80
<b>EÓLICA</b>	<b>996</b>	<b>911</b> <b>820</b>	<b>816</b> <b>571</b>	<b>3-7</b>
BIOMASA GASIFICACIÓN	2368	2198 1978	2087 1461	5-15
HIDROELÉCTRICA (MINI)				4-10
GAS C.C.	745	587 548	533 427	2-4
CARBÓN		1733 1696	1252 969	3-5
NUCLEAR	3632	3574 3159	3639 2365	4-6



## Algunos Temas de I+D



### **RECURSOS**

Emplazamientos, base datos,  
modelos terreno complicado

### **PREDIC. PRODUCCION**

6-48 horas, LocalPred+CFD

### **OFFSHORE**

Interac Océano/Atmosf. y estructuras  
Model/predic corrientes y olas,  
Transp. Sedimentos, Form. hielo

### **TECNOL. AEROTURBINAS**

Palas Generación IV (grandes,  
fiables, fácil mantenim), aeroelast,  
control adapt, materiales intelig,  
fatiga, CFD, +Efic.  
Generadores/convertid.

### **INTEGRACION RED**

Seguridad on-line, huecos tensión,  
gestión dinámica, tecnol. control

### **SOCIO-ECONOMIA**

Model análisis sistem socio-  
económ.

### **SIST. AISLADOS/HIBRIDOS**

Integración con FV, diesel,...

### **IMPACTO AMBIENTAL**

Paisaje, ruido, animales,  
radar/teleco

### **ENSAYOS, NORMALIZA., CERTIFICACION**

Emplazamientos, offshore, terreno  
com



## Conclusiones 2004



- Recurso abundante, distribuido, intermitente y diluido
- Costes y precios razonables: Reducir. Mayores tamaños.
- Materiales:Plástico/fibra vidrio, Plástico/fibra Carbono
- Parques Offshore condicionados por características de costas
- Capacidad Tecnológica probada a corto/medio plazo
- Necesidad de I+D a medio/largo plazo → Competitividad
- Comercialización sistemas aislados (?)

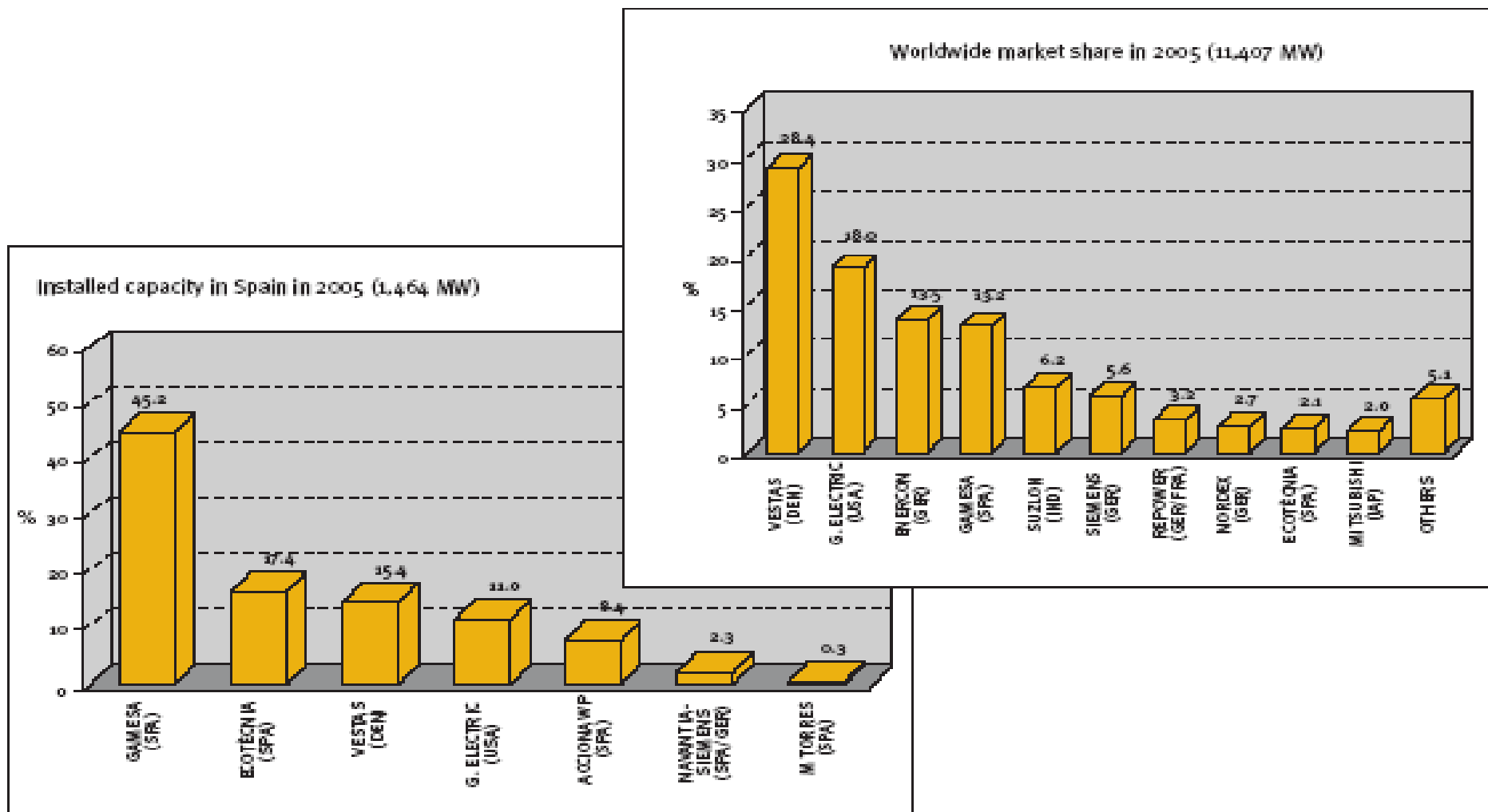


## SITUACION ESPAÑA 2006



- **GAMESA y ECOTECNIA: entre 10 mayores fabricantes mundo (15 % mercado total 2005)**
- **GAMESA, ECOTECNIA, ACCIONA WP, M. TORRES: 74 % Potencia Instalada**
- **VESTAS y G.E.: 22 % Potencia Instalada**
- **NAVANTIA-SIEMENS: 4 % Potencia Instalad**
- **+ 550 empresas: Capacidad fabricación: + 2000 MW/año.**
- **1160 kW/unidad nueva instalada**

