GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO

Escuela de organización industrial

ANÁLISIS COMPARATIVO DE IMPLEMENTACIÓN DE UN PARQUE EÓLICO MARINO EN REINO UNIDO Y EN CANARIAS

Antonio Díaz-Hellín Benito

Alberto de la Riva Álvarez

Agustina Peralta

Óscar Déniz Pérez

INDICE

1. INTRODUCCIÓN 5
1.1. Energías renovables. 5
1.2. Isla Energética 6
1.3. Islas Canarias 7
1.3.1. Características generales 7
1.3.2. Formación 8
1.3.3. Marco económico 9
1.3.4. Marco energético 12
1.3.5. Marco político 33
1.3.6. Marco social 35
1.4. Reino Unido 38
1.4.1. Características generales 38
1.4.2. Marco económico 38
1.4.3. Evaluación de riesgos 40
1.4.4. Marco energético 42
1.4.5. Marco político 50
1.4.6. Marco social 53
1.5. Energía eólica offshore 55
1.5.1. Eólica offshore a nivel mundial 55
1.5.2. Evolución histórica 55
1.5.3. Eólica offshore en España 58
1.5.4. Eólica offshore en Reino Unido 60

2. OBJETIVO 63

3. EMPLAZAMIENTOS 63

3.1. GALES 63

3.1.1. Análisis del recurso 64

3.1.2. Batimetría 64

3.1.3. Logística 65

3.2. ISLAS CANARIAS (GRAN CANARIA) 68

3.2.1. Análisis del recurso 68

3.2.2. Batimetría 68

3.2.3. Logística 69

4. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL 73

4.1. Estudio de impacto ambiental Canarias 73

4.1.1. Legislación 73

Organismos afectados 76

4.2. Localización 78

4.3. Alternativas viables 78

4.4. Inventario ambiental 81

4.4.1. Clima 81

4.4.2. Vientos 81

4.4.3. Hidrología 84

4.4.4. Geología y geomorfología 88

4.4.5. Fauna y flora 91

4.4.6. Paisaje 95

4.4.7. Medio socio-económico 96

4.5. Estudio de impacto ambiental en UK 98

4.6. Legislación..... 98

4.7. Localización.....101

4.8. Alternativas viables.....101

4.9. Inventario ambienta.....104

4.9.1. Clima 104

4.9.2. Viento 106

4.9.3. Hidrología superficial.....108

4.9.4. Geología.....112

4.9.5. Fauna y flora.....117

4.9.6. Paisaje.....124

4.10.Acciones y matrices de impacto para ambos proyectos125

4.11.Evaluación de los impactos 130

4.11.1. Ruido 130

4.11.2. Fauna.....130

4.11.3. Flora 131

4.11.4. Paisaje.....131

4.11.5. Hidrología superficial.....131

4.11.6. Geología.....132

4.11.7. Impacto socioeconómico.....132

4.12.Matriz de valoración de impactos 134

4.13.Medidas atenuadoras de los impactos 136

4.14.Plan de vigilancia ambiental.....139

5. DISEÑO DEL PARQUE 165

5.1. Análisis del recurso eólico y características hidrológicas del emplazamiento.....165

5.2. Emplazamiento de las Islas Canarias (Gran Canaria) 166

5.3. Emplazamiento Reino Unido (Gales) 175

6. LAYOUT 186

6.1. Islas Canarias (Gran Canaria) 186

6.2. Reino Unido (Gales).....187

1ª Configuración 187

2ª Configuración 188

7. CIMENTACIÓN 190

8. ANÁLISIS ECONÓMICO-FINANCIERO 201

8.1. Inversión Inicial 201

9. CONCLUSIONES 210

ANEXO I 211

ANEXO II 219

1. INTRODUCCIÓN

La energía es la pieza angular en el desarrollo de la humanidad. Existen numerosos recursos que son aprovechados para conseguirla pero hasta hoy no se ha perseguido su uso razonable.

Es el caso de los recursos fósiles, llamados comúnmente fuentes tradicionales, para los cuales se emplea muchísimo dinero en el estudio en la optimización de aprovechamiento del mismo, se usan de una forma descontrolada sin tener en cuenta el medio ambiente ni su factor de agotabilidad.

