Coordinado por

LA ENERGÍA EÓLICA EN ALTA MAR (A MÁS DE 25 KM DE LA COSTA): LA EXPERIENCIA INTERNACIONAL

Energía y medio ambiente en el mar.

Emilien Simonot
Secretaría Técnica
stecnica@reoltec.net

Valencia, 20 de Octubre de 2011

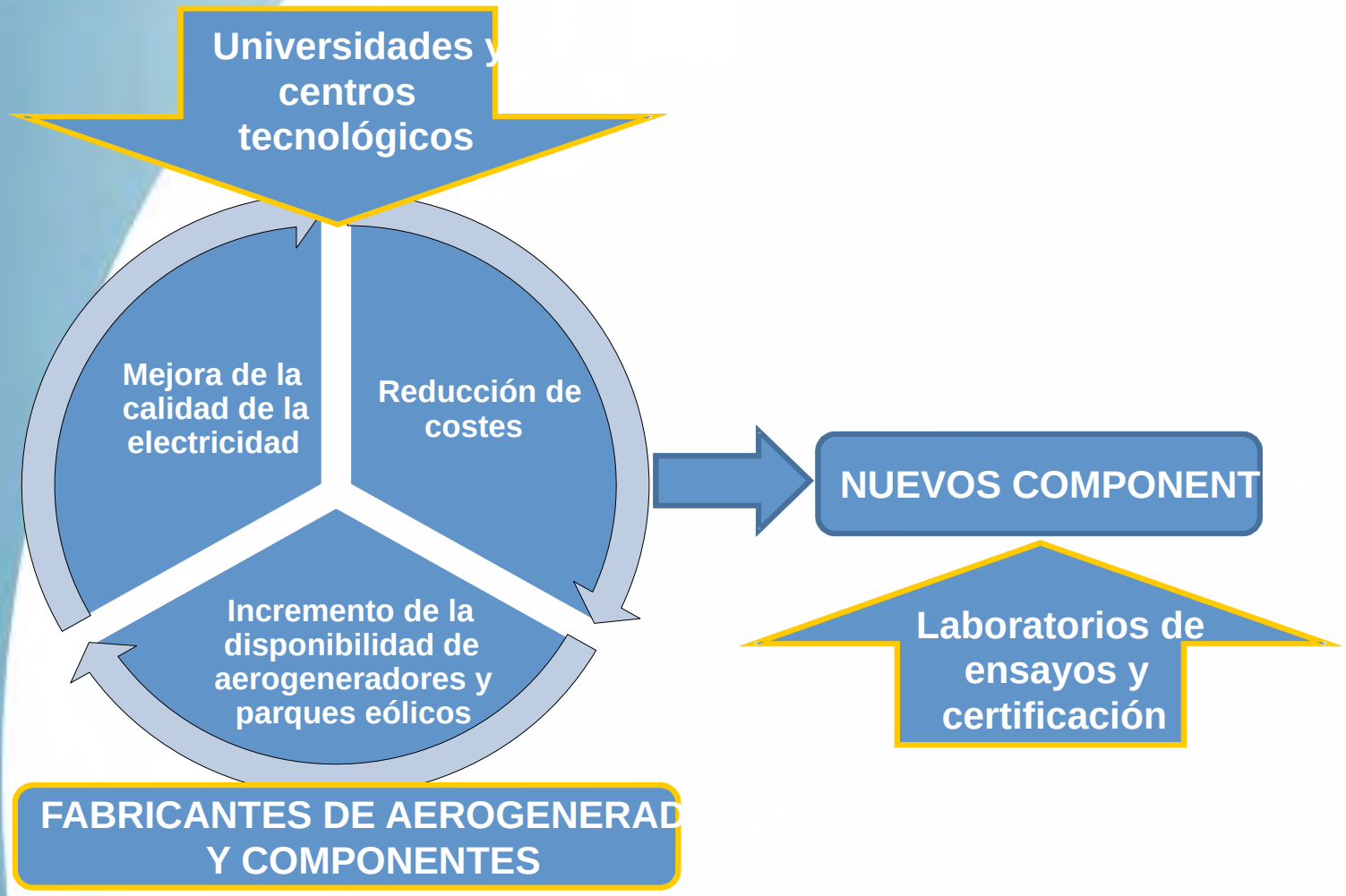
Subvencionado por

FONDO EUROPEO DE DESARROLLO REGIONAL

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN

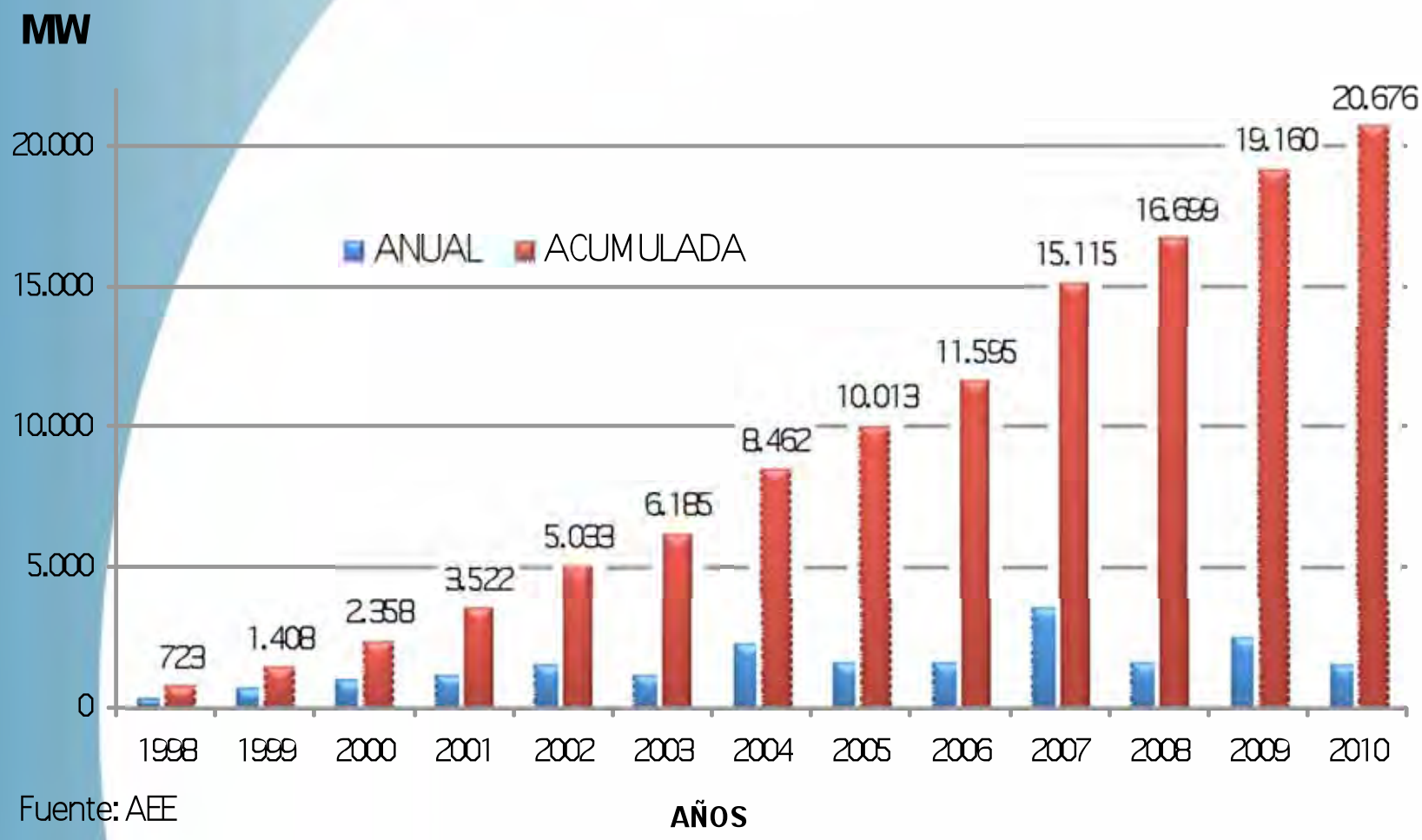
Plan nacional de I+D+i 2008-2011
Subprograma INNFLUYE– convocatoria 2011
Expediente nº: INF-2011-0098-120000

OBJETIVOS ESTRATÉGICOS



CONTEXTO DE FUERTE COMPETENCIA INTERNACIONAL Y DE REDUCCIÓN DE COSTES.