## Percentage distribution per manufacturer

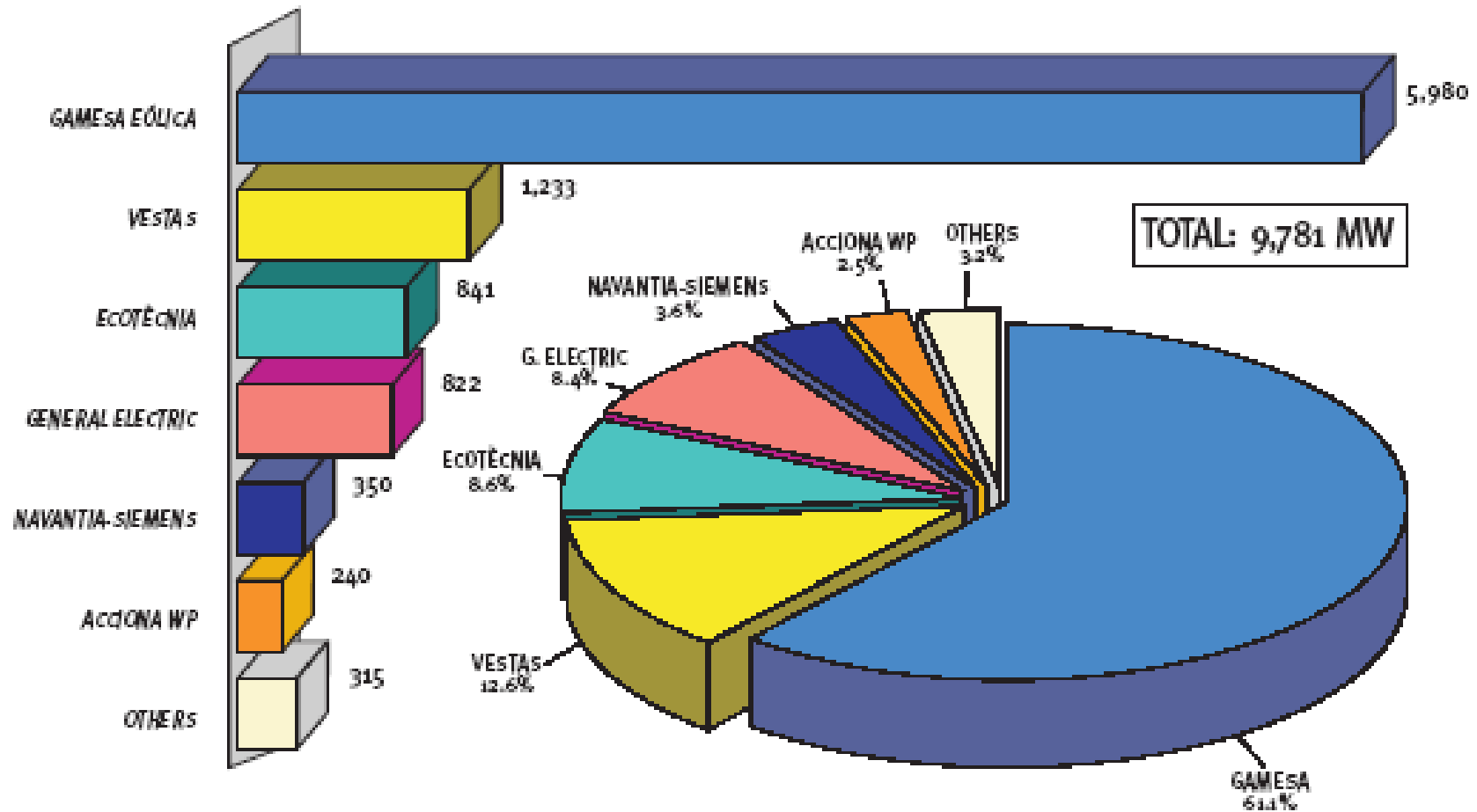


Provisional data

Source: IDAE and BTM Consult ApS

# Potencia Instalada (MW & %) Acumulada\* Tecnología (España)

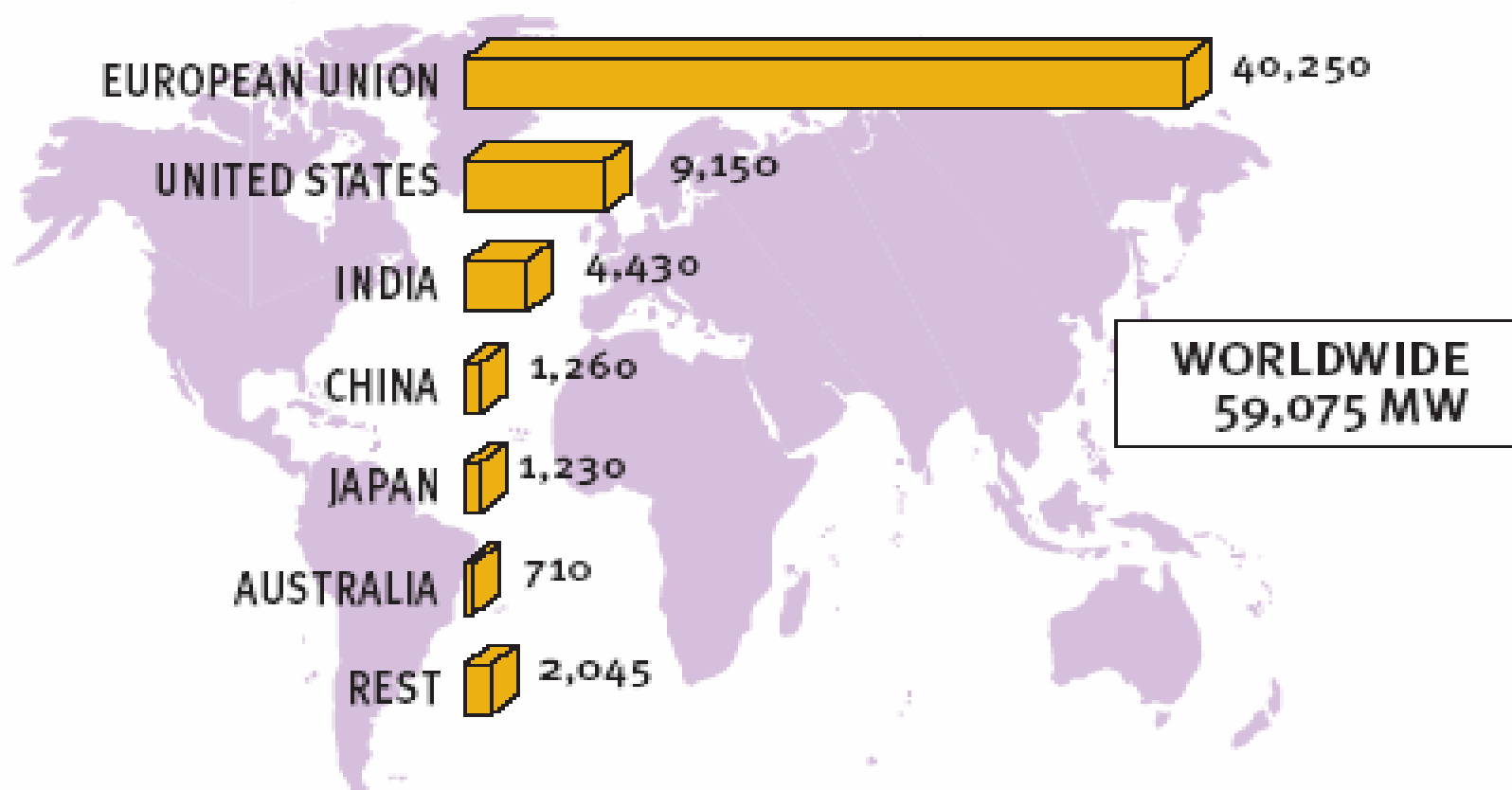
Accumulated installed capacity (MW) per technology in Spain on 31/12/2005