A raíz de ésto, se ha evaluado su impacto en el planeta, desarrollando términos como el GEI, que son los gases de efecto invernadero, que evalúa la cantidad de gases enviados a la atmósfera y que contribuyen al llamado efecto invernadero que se manifiesta en el cambio climático.

Por lo que se han creado movimientos sociales cuyo objeto es controlar los abusos del sistema. Se han acentuado sobretodo en el medio ambiente donde ha surgido un término muy importante, la *sostenibilidad*.

Gracias a ello y a una gran evolución tecnológica, así como también un gran apoyo de las instituciones a nivel internacional, han ganado mucho peso las energías renovables que han logrado desarrollarse por todo el mundo.

1.1. Energías renovables.

La característica más importante de esta forma de obtener energía es el aprovechamiento de algo tan trivial como el viento, el sol y el agua. Son las principales fuerzas que dan vida y movimiento a la tierra, que han sido aprovechadas durante décadas por la humanidad: los barcos de vela, molinos tanto de viento como hidráulicos para moler grano... Pero esta forma no es la única para aprovechar los recursos que nos rodean.

A raíz del uso abusivo de las fuentes tradicionales de energía, surge la necesidad de avanzar tecnológicamente con las energías renovables.

Actualmente podemos encontrar diferentes tecnologías, las más importantes son las siguientes:

- Eólica
- Geotérmica
- Hidroeléctrica
- Mareomotriz

- Solar
- Undimotriz
- Biomasa y biocombustibles
- Pilas de combustible

Nos damos cuenta de la importancia de las mismas debido al marco actual en el que se encuentran: protocolos como el de *Kyoto*, el plan 20-20-20 de la unión europea e infinidad de incentivos propuestos en los diferentes países para promocionarlas.

Son un elemento muy importante para países energéticamente dependientes además de proporcionar una diversificación en el mix energético de los mismos.

1.2. Isla Energética

Se denomina isla energética, al país, territorio, etc. que por su situación no es posible su conexión a otros países productores de energía, pudiendo ser respaldada en caso de demanda de la misma. Así mismo podríamos añadir a este concepto directamente aquellas áreas donde su demanda de energía es mayor a la que pueden producir por sus propios recursos, por lo que necesitan importarlos.

Este término es el más importante del presente proyecto, donde se va a evaluar UK y las Islas Canarias.

En ambas islas se está promoviendo el uso de las energías renovables, dejando así la dependencia de los recursos tradicionales.

1.3. Islas Canarias

1.3.1. Características generales

El archipiélago Canario se compone principalmente por 7 islas y 4 islotes (de Oeste a Este, El Hierro, La Gomera, Tenerife, Gran Canaria, Fuerteventura y Lanzarote).

Ocupa un área total de aproximadamente de 7500 m^2, cuenta con una población total de 2.218.344 Habitantes. Su economía se basa principalmente en el turismo debido a su gran interés paisajístico y geológico: posee cuatro parques nacionales, el reconocimiento de la Unesco de varias islas como "Reservas de la biosfera" y zonas declaradas Patrimonio de la Humanidad.

Islas	Superficie (Km^2)	Altitud Máxima (metros)
Lanzarote	845,94	671 (Peñas del Chache
Fuerteventura	1.659,74	807 (Jandía)
Gran Canaria	1560,10	1.949 (Pico de Las Nieves)
Tenerife	2.034,38	3.718 (Teide)
La Gomera	369,76	1.487 (Garajonay)
La Palma	708,32	2.423 (Roque de Los Muchachos)
El Hierro	268,71	1.501 (Malpaso)

Tabla 1: Islas Canarias

Figura 1: Islas Canarias

En cuanto a su localización, se sitúan en el Océano Atlántico a 100 km al Oeste de la costa Africana y a unos 1400 km hacia el Sur de la costa Española (*Coordenadas: 28°06'N 15°24'O).*

Es uno de los lugares a nivel internacional más estudiado debido a su interesante actividad volcánica (junto a las islas Haití) donde la comunidad científica no ha llegado a un acuerdo total en cuanto a su formación.

1.3.2. Formación

En la actualidad, ha quedado demostrado que Canarias tiene origen volcánico.