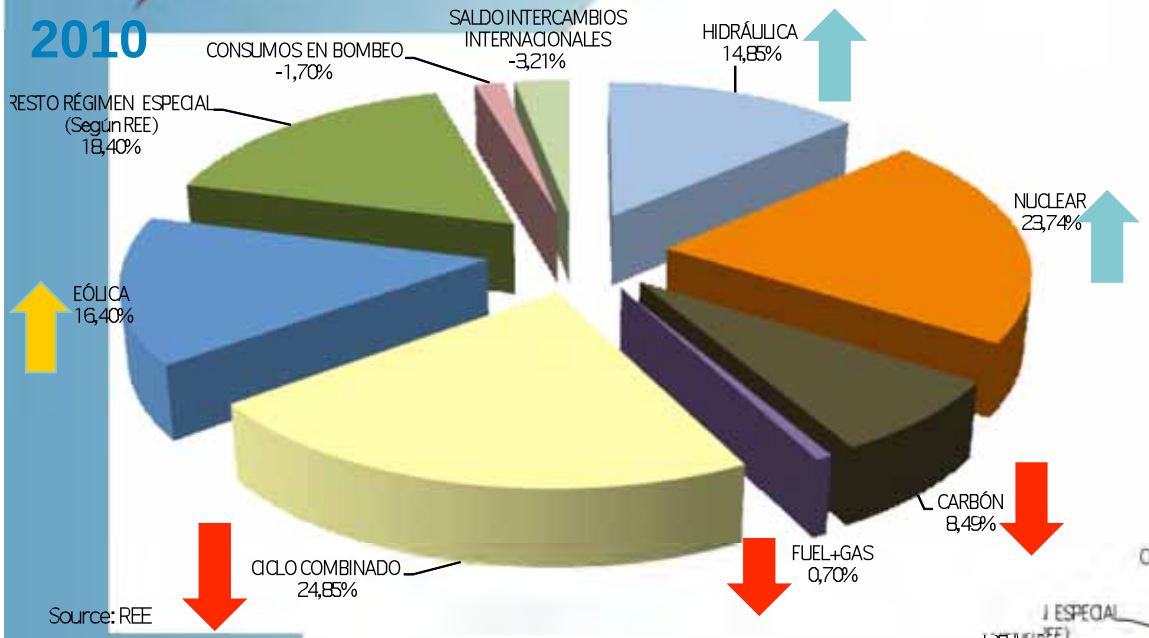
LA POTENCIA INSTALADA EÓLICA EN CONTINUO CRECIMIENTO Y EN LINEA CON LA PLANIFICACION