Provisional data

Source: IDAE

Installed wind energy capacity (MW) worldwide on 31/12/2005

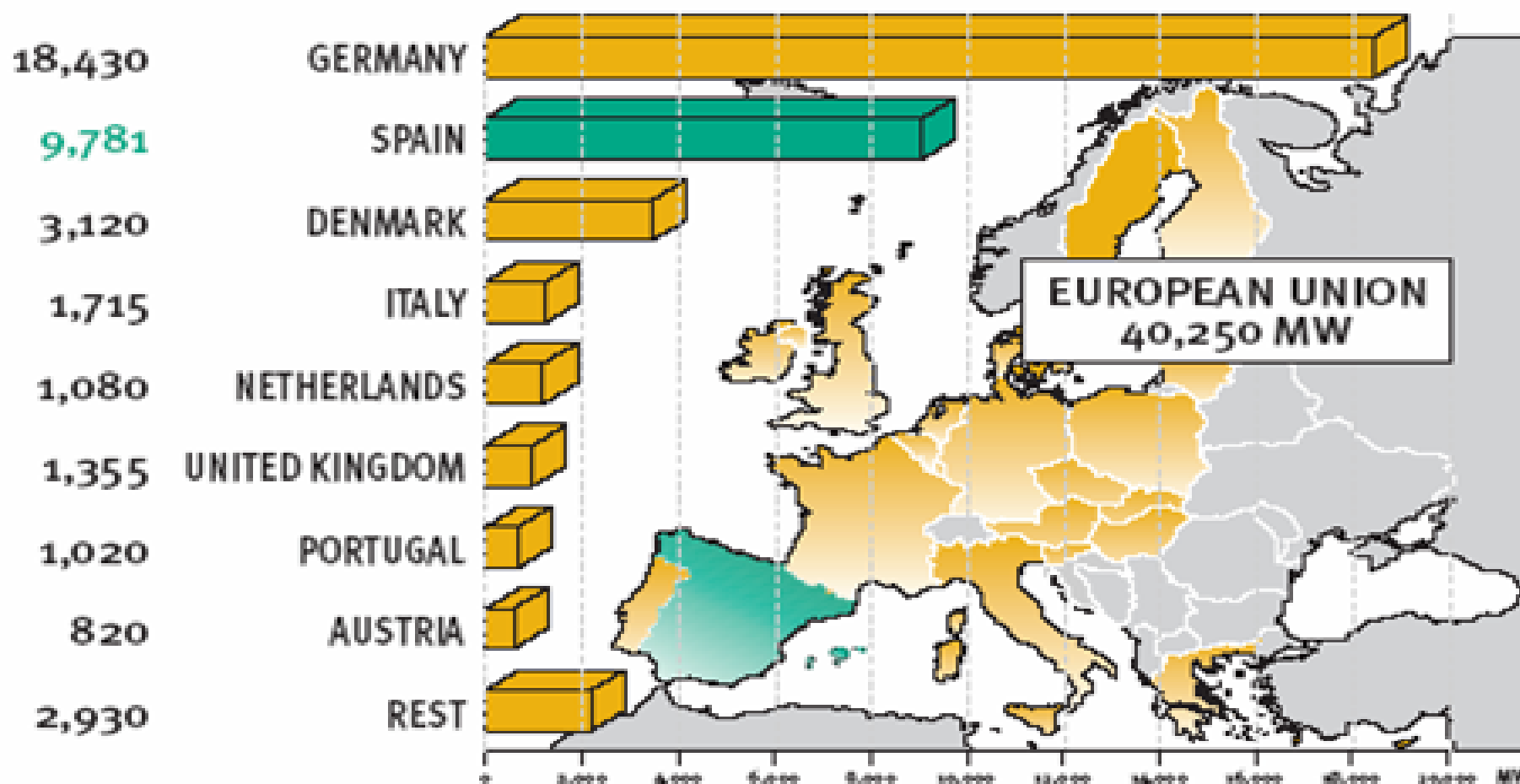


## Crecimiento Potencia Instalada Mundial

	<b>2003 (MW)</b>	<b>2005 (MW)</b>	<b>Increment (%)</b>
<b>UE</b>	<b>28475</b>	<b>40250</b>	<b>41</b>
<b>USA</b>	<b>6375</b>	<b>9150</b>	<b>44</b>
<b>India</b>	<b>2125</b>	<b>4430</b>	<b>108</b>
<b>Japón</b>	<b>685</b>	<b>1230</b>	<b>80</b>
<b>China</b>	<b>565</b>	<b>1260</b>	<b>123</b>
<b>Canadá</b>	<b>325</b>		
<b>Australia</b>		<b>710</b>	
<b>Resto</b>	<b>950</b>	<b>2045</b>	
<b>TOTAL</b>	<b>39500</b>	<b>59075</b>	<b>50</b>

# Potencia Instalada EU-25 (MW)

Installed wind energy capacity (MW) in the European Union (EU-25) on 31/12/2005

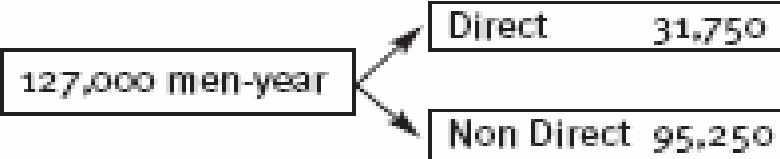


## Crecimiento Potencia Instalada UE

	<b>2003 (MW)</b>	<b>2005 (MW)</b>	<b>Increment (%)</b>
<b>Alemania</b>	<b>14610</b>	<b>18430</b>	<b>26</b>
<b>España</b>	<b>6235</b>	<b>9781</b>	<b>57</b>
<b>Dinamarca</b>	<b>3110</b>	<b>3120</b>	<b>0,3</b>
<b>Holanda</b>	<b>910</b>	<b>1080</b>	<b>19</b>
<b>Italia</b>	<b>905</b>	<b>1715</b>	<b>90</b>
<b>UK</b>	<b>650</b>	<b>1355</b>	<b>108</b>
<b>Austria</b>	<b>415</b>	<b>820</b>	<b>98</b>
<b>Suecia</b>	<b>400</b>		
<b>Portugal</b>		<b>1020</b>	
<b>Resto</b>	<b>1240</b>	<b>2930</b>	
<b>TOTAL</b>	<b>28475</b>	<b>40250</b>	<b>41</b>

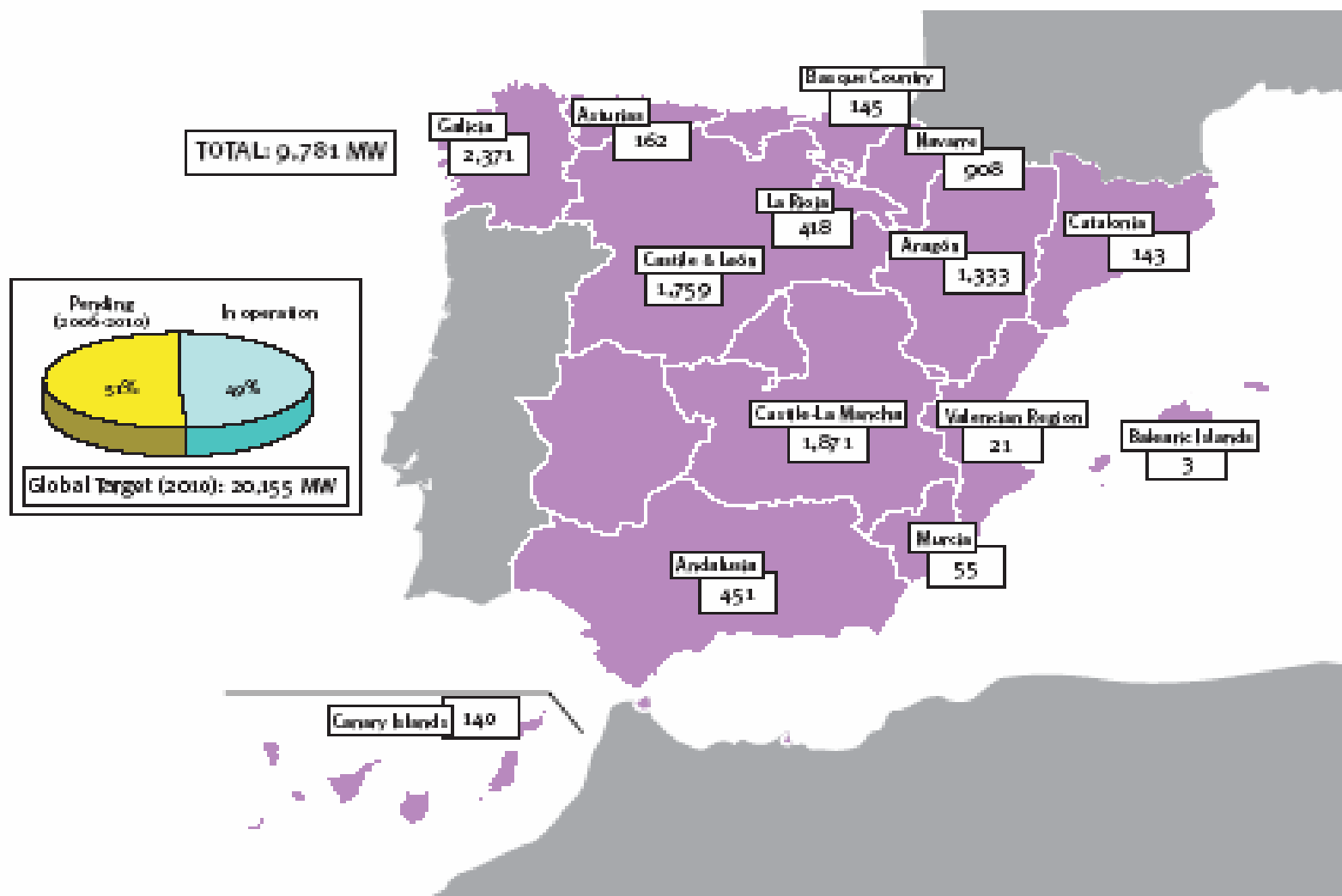
Outstanding figures in wind energy sector in Spain (updated at the end of the year 2005)