Las teorías científicas sobre el origen del archipiélago canario surgen en la década de los sesenta de forma paralela al desarrollo de la teoría actual de la tectónica de placas.

La primera de ellas desarrollada en 1971 por varios científicos, Morgan (1971) y Wilson (1973), se trata de la teoría del punto caliente, que consiste en una teoría donde refleja que el origen de las islas no tienen relación con los bordes de placas litosferas, sino que están formadas a partir de un punto caliente, o *hot spot*, fijo en el manto a una mayor profundidad que las placas litosferas. De este foco caliente se produce la continua emisión de magma que asciende y forma las islas. Al ser un punto fijo en el manto, sumándole el movimiento de Oeste a Este de la placa africana va formando las diferentes islas, siendo la más antigua la más alejada del punto caliente.

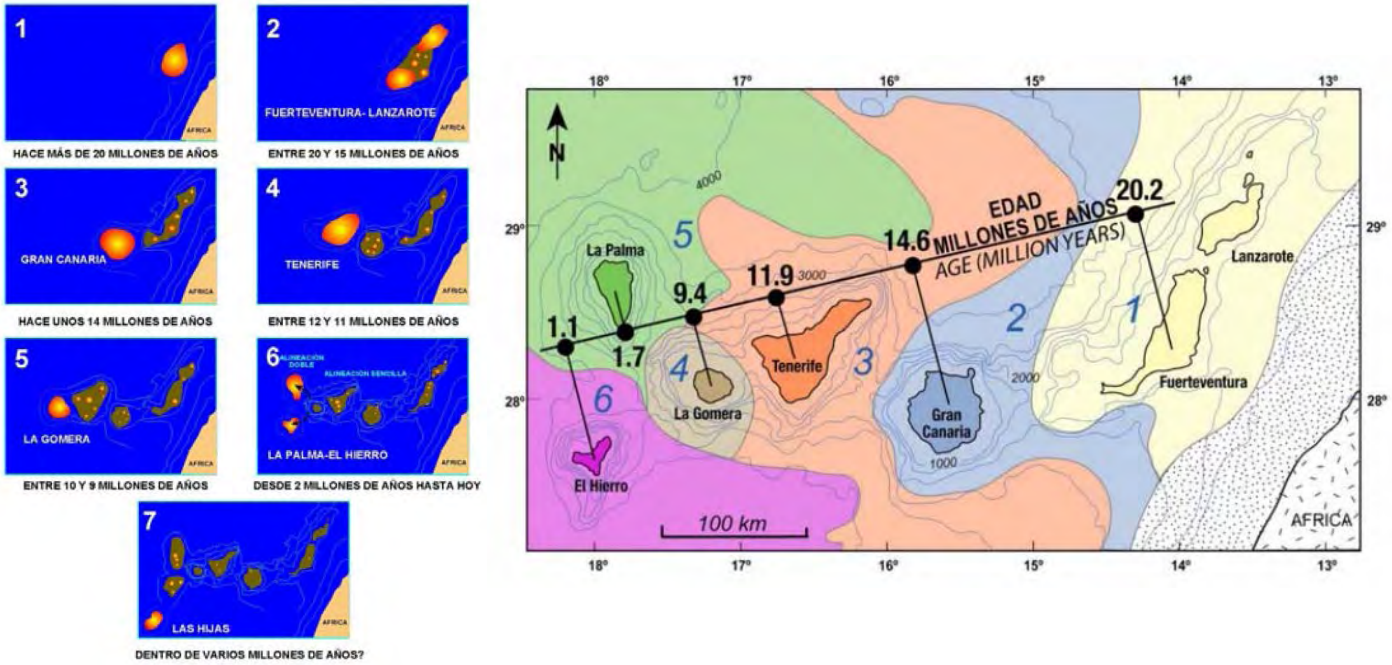


Figura 2: Formación Islas Canarias "Hot Spot"

La segunda de ellas, la más reconocida, se trata de la Teoría de los bloques levantados propuesta por Araña Saavedra y otros en 1976. Según esta hipótesis las islas se formarían hace 40 millones de años debido al choque entre la placa africana y la euroasiática, con un movimiento de compresión durante la orogenia Alpina. Luego, mediante la compresión de estas placas se levantaron diferentes bloques, donde una vez cesó esta fuerza de compresión ascendió el magma a través de las grietas y fracturas formadas entre bloques donde se originó en una primera fase de vulcanismo submarino el complejo basal y una fase de vulcanismo subaéreo, hace aproximadamente 20 millones de años.