Fuente: AEE

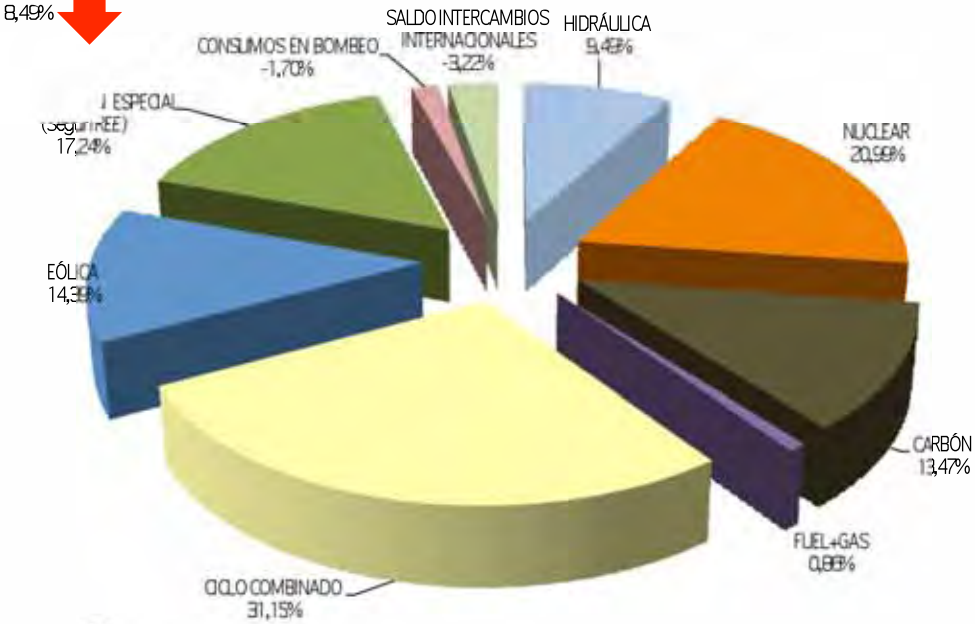
COBERTURA DE LA DEMANDA ANUAL

2010



Source: REE

2009



Source: REE

ESCENARIO DE REFERENCIA PARA EL CRECIMIENTO DE LA ENERGÍA EOLICA

Fuente: borrador del PER 2011-2020, IDAE

LA ENERGÍA EÓLICA EN ALTA MAR (A MÁS DE 25 KM DE LA COSTA): LA EXPERIENCIA INTERNACIONAL

IMPACTO VISUAL

ZONIFICACIÓN DEL MAR

1 milla náutica = 1852 m

370,4 km

44,46 km

22,23 km

Parque eólico a
3
millas de la costa

Fuente Wikipedia

BUENA VISIBILIDAD

Parque eólico a

3

millas de la costa

VISIBILIDAD MALA

Parque eólico a

3

millas de la costa

ZONIFICACIÓN DEL MAR

1 milla náutica = 1852 m

Fuente Wikipedia

370,4 km

44,46 km

22,23 km

Parque eólico a
6
millas de la costa

BUENA VISIBILIDAD

Parque eólico a
6
millas de la costa

VISIBILIDAD MALA

Parque eólico a

6

millas de la costa

ZONIFICACIÓN DEL MAR

1 milla náutica = 1852 m

Fuente Wikipedia

370,4 km

44,46 km

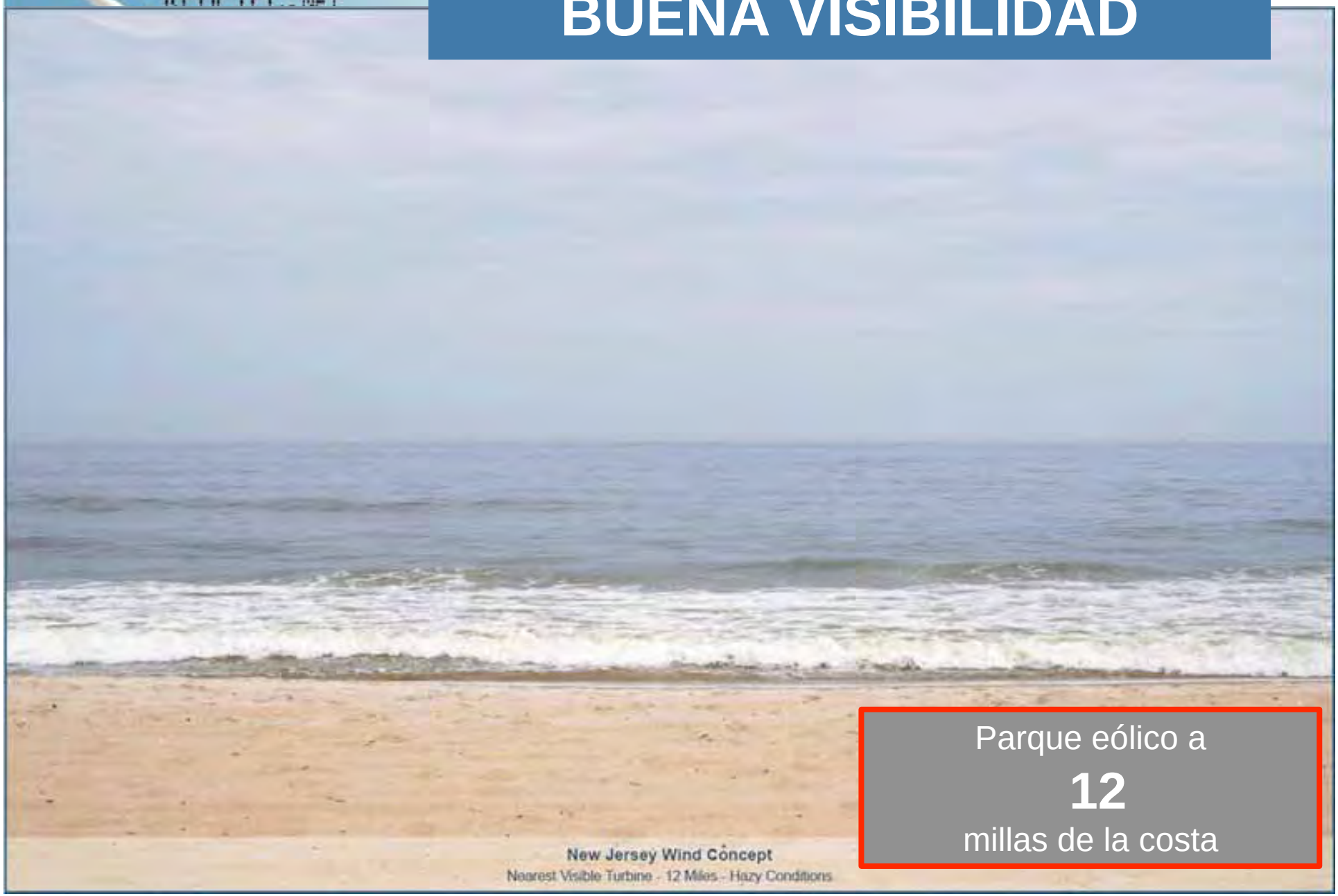
22,23 km

Parque eólico a
12
millas de la costa

VISIBILIDAD MALA

Parque eólico a
12
millas de la costa

BUENA VISIBILIDAD



Parque eólico a
12
millas de la costa

ZONIFICACIÓN DEL MAR

1 milla náutica = 1852 m

370,4 km

44,46 km

22,23 km

Parque eólico a
20
millas de la costa

Fuente Wikipedia

BUENA VISIBILIDAD

Parque eólico a

20

millas de la costa

VISIBILIDAD MALA

Parque eólico a

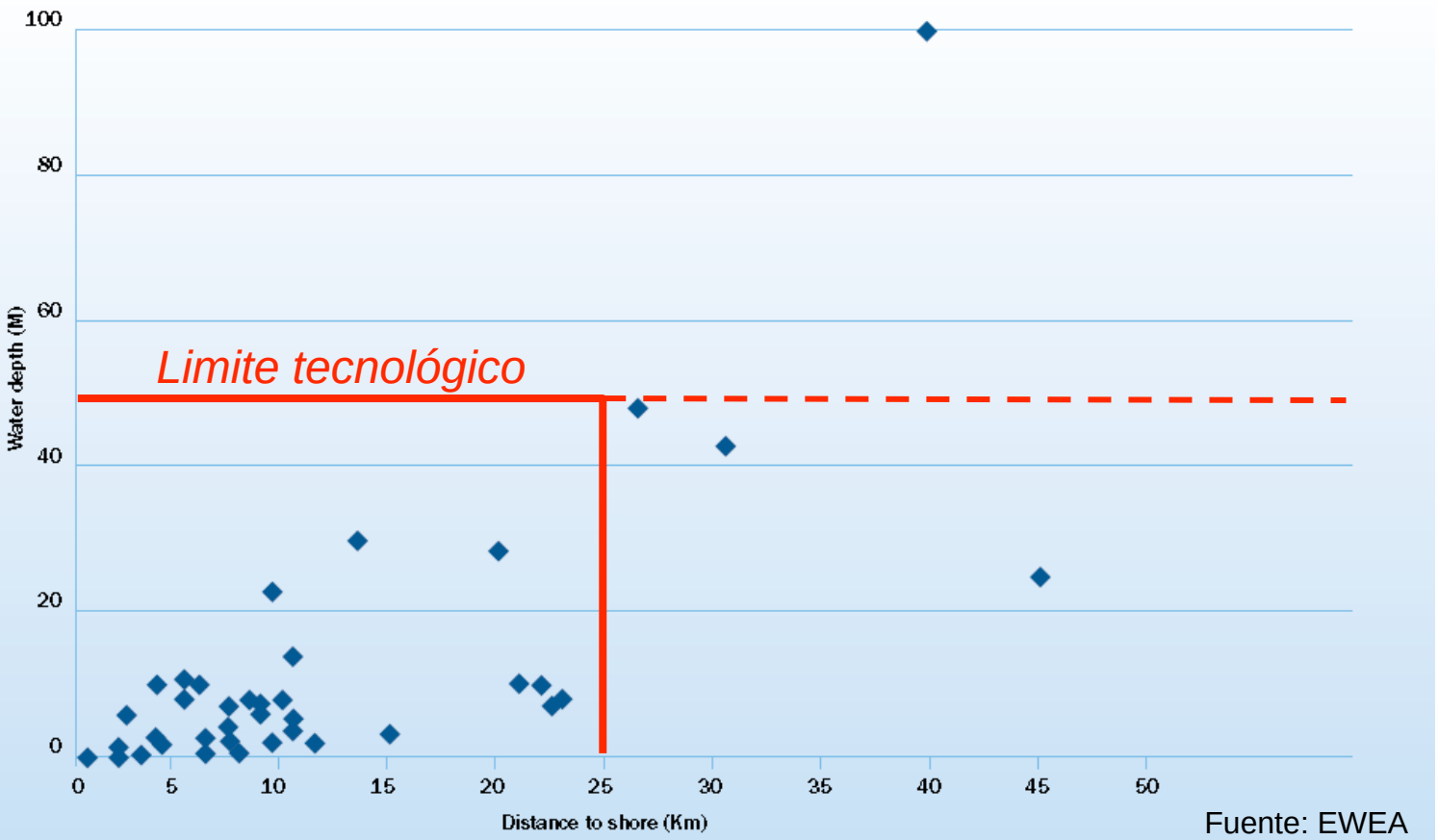
20

millas de la costa

LA EXPERIENCIA EUROPEA

Distancia a la costa y profundidades

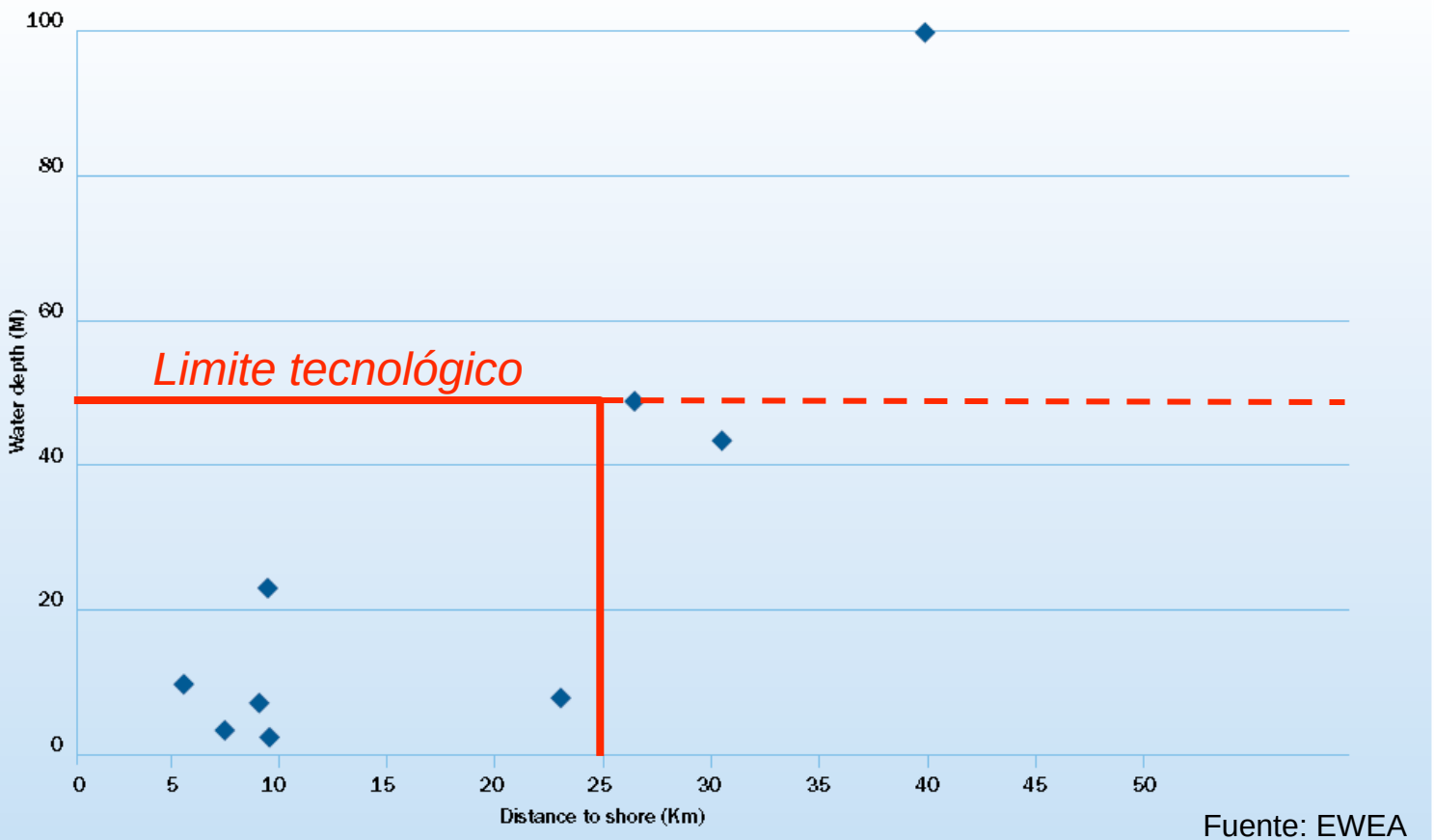
Parques eólicos en operación (antes 2010)