General	
Overall Capacity Installed	9,781 MW
Accumulated Investment	€ 8,774 m
Energy Sold	21,000 GWh
Electricity Market Share	7.5%
Equivalent Consumption	6 million households

Social Benefits	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• More than 550 companies involved in the sector.</li> </ul>	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">Accumulated Employment</div>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Design, Construction and Erection.</li> </ul>	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">127,000 men-year</div>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Operation and Maintenance.</li> </ul>	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">1,950 permanent jobs (all direct)</div>	

Environmental Issues	
POLLUTANT	AVOIDED QUANTITY (t) *
SO <sub>2</sub>	144,500
NO <sub>x</sub>	79,800
CO <sub>2</sub>	19,690,000
<p>* In relation to electricity generated by means of national hard coal-fired power plants [CIEMAT and CNE (2004)]</p>	

Installed generating capacity (MW) in each Spanish Region on 31/12/2005

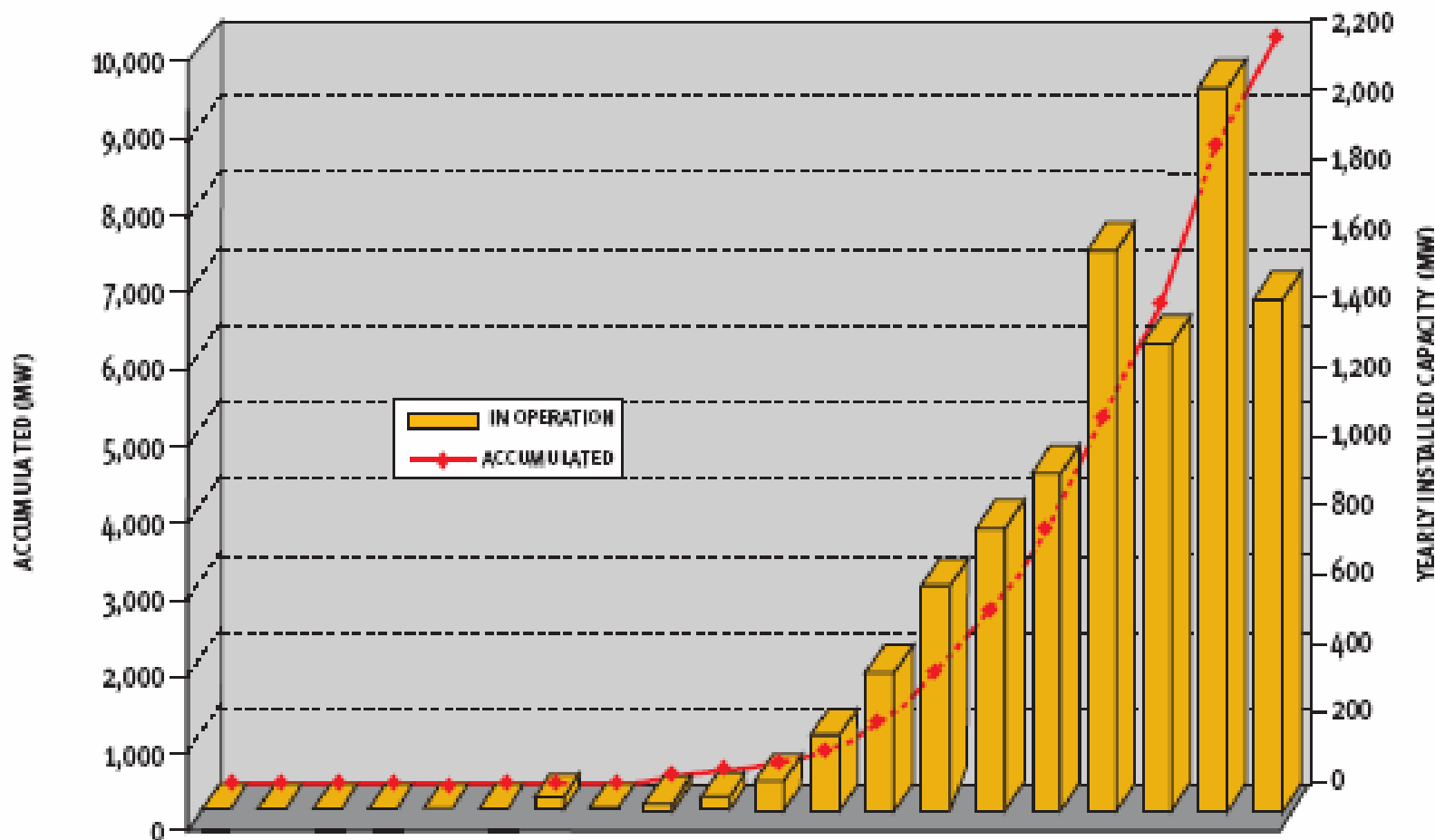


Provisional data