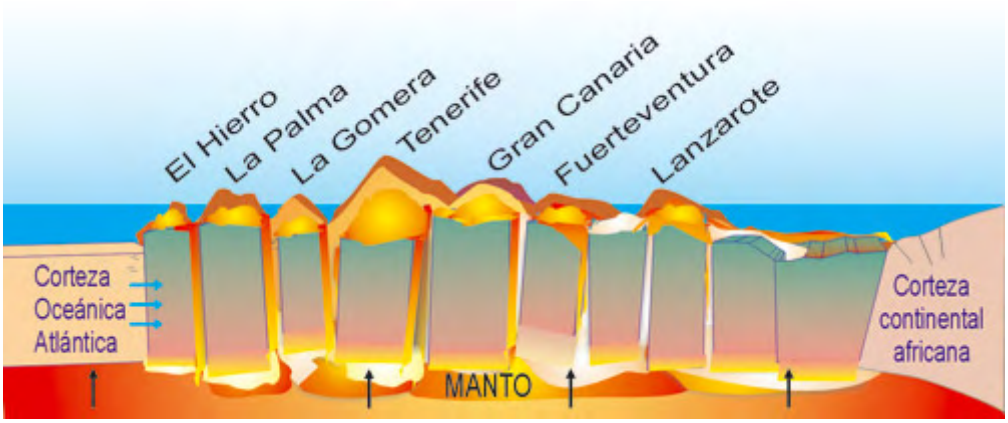


Figura 3: Formación Islas Canarias "Bloques Levantados"

Existen más hipótesis acerca de la formación del archipiélago canario como la Teoría de la fractura propagante o la Teoría de los empujes ascensionales pero las más reconocidas por el mundo científico son las expuestas anteriormente.

1.3.3. Marco económico

La trayectoria seguida por la economía española durante la recesión económica de los últimos años, ha presentado ciertos rasgos diferenciados con el resto de los países de su entorno.

Durante los últimos años de expansión, la economía española presentó una tendencia a la convergencia con la media europea, sin embargo, tras estallar la crisis, se ha puesto de manifiesto cómo los desequilibrios acumulados durante esta fase han desencadenado en una situación que trasciende a lo meramente coyuntural.

De esta forma, surge la imperiosa necesidad de adoptar medidas de mayor alcance que intenten corregir las deficiencias estructurales existentes en nuestro mercado laboral y en el sistema bancario, así como reducir el déficit público, todo ello necesario para restaurar la

confianza de los agentes económicos internos y externos que respalde el proceso de recuperación.

A pesar de que la economía española comienza a presentar las primeras señales de recuperación a comienzos de 2010 tras encadenar dos trimestres de crecimiento positivo continuado por un pequeño crecimiento en 2011, ha vuelto a descender significativamente en 2012 y 2013. En la siguiente tabla podemos observar los principales índices económicos del país.

	2011	2012	2013	2014(f)
GDP growth (%)	0.1	-1.6	-1.2	1.2
Inflation (yearly average) (%)	3.1	2.4	1.5	0.1
Budget balance (% GDP)	-9.6	-10.6	-7.1	-5.6
Current account balance (% GDP)	-3.8	-1.1	0.7	0.8
Public debt (% GDP)	70.5	85.9	93.9	100.2

Tabla 2: Índices económicos

Fortalezas:

- Renovada conpetitividad y la fortaleza de los sectores de exportación.
- Las principales empresas cuentan con presencia internacional.
- Estrechos vinculos con América Latina.
- Desarrollo de la energía eolica y solar; infraestructura de transporte de calidad.
- Importante potencial turístico.
- Restaurada la salud financiera de las empresas (márgenes, la autofinanciación), pero los niveles de deuda siguen siendo elevados.