Fuente: EWEA

Distancia a la costa y profundidades

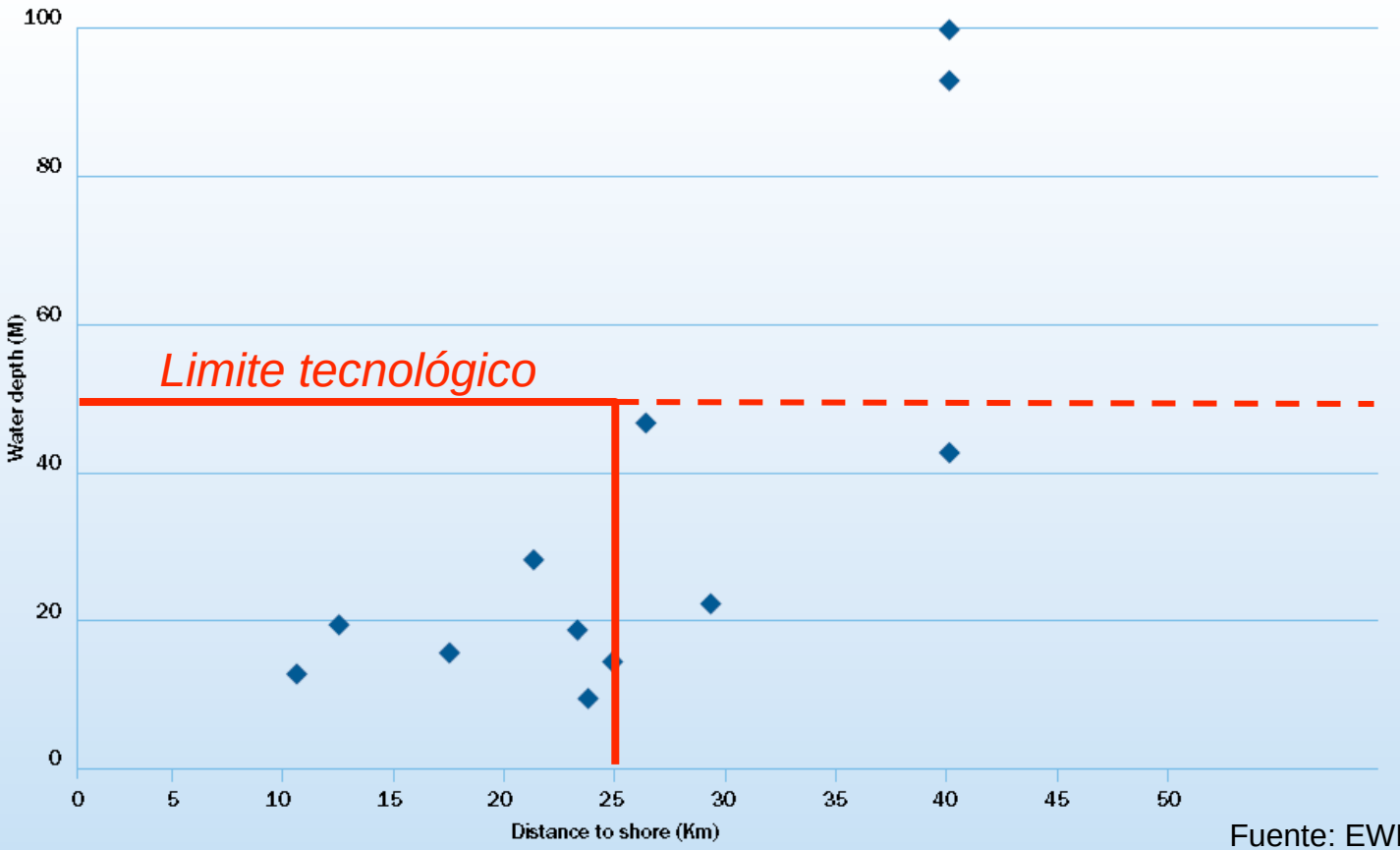
Parques eólicos conectados en 2010



Fuente: EWEA

Distancia a la costa y profundidades

Parques eólicos en construcción



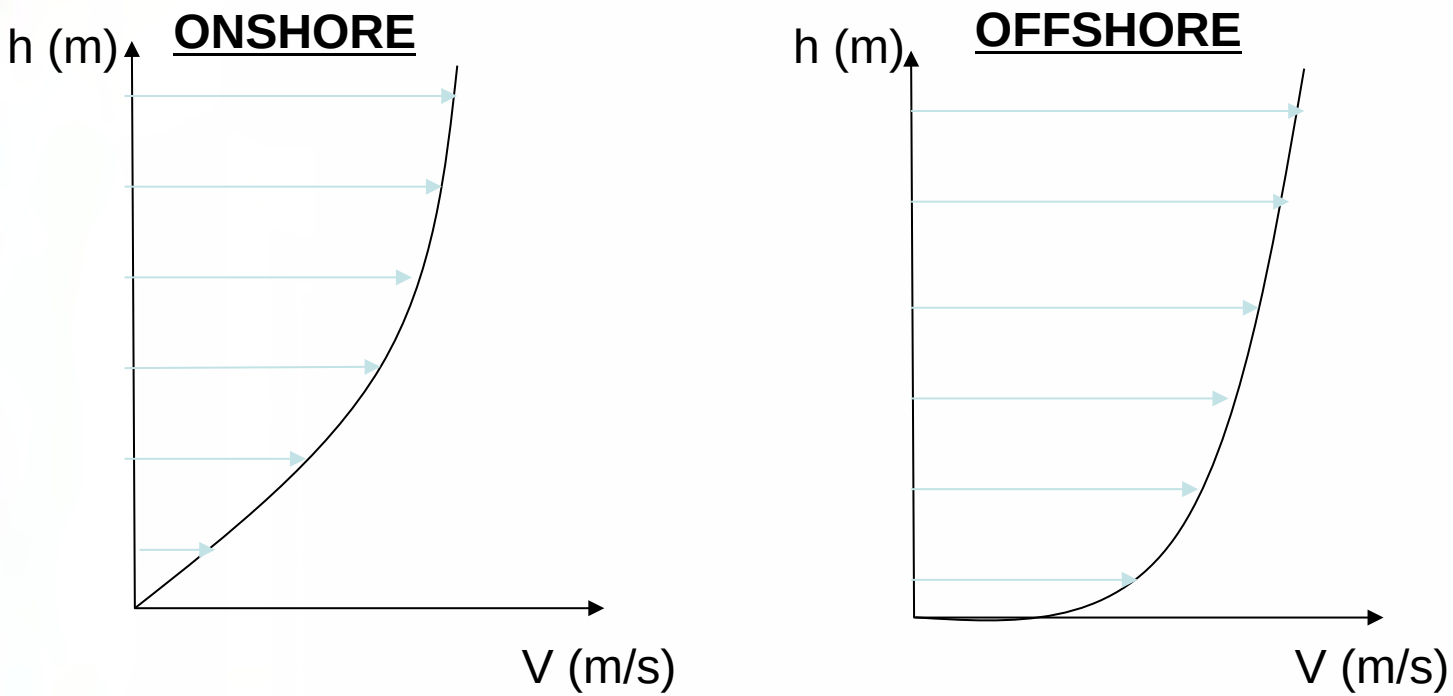
Fuente: EWEA

¿QUE IMPLICA LA EÓLICA EN ALTA MAR?

CALIDAD DEL RECURSO

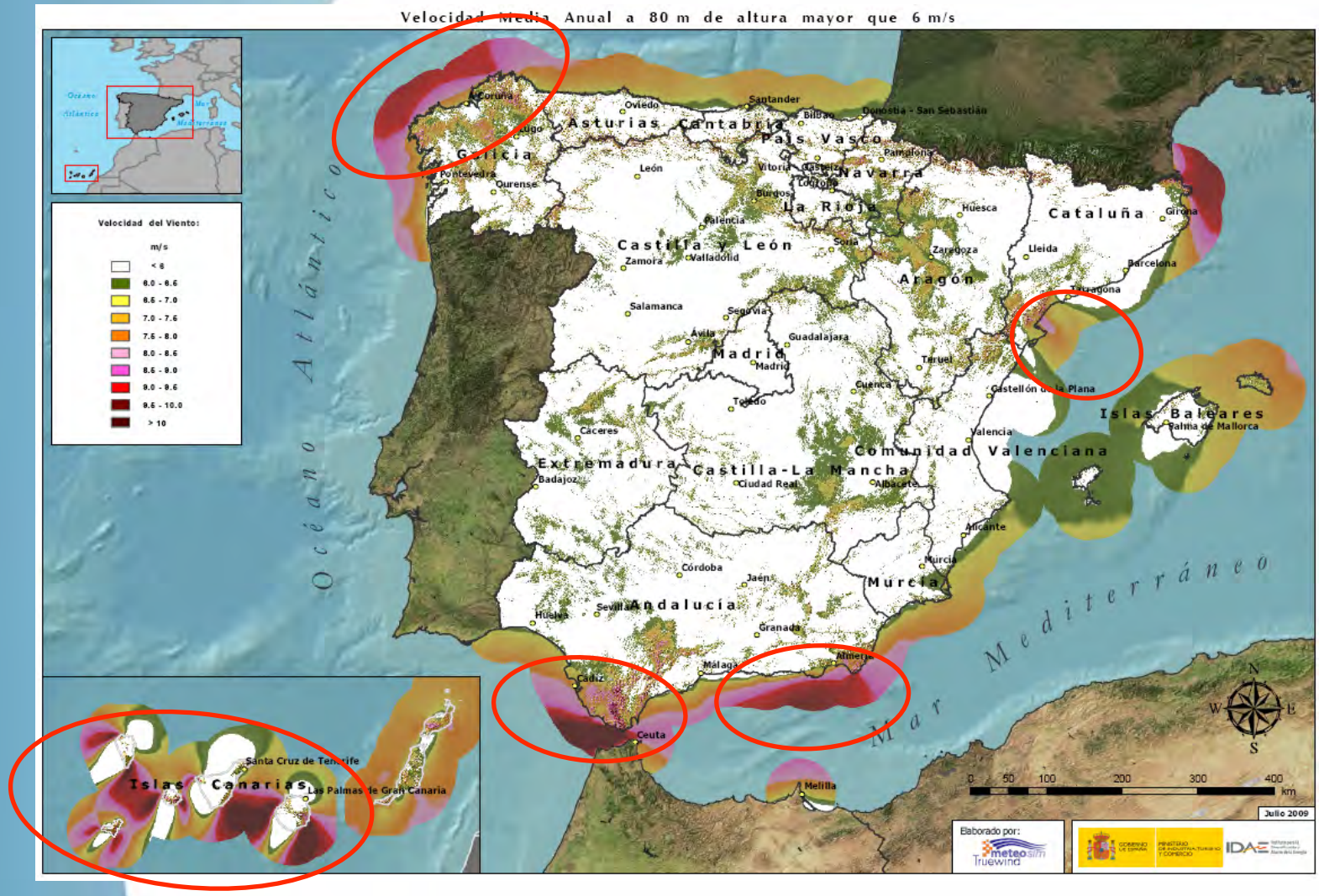
En el mar se dispone de un recurso, en general, de mejor calidad:

- Velocidades de viento más altas que en tierra
- Viento más laminar (no hay rugosidad)
- Horas equivalentes: 3500 a 4000 horas

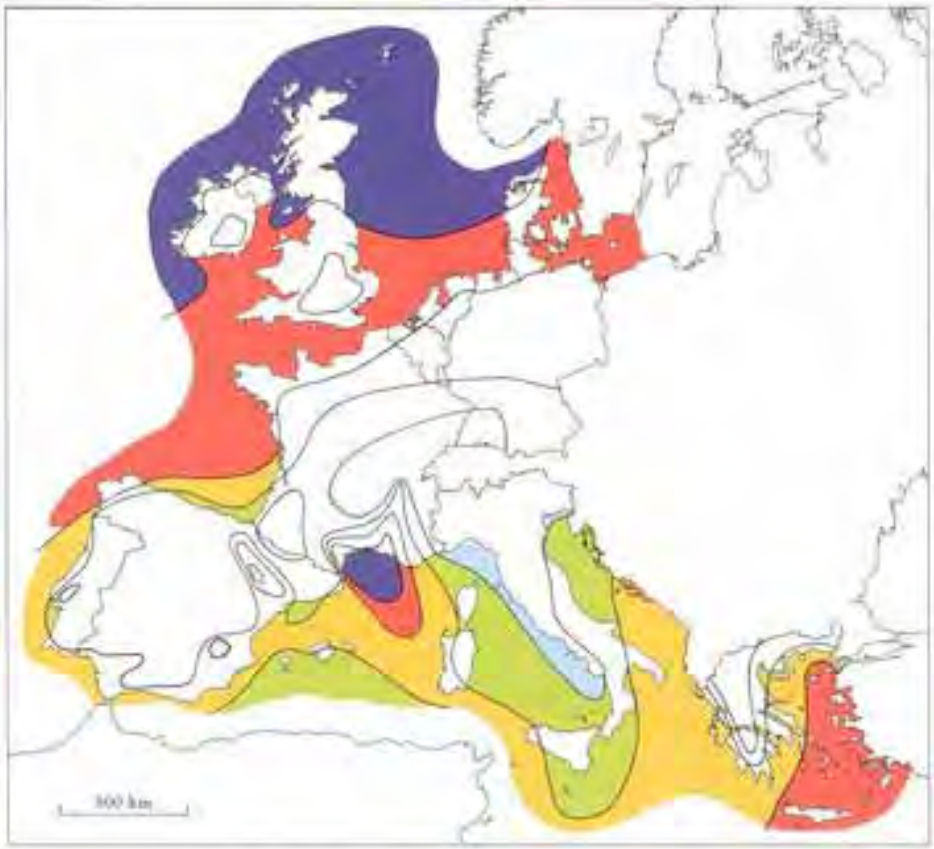


Perfiles verticales tipos de velocidades de viento en tierra (dcha) y en el mar (Izqda).

EL RECURSO EÓLICO



EL RECURSO EÓLICO



Wind resources over open sea (more than 10 km offshore) for five standard heights

	10 m		25 m		50 m		100 m		200 m	
	m s⁻¹	W m⁻²	m s⁻¹	W m⁻²	m s⁻¹	W m⁻²	m s⁻¹	W m⁻²	m s⁻¹	W m⁻²
	> 8.0	> 600	> 8.5	> 700	> 9.0	> 800	> 10.0	> 1100	> 11.0	> 1500
	7.0-8.0	350-600	7.5-8.5	450-700	8.0-9.0	600-800	8.5-10.0	850-1100	9.5-11.0	900-1500
	6.0-7.0	250-300	6.5-7.5	300-450	7.0-8.0	400-600	7.5- 8.5	450- 650	8.0- 9.5	600- 900
	4.5-6.0	150-250	5.0-6.5	150-300	5.5-7.0	200-400	6.0- 7.5	250- 450	6.5- 8.0	300- 600
	< 4.5	< 100	< 5.0	< 150	< 5.5	< 200	< 6.0	< 250	< 6.5	< 300

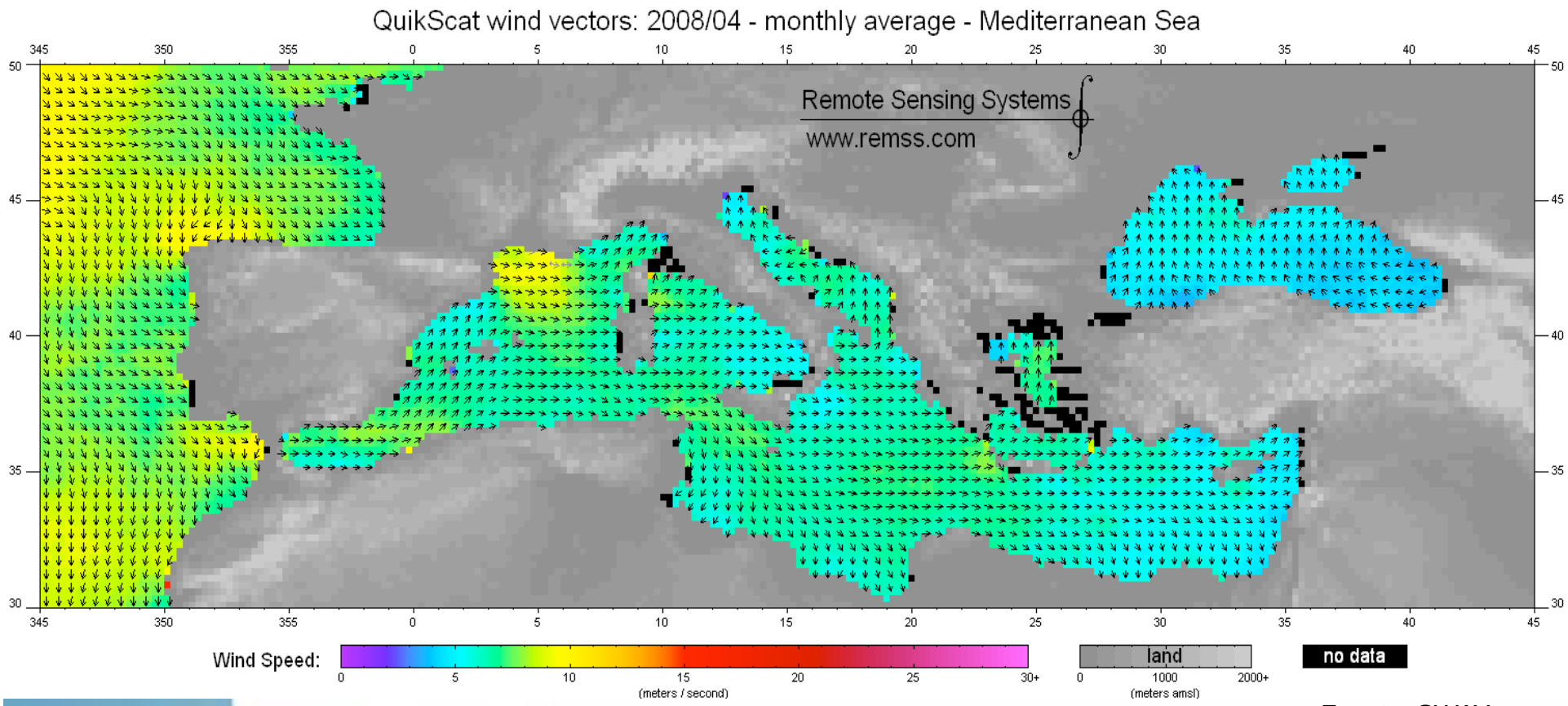
El recurso de mejor calidad esta ubicado principalmente en el norte de Europa:

- **Océano Atlántico**
- **Mar de Irlanda**
- **Mar del Norte**
- **Mar Báltico**

En el mediterráneo, el golfo del León es el mejor emplazamiento.

El desarrollo de parques eólicos marinos en España, con un recurso menor, debe garantizar la viabilidad económica de los proyectos.