Source: IDAE

# Potencias Instaladas (MW): Anual y Acumulada

Development of wind energy in Spain

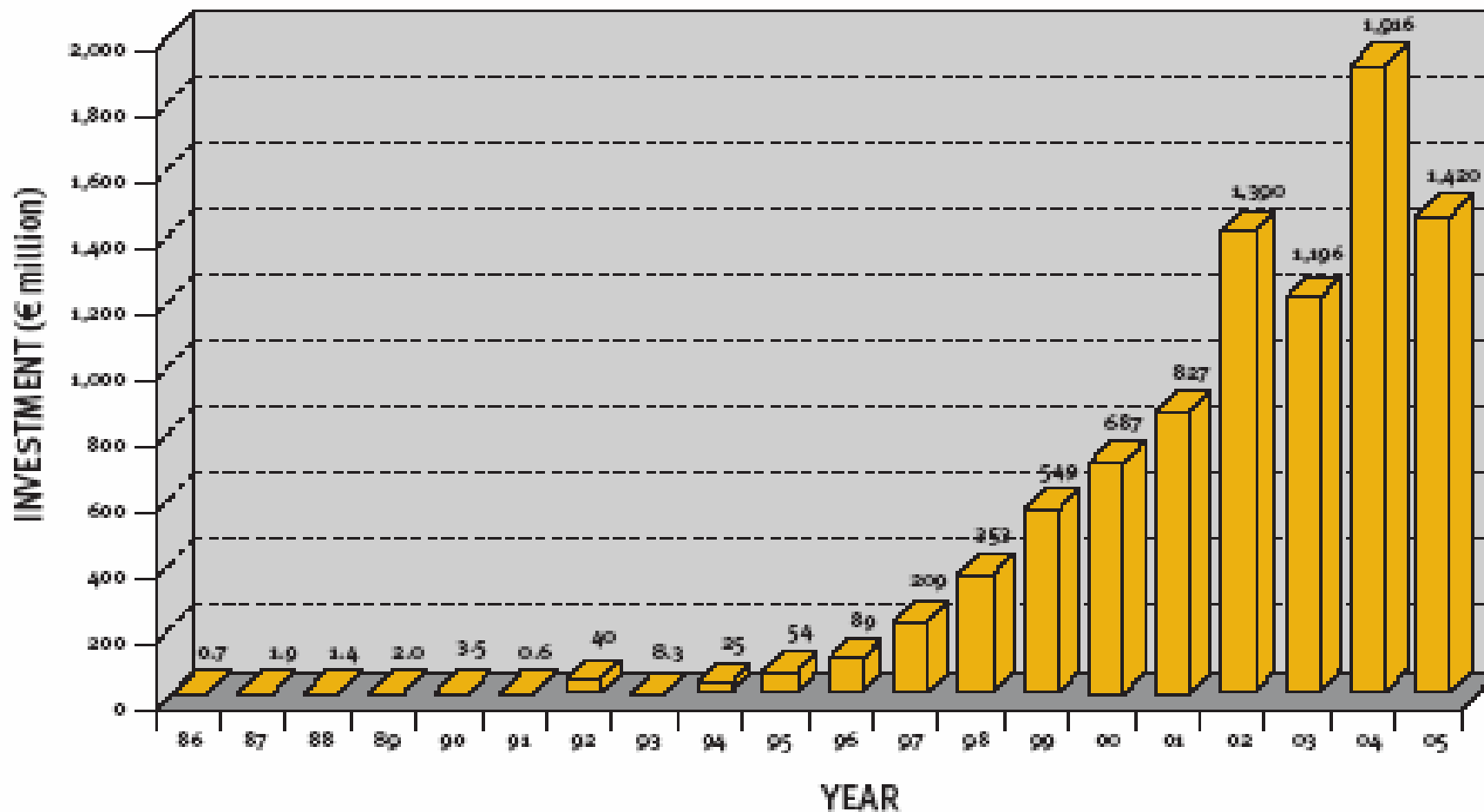


	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05
<b>IN OPERATION</b>	0.4	1.2	0.8	1.5	2.7	0.7	38	6	24	40	96	229	393	642	815	985	1,615	1,344	2,082	1,464
<b>ACCUMULATED</b>	0.4	1.6	2.4	3.9	6.6	7.3	46	52	75	115	211	440	834	1,476	2,292	3,276	4,891	6,235	8,317	9,781

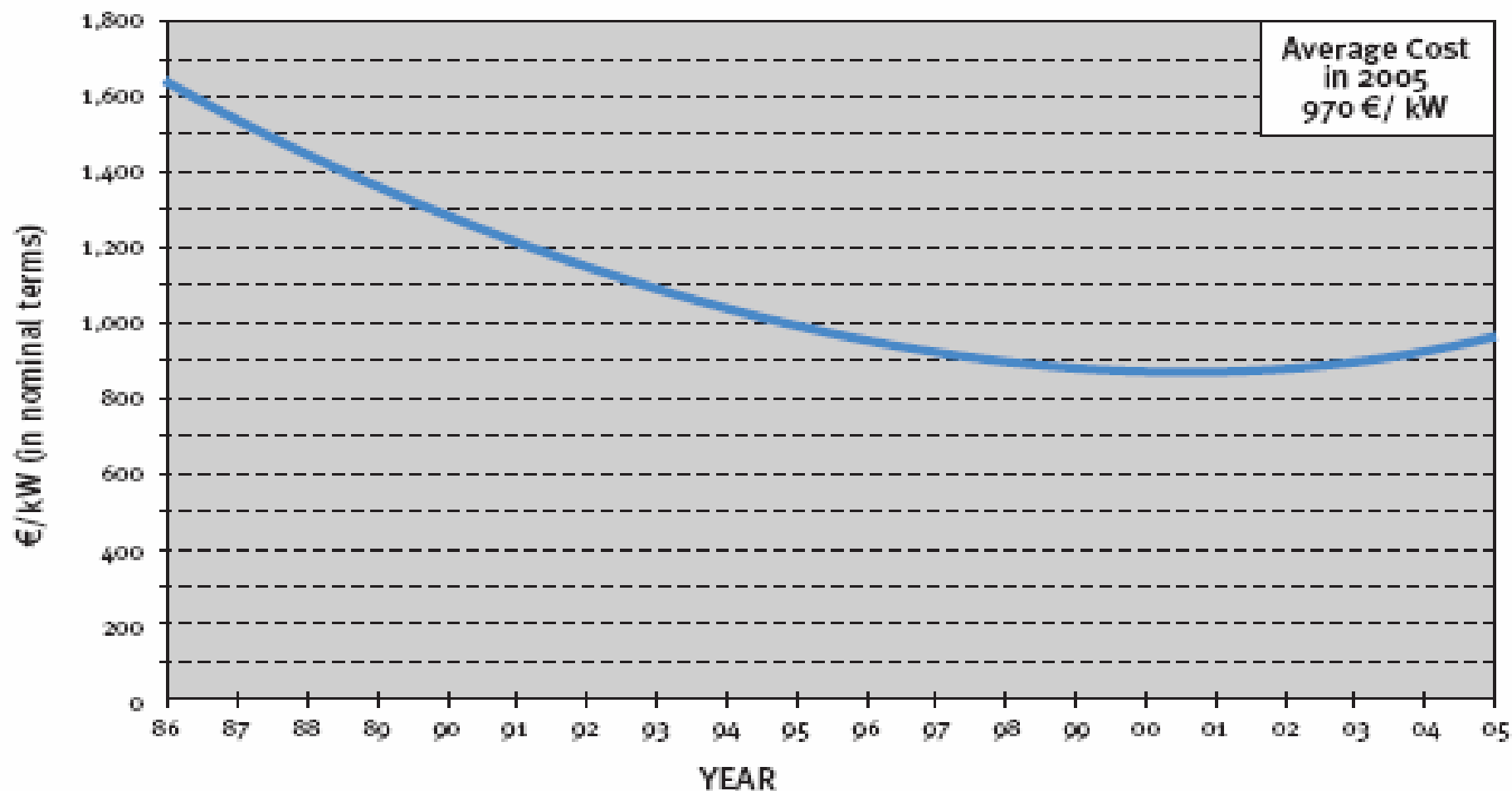
Provisional data

Source: IDAE

Yearly investment in the wind energy sector in Spain



Evolution of cost per kW of installed capacity in Spain (Tendency curve)



Estimated Value for 2005

Source: IDAE



## **Plan Energías Renovables 2005-2010 (26/08/05)**



- **OBJETIVO RENOVABLES 2010**
  - 12,1 % consumo energía primaria
  - 30,3 % consumo eléctrico
  - Inversión Estimada 2005/2010: 23600 M€
  
- **OBJETIVO EOLICA 2010**
  - 20155 MW potencia instalada
  - Desarrollo red transporte
  - Actualizar proced. regulatorios de condiciones acceso a red y operación
  - Centro Operación Régimen Especial
  - Centros Control integradores parques (propietarios, zonas)
  - No apoyos a inversión.