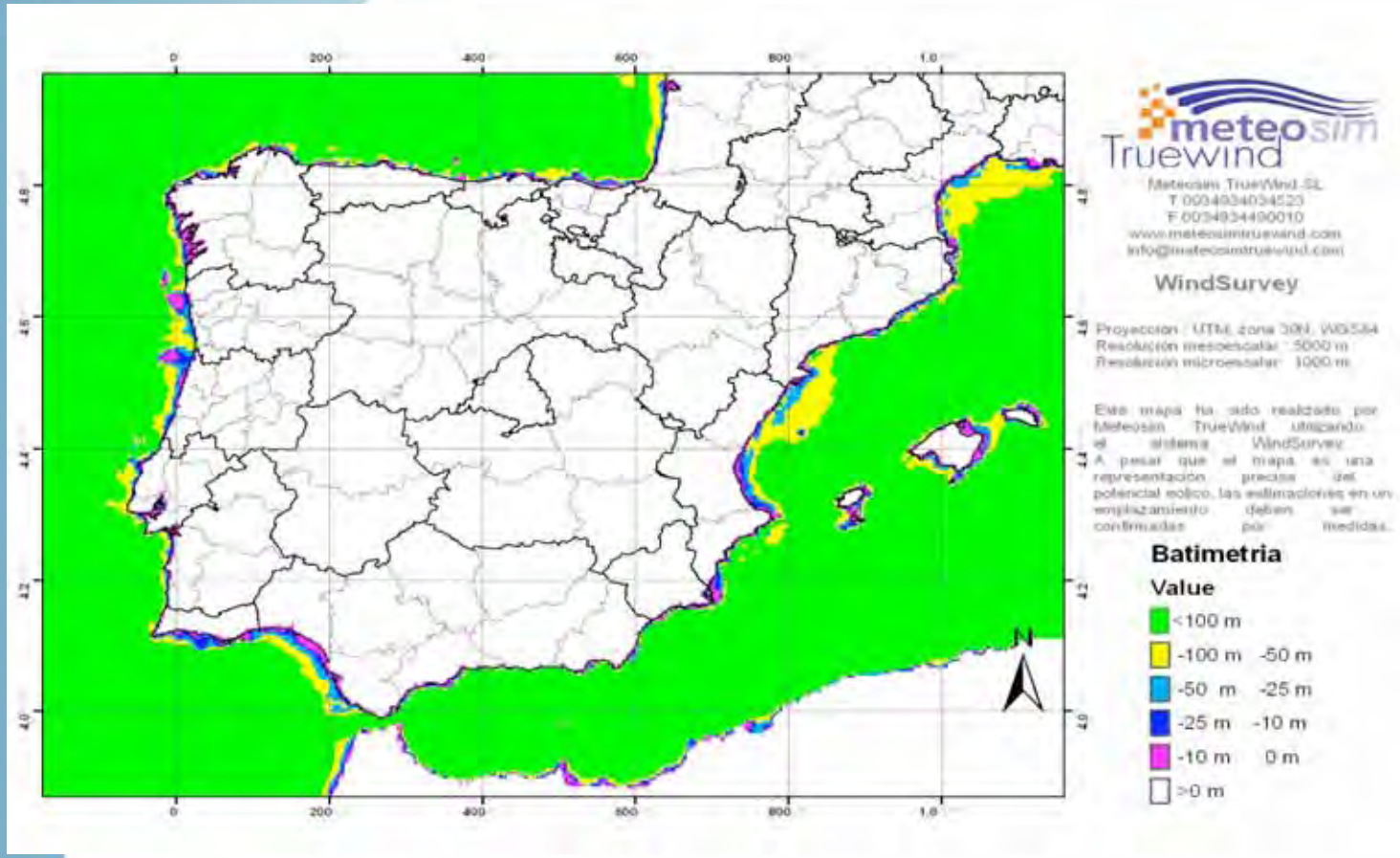
EL RECURSO EÓLICO



Fuente: SWAY

LA VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO AUMENTA CON LA DISTANCIA A LA COSTA

LA BATIMETRIA



- La plataforma continental es inexistente en España a diferencia del Mar del Norte o del Báltico donde se alcanzan profundidades máximas de 60 m
- La tecnología de cimentación en su estado actual no permite la instalación en zonas de gran profundidad (> 100 m).

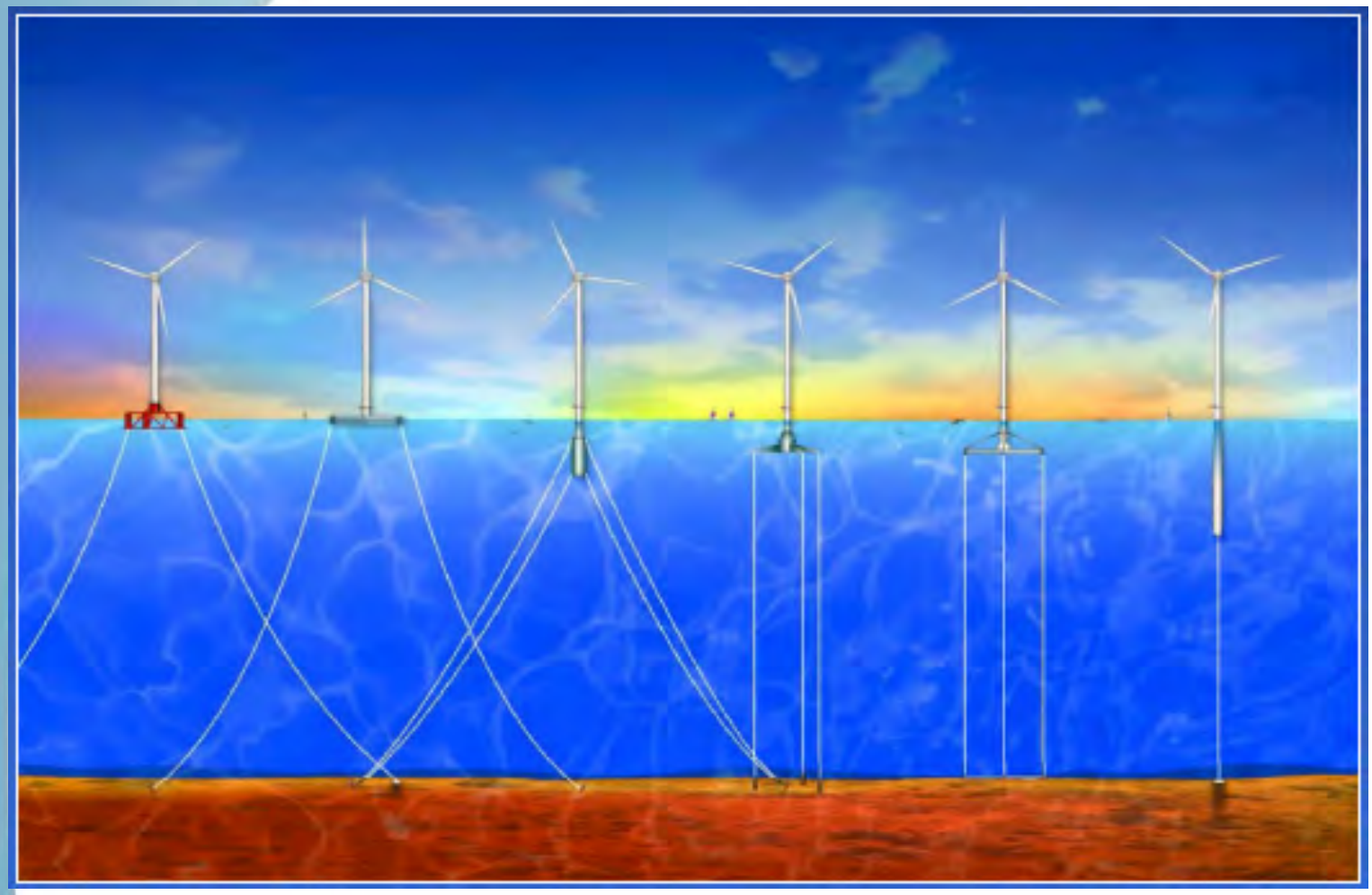
LA BATIMETRIA

CIMENTACIONES OFFSHORE

CIMENTACIONES FIJAS ⇒ HASTA 50 M DE PROFUNDIDAD

Fuente: Proyecto Eolia

CIMENTACIONES OFFSHORE

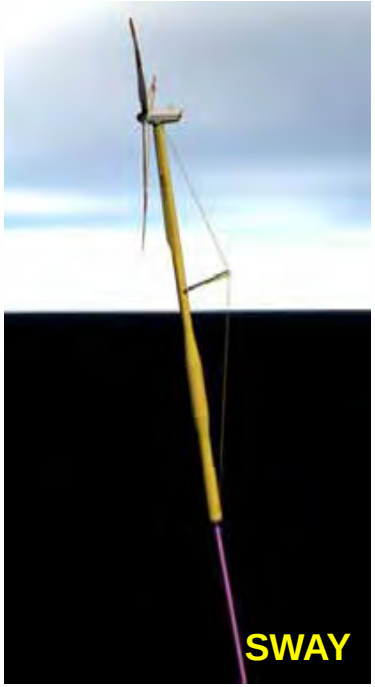


CIMENTACIONES FLOTANTES, SIN LIMITES DE PROFUNDIDAD

Fuente: Proyecto Eolia

AEROGENERADORES FLOTANTES

- BlueH
- Idermar
- Sway
- WindFloat (Principle Power)
- WinFlo
- Nautica WindPower
- Hywind (Único instalado: coste del proyecto: 50 M€)



LOGISTICA DE INSTALACIÓN OFFSHORE

- Grúa (HLV, grúas flotantes…)
- Barcos de transporte (pontonas, cargos…)
- Solución mixta: Jack up

LOGISTICA DE INSTALACIÓN OFFSHORE

Distancia a la costa →

Carga y descarga en puerto	El Jack Up puede realizar todas las tareas	
Transporte		
Montaje		Grúas flotantes o Jack Up

Con el aumento de las distancias, el sobrecoste de las idas y vueltas del puerto al emplazamiento justifica el uso de una flota de buques de transporte.

CONEXIÓN A RED

ALTERNATIVA – HVAC (CORRIENTE ALTERNA)

Características

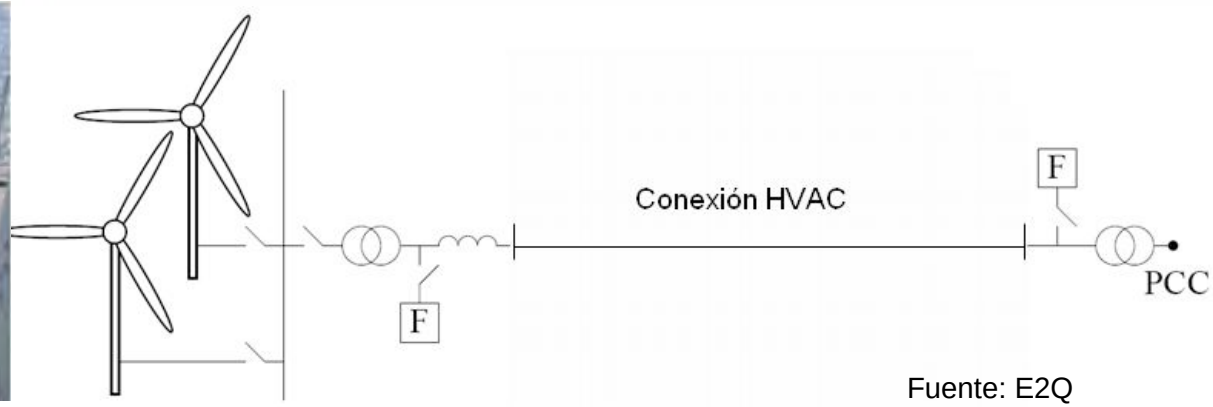
- Distancias a la costa cortas. Baja potencia del parque eólico

Ventajas

- Gran experiencia comparado con HVDC (Corriente continua)
- No se necesita dispositivos de conversión

Desventajas

- Q de cables – requiere dispositivos de compensación externos (STATCOM).



Fuente: E2Q

CONEXIÓN A RED

ALTERNATIVA – HVDC (CORRIENTE CONTINUA)

Características

- Distancias largas y potencias altas
- No produce potencia reactiva

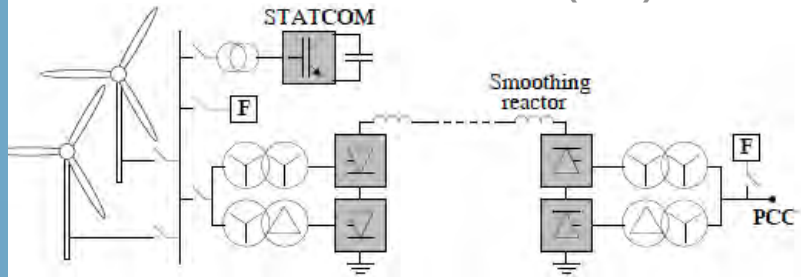
Ventajas

- Posibilidad de variación de frecuencia a nivel de parque y interconexiones asíncronas.
- Controlabilidad
- Impacto ambiental reducido (las líneas necesitan menos espacio para la misma capacidad)

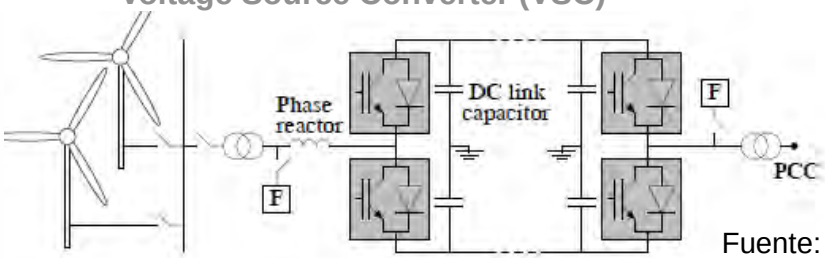
Desventajas

- **Costes altos y falta de experiencia.**

Line Commutated Converter (LCC)



Voltage Source Converter (VSC)

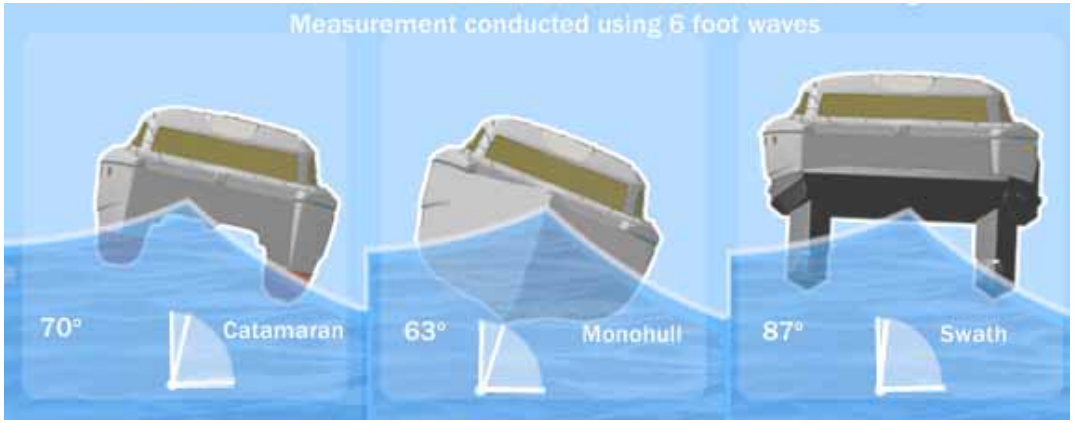


Fuente: E2Q

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Acceso marítimo o aéreo.

Fuentes: Eurocopter



Fuentes: Stability Yatch

Operatividad	Helicóptero	Catamaran	Monohull	Swath
Viento (m/s)	N/A	12	12	20
Altura de ola (m)	N/A	2	1.5	3.3
Velocidad (km/h)	250	52	35	33.5
Coste	++	-	--	+

Fuente: Iberdrola Ingeniería y Construcción

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Fuente: Scottish Power

Fuente: Scottish Power

Fuente: Charlie Fawell

Acceso marítimo:

-Tiempo de transporte y de acceso más largo.

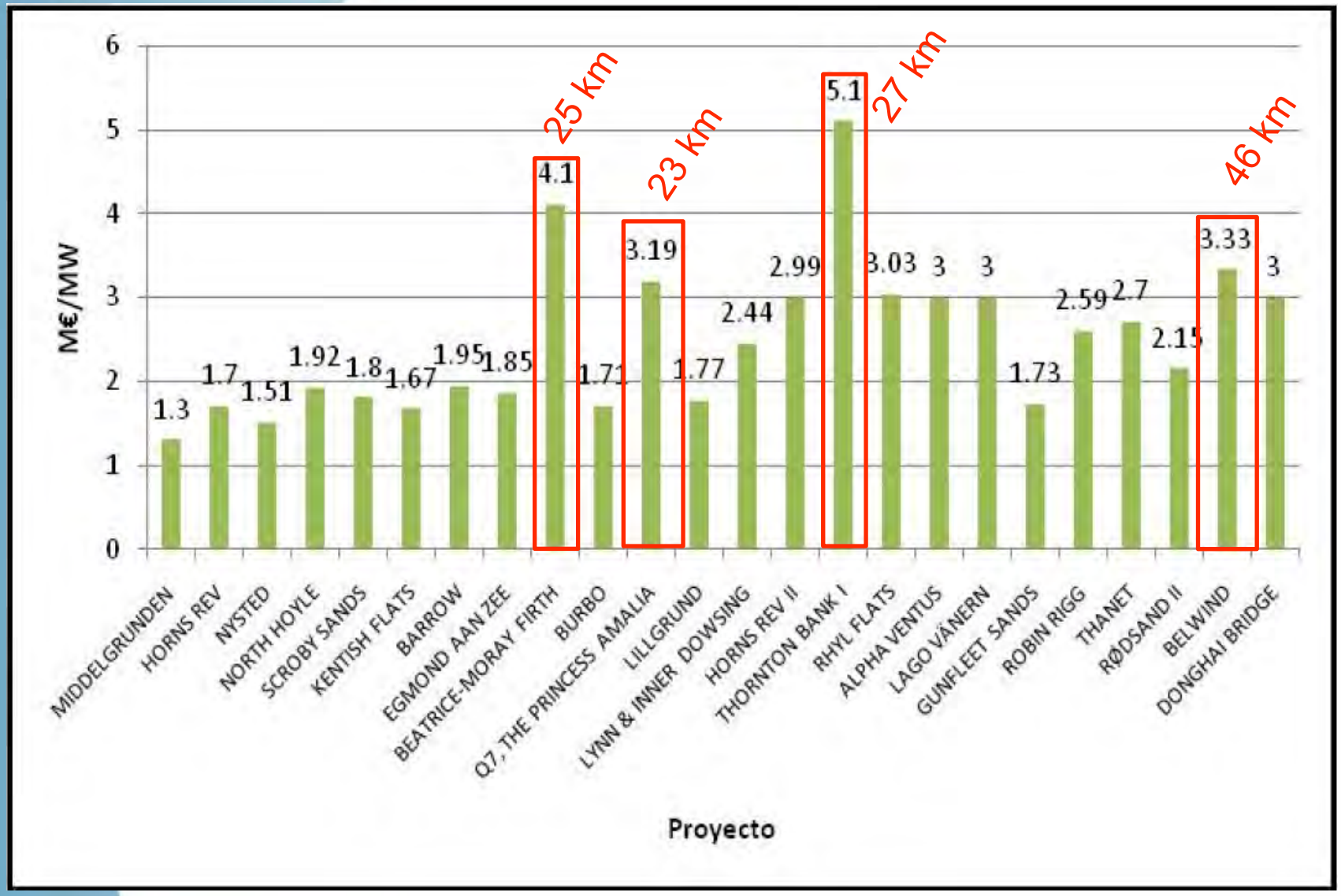
-Necesidad de disponer de técnicos capacitados para trabajar en el mar.

-Diseño de sistemas seguros de traslación del personal de barcos a plataformas.

-Mayor capacidad de transporte de recambios.