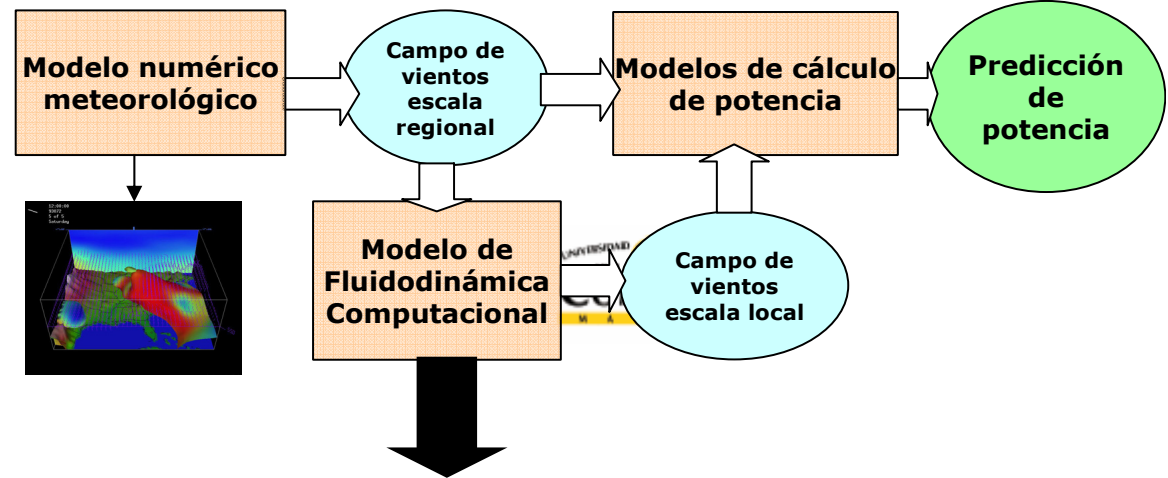


## Marco Regulatorio Español

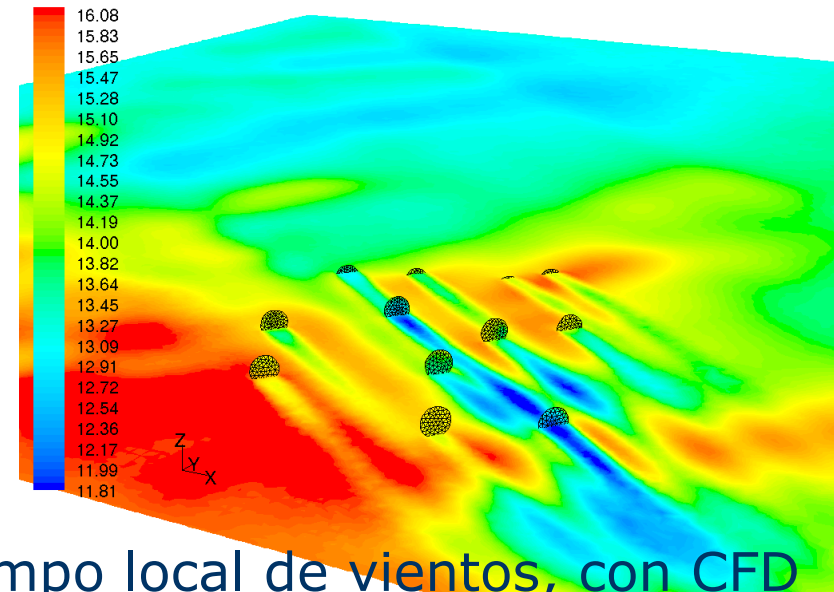


- **Ley 54/1997 del Sector Eléctrico (27/11)**
  - Liberalización Mercado
  - Régimen Especial Renovables (< 50 MW)
  - Acceso Red garantizado. Prima Renovables.
  - CCAA: Competencias territoriales y medioambientales
  
- **Real Decreto 436/2004 Régimen Especial (12/03)**
  - Esquema legal y económico Régimen Especial
  - Sistema Tarifa (precio regulado, mercado)
  - Pago por tarifa eléctrica media anual.
  - Predicción producción (>10 MW) (>01/01/2007). Penalización desviaciones > 20 %.
  - Periodo transitorio parques antiguos

- Predicción de la potencia entregada por parques de aerogeneradores
- Combinación de modelos de predicción numérica del tiempo (NWP) más fluidodinámica computacional (CFD) para el campo local de vientos