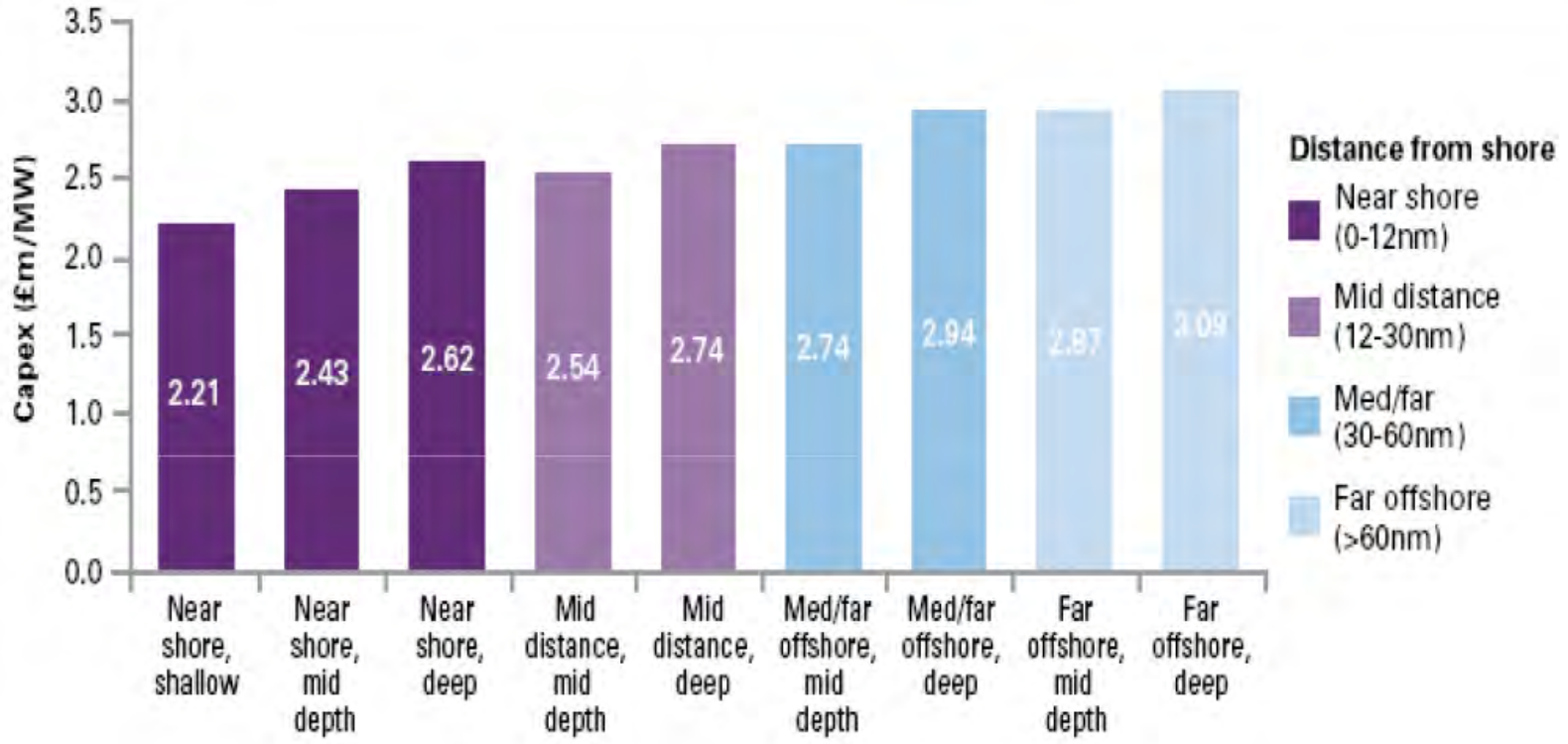
Para instalaciones lejanas: módulos de acomodación:

COSTES DE INVERSIÓN



Fuente: Iberdrola Ingeniería y Construcción

COSTES DE INVERSIÓN SEGÚN DISTANCIA Y PROFUNDIDAD



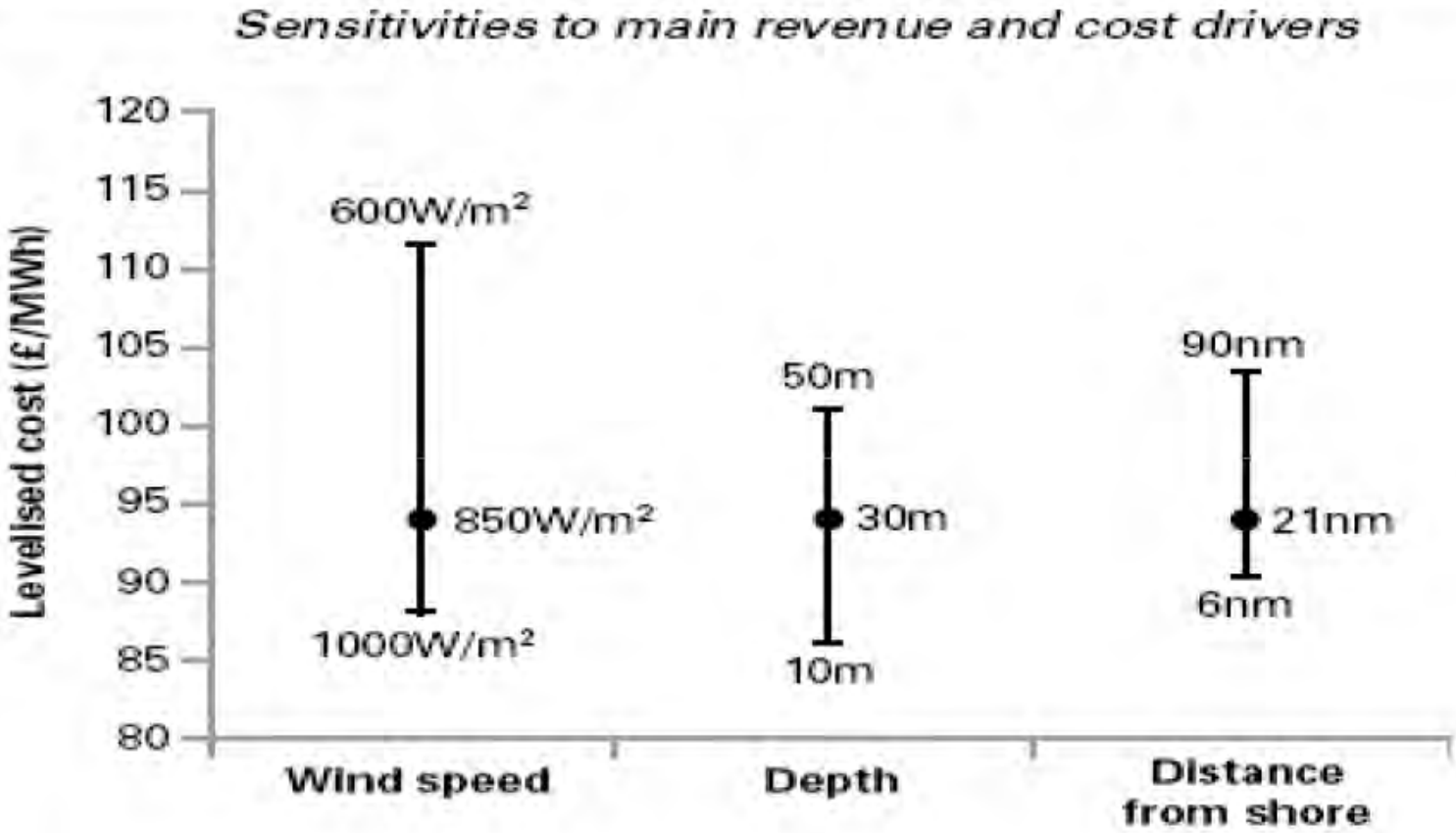
[1] An average offshore wind turbine size of 5MW is expected between 2008 and 2020, assuming current wind turbine sizes of 3MW increase to 7.5MW before 2020.

Note: Capex/MW includes offshore grid connection costs

Source: SKM, BCG analysis

Fuente: Iberdrola Ingeniería y Construcción

ANALISIS DE SENSIBILIDAD



Note: Ranges show the impact of flexing wind power, depth and distance from shore while keeping the other variables constant at the values used to calculate the mid-point levelised cost.

Source: SKM, BCG analysis

Fuente: Iberdrola Ingeniería y Construcción

CONSIDERACIONES FINALES

- La experiencia europea muestra que la eólica en alta mar es:
  - Reducción del impacto visual.
  - Aumento de costes de instalación y operación.
- A nivel español, todavía existen numerosos retos tecnológicos para adaptar los equipos a las condiciones específicas de la costa:
  - Necesidad de desarrollo tecnológico y de centros de pruebas.
  - Clarificación de la ubicación de la eólica marina en la política energética.

REOLTEC.NET
I+D+i PLATAFORMA EÓLICA TECNOLÓGICA

Coordinado por

aee
Spanish Wind Energy Association

MUCHAS GRACIAS.

Emilien Simonot
Secretaría Técnica
stecnica@reoltec.net

Subvencionado por

FONDO EUROPEO DE DESARROLLO REGIONAL
"Una manera de hacer Europa"

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN

Plan nacional de I+D+i 2008-2011
Subprograma INNFLUYE– convocatoria 2011
Expediente nº: INF-2011-0098-120000

LOGISTICA DE INSTALACIÓN OFFSHORE

Alpha Ventus

Rodsan B

BARD WIND LIFT I