Orografía, CFD



Campo local de vientos, con CFD

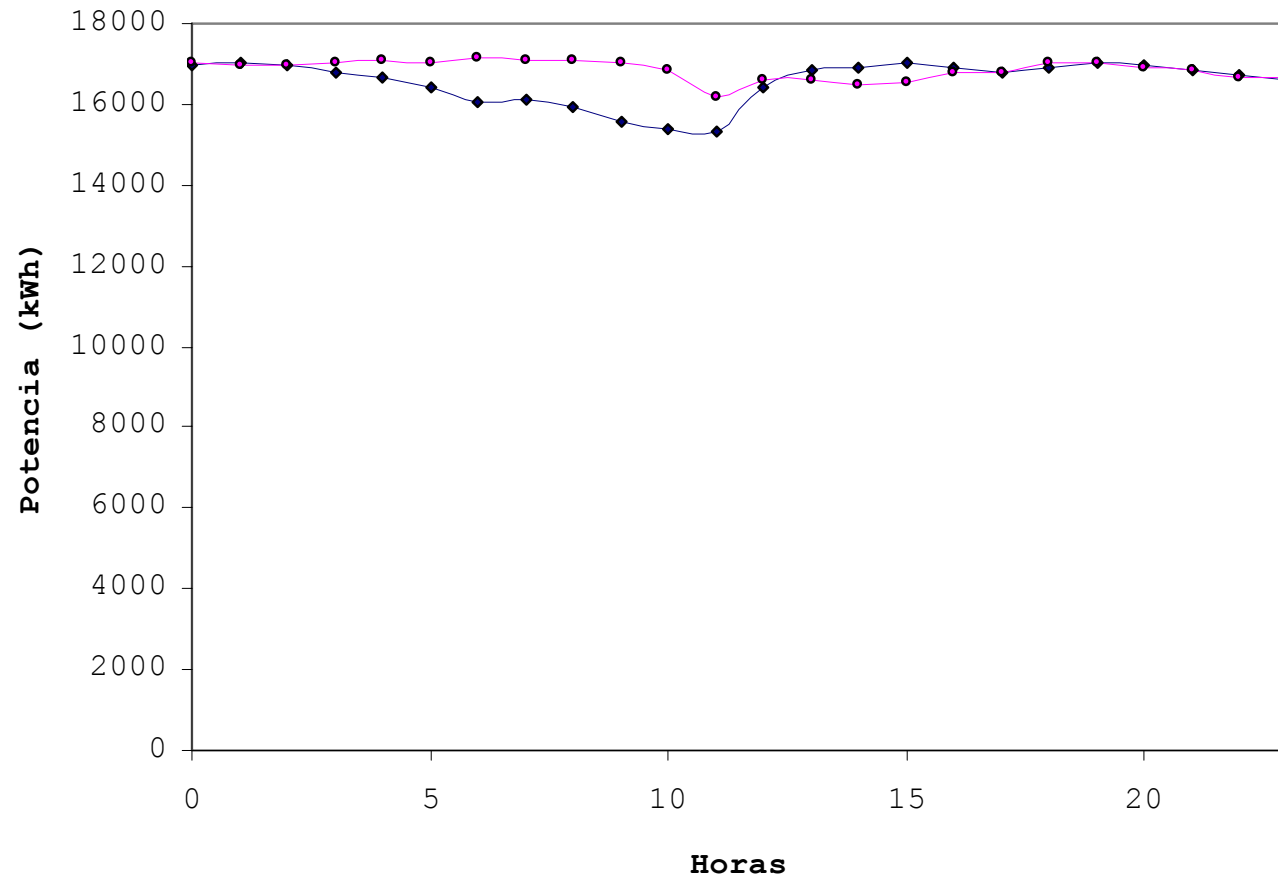


# Predicción de potencia 24h, vientos fuertes y de dir constante



3  
Enero

Error = 1,8%



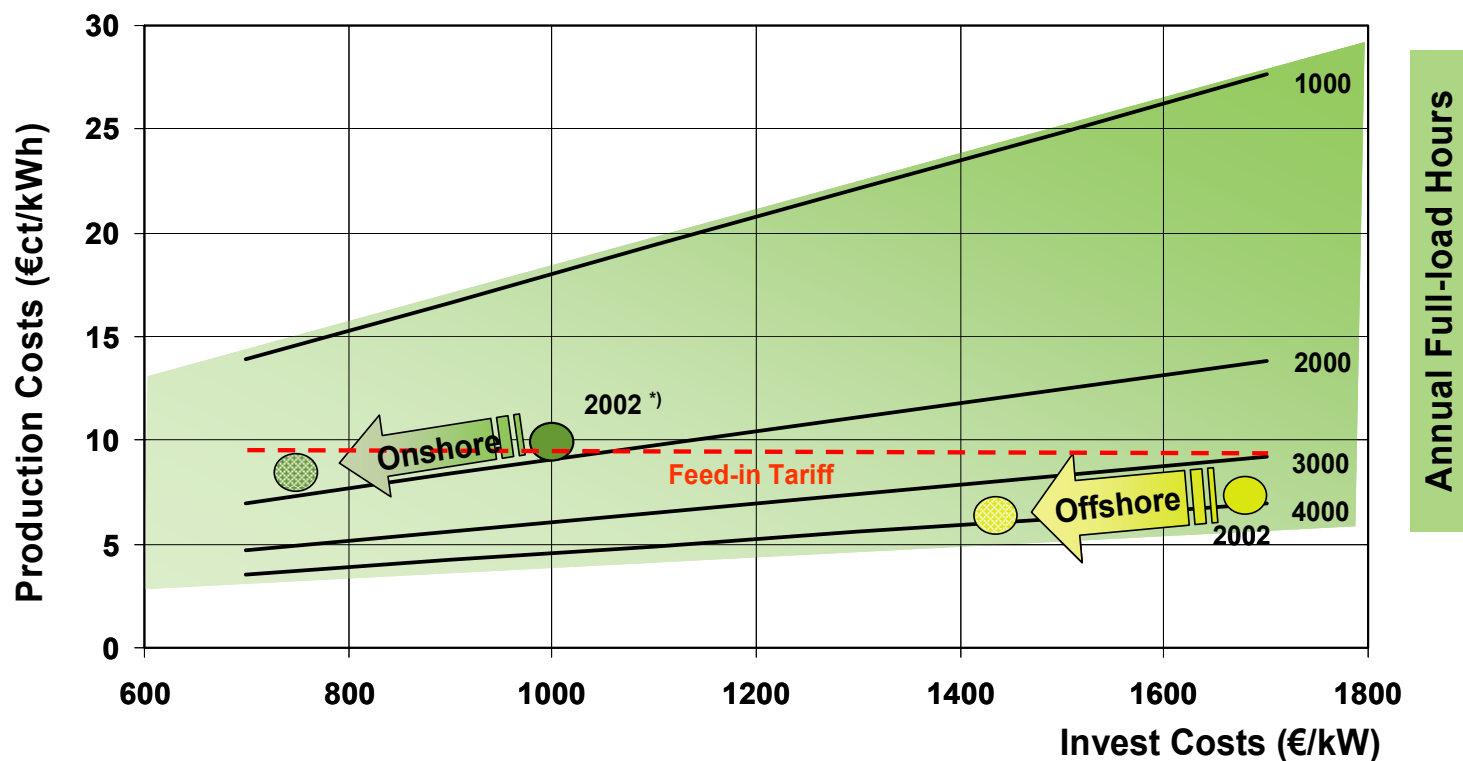
—◆— Potencia predicha —●— Potencia real



## EOLICA MARINA



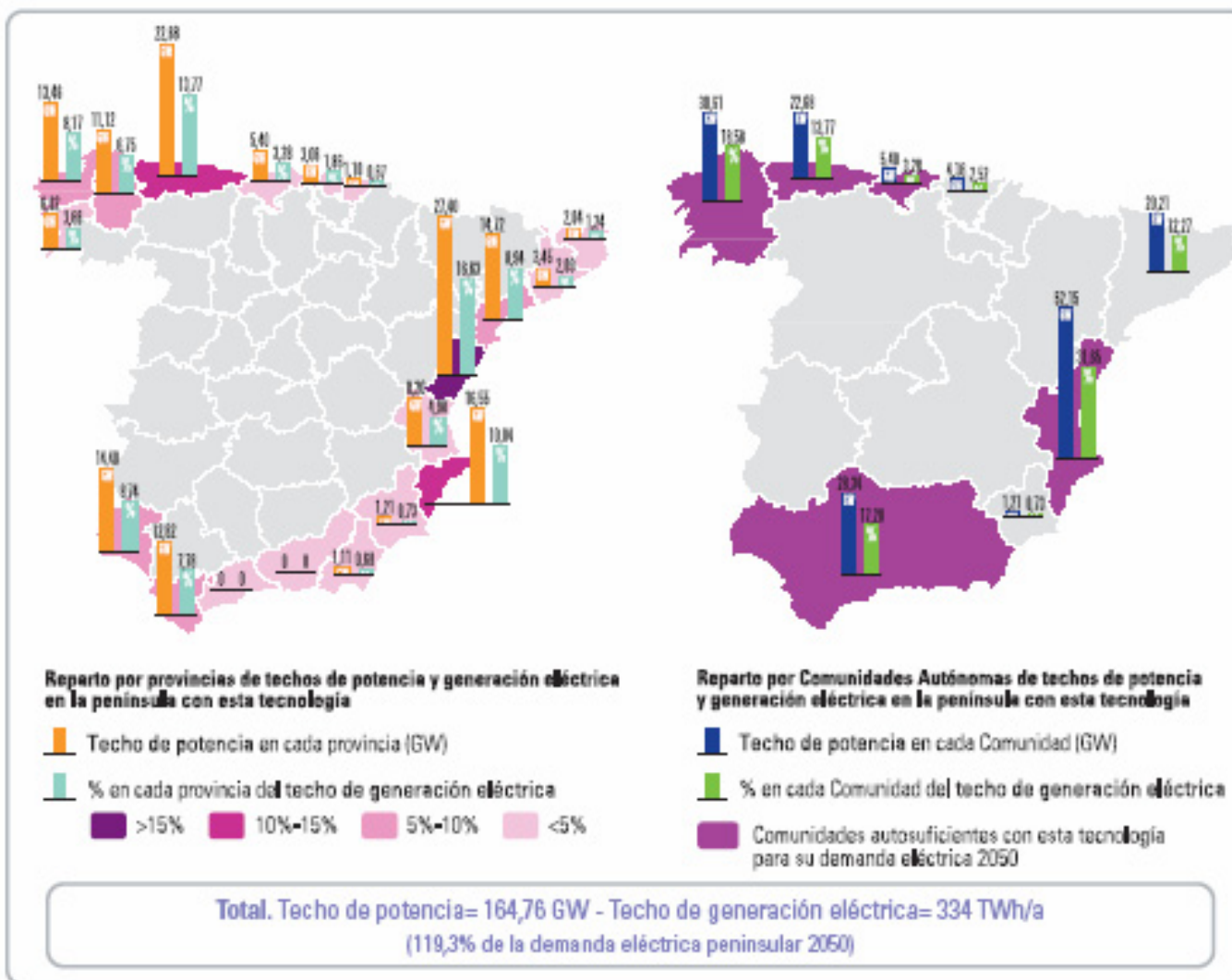
- **+ Velocidad, + Horas, - Turbulencia**
- **+ Espacio disponible, - Impacto visual y poblacional**
- **- Restricciones ambientales (ruido)**
- **Evaluación Potencial difícil**
- **Infraestructura eléctrica a desarrollar**
- **Cara: Cimentación, redes evacuación, acceso, montaje y O&M**
- **Coste crece: Distancia a costa, profundidad**



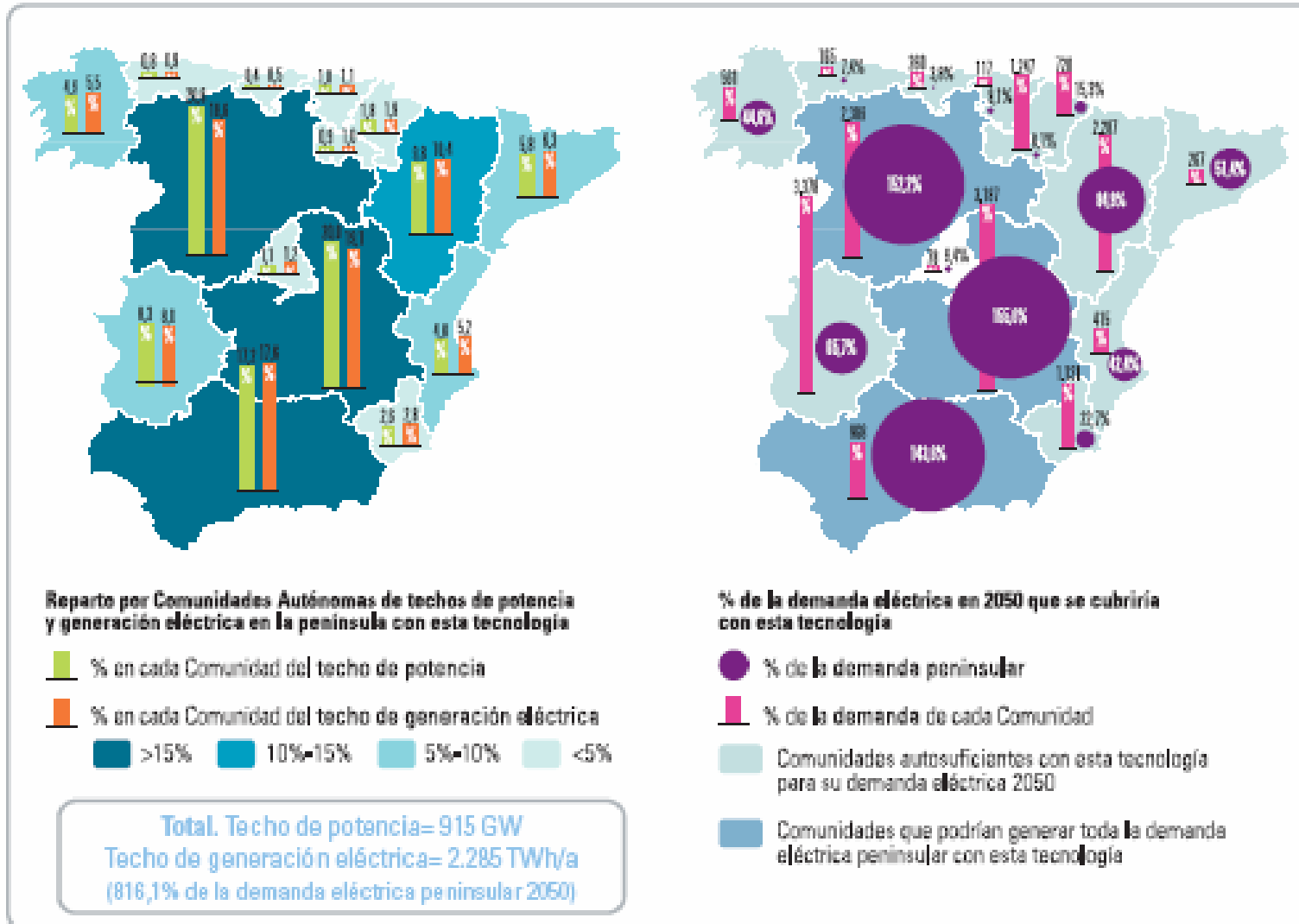
\*) German Conditions: Mean Annual Full-load Hours Onshore 2001: 1880 h/a

Source: Siemens PG, 2003

# EOLICA MARINA. Greenpeace. Potencial.



# EOLICA TERRESTRE. Greenpeace. Potencial.





## **COSTES EXTERNOS (c€/kWh)**



- **Energía Nuclear.....0,2-0,7**
- **Gas Natural.....1,0-2,0**
- **Carbón.....5,0-8,0**
- **Eólica.....0,2**

Barreras	Medidas	Responsable	Calendario
- Infraestructuras evacuación insuficientes.	- Desarrollo redes transporte.	REE	2006-2010
	- Revisión Planificación Sectores Gas y Electricidad.	REE y Ministerio Industria	2006
- Gestión inadecuada producción eléctrica origen eólico.	- Establecimiento centro único operaciones Régimen Especial.	REE y Ministerio Industria	2005-2006
	- Desarrollo centros coordinación parques que agrupen instalaciones misma empresa / ámbito territorial.	REE y operadores	2006-2007
	- Ampliación plazo aplicación incentivo transformación aerogeneradores antiguos.	Ministerio Industria	2005

Barreras	Medidas	Responsable	Calendario
- Apoyo insuficiente Innovación tecnológica.	- Participación pública más activa I+D+i, para desarrollo tecnología nacional.	Ministerio Industria/IDAE y Ministerio Educación Ciencia	2005-2010
- Fiabilidad herramientas predicción eólica.	- Desarrollo herramientas predicción fiabilidad suficiente.	Agentes Sector	2005-2006
- Falta regulación específica instalaciones marinas	- Desarrollo legislación específica.	Ministerios Industria y Medio Ambiente	2005-2006
- Falta tecnología parques marinos, inexistencia parques mar.	- Desarrollo aerogeneradores nacionales condiciones marinas, implantación parques demostración I mar.	Tecnólogos e IDAE	2006-2008

Barreras	Medidas	Responsable	Calendario
- Penalizaciones desvíos venta distribuidor tarifa regulada.	- Modificación RD 436/2004, eliminando desvíos instalaciones tarifa regulada.	Ministerio Industria	2005
- Falta armonización desarrollo normativo ámbito regional.	- Homogeneización procedimientos administrativos CC AA / medioambientales.	CC AA, Ministerios Industria y Medio Ambiente	2005-2010
	- Eliminación moratorias tramitación regiones.	CC AA	2005-2006
- Normativa conexión, acceso red y condiciones operación obsoleta (O.M. 05/09/1985).	- Nuevo Real Decreto Conexión instalaciones régimen especial.	Ministerio Industria	2006

Barreras	Medidas	Responsable	Calendario
- Regulación garantía origen electricidad fuentes renovables.	- Transposición Directiva 2001/77/CE, garantía origen.	Ministerio Industria	2005
- Limitación primas y tarifas actuales hasta 13.000 MW.	- Modificación RD 436/2004, incrementando límite potencia para régimen económico establecido.	Ministerio Industria	2005



# SITUACION ACTUAL



- **Recursos eólicos significativos**
- **Marco regulatorio estable (generación eléctrica)**
- **CCAA: Procedimientos administrativos autorización instalaciones eólicas**
- **Tecnología establecida, experiencia usuarios y economía de escala**
- **Reducción costes construcción/instalación y de O&M.**
- **Rentabilidad razonable**



# CLAVES DE FUTURO



- **Precio a largo plazo garantizado**
- **Desarrollo infraestructuras de red e interconexión internacional**
- **Integración eólica en REE. Contribución a estabilidad. Capacidad predicción.**
- **Procedimientos administrativos + sencillos, rápidos y objetivos**
- **Mejora tecnológica (mayor eficiencia y fiabilidad, menor coste de fabricación)**
- **+ Competitividad internacional y + participación en mercado global**