Debilidades:

- Alta deuda privada.
- Sector bancario debilitado por la crisis inmobiliaria y la recesión.
- Deterioro de la situación financiera del Estado.
- Muy alto nivel de desempleo, sobre todo entre los jóvenes.

1.3.3.1. Evaluación de riesgos

Acelera la recuperación impulsada por las exportaciónes

España salió de la recesión en el segundo semestre de 2013 gracias a la expansión de las exportaciones, que se benefician de la mejora de la productividad a raíz de la reducción de los costes laborales y el repunte de la demanda externa. La balanza comercial está en superávit.

Esta recuperación se confirmó en el primer trimestre de 2014 con un crecimiento del 0,4%, su mejor nivel desde 2008. El crecimiento del PIB se acelerará a lo largo del año sin dejar de ser impulsado por la demanda externa. La demanda interna debería ser más dinámica y contribuir a este crecimiento.

El desempleo sigue siendo muy elevado, cerca de 26% de la población activa, parece haber llegado a su punto de equilibrio y la baja tasa de inflación debería poder ayudar al poder adquisitivo de los hogares.

No obstante el nivel de actividad no aumenta lo suficiente. Además, la inversión en vivienda se mantendrá en descenso a pesar del ajuste en los precios inmobiliarios.

Las empresas recuperan gradualmente la conpetitividad y la confianza

Debido al estado del mercado español, las empresas se han visto obligadas a buscar nuevos puntos de venta en el extranjero. Por ello, el sector exportador avanza muy bien.

La escala de deuda de las empresas también ha comenzado a disminuir, con una caida del 119% al 98% del PIB entre 2010 y 2013, marcando una visible mejora en su situación financiera.

Los niveles de cconfianza entre las empresas, aunque todavia sigue siendo bastante pesimista, también estan a alza.

Las situación de las sociedades dependientes del mercado nacional siguen siendo desfavorables.

Con la mejora de la situación economica el numero de insolvencias se redujo en el primer trimestr de 2014.

Los sectores más afectados siguen siendo la construcción (25% de insolvencias de las empresas) y los servicios (20%). También hay una sobre-representación de las PYME (6,1% del tejido empresarial) en el 36,7%.

Saludable sector bancaio emergiendo lentamente de la crisis.

Gracias a la ayuda de la zona euro en la recapitalización de sus bancos, el sector bancario es ahora mucha más saludable. Los bancos débiles se han reestructurado y sus activos inmobiliarios tóxicos transferidos a una entidad para sanearlos.

El núnero de bancos se ha reducido de los 45 existentes antes de la crisis a 12.

El sistema bancario está mejor capitalizado, con mayor liquidez y mejores provisiones para pérdidas.

Los deudores morosos sin embargo continúan creciendo (13,5% del total en enero de 2014).

Dos de los cuatro bancos nacionalizados en 2012 han sido privatizados y Bankia lleva desde marzo de 2014 en proceso de privatización.

El aumento de la deuda pública

Los recortes presupuestarios continuan en 2014 a un ritmo más lento que en 2013. A pesar de la recuperación del crecimiento, los objetivos presupuestarios seguirán siendo difíciles de alcanzar y la deuda pública seguirá en aumento.

La financiación pública se sigue apoyando en entidades bancarias y de la precaria situación financiera de algunas entidades autónomas locales.

Los costos de los préstamos han caído en el mercado de bonos, pero la viabilidad de la deuda es probable que continue en un área de preocupación. Sin embargo el gobierno español nunca perdió su acceso a los mercados y, por tanto, no ha tenido que recurrir a la ayuda europea para estabilizar sus finanzas.

1.3.4. Marco energético

España se ha caracterizado desde siempre por ser un referente en cuanto a su sistema energético, tanto sus empresas como su sistema de gestión asi como su diseño de red mallada es estudiada por multitud de paises. Claro indicativo de eficacia en el sector.

España al ser un importador neto de recursos primarios ha intentado mediante ayudas a diversificar su modelo de mix energético, con ejemplos como el apoyo a las centrales de ciclo combinado o incluso las enérgias renovables.

Para darnos cuenta de la importancia de este sector a nivel nacional, supone un 3,6% del PIB, un 1,4% del empleo asi como un 24,4% de las importaciones de bienes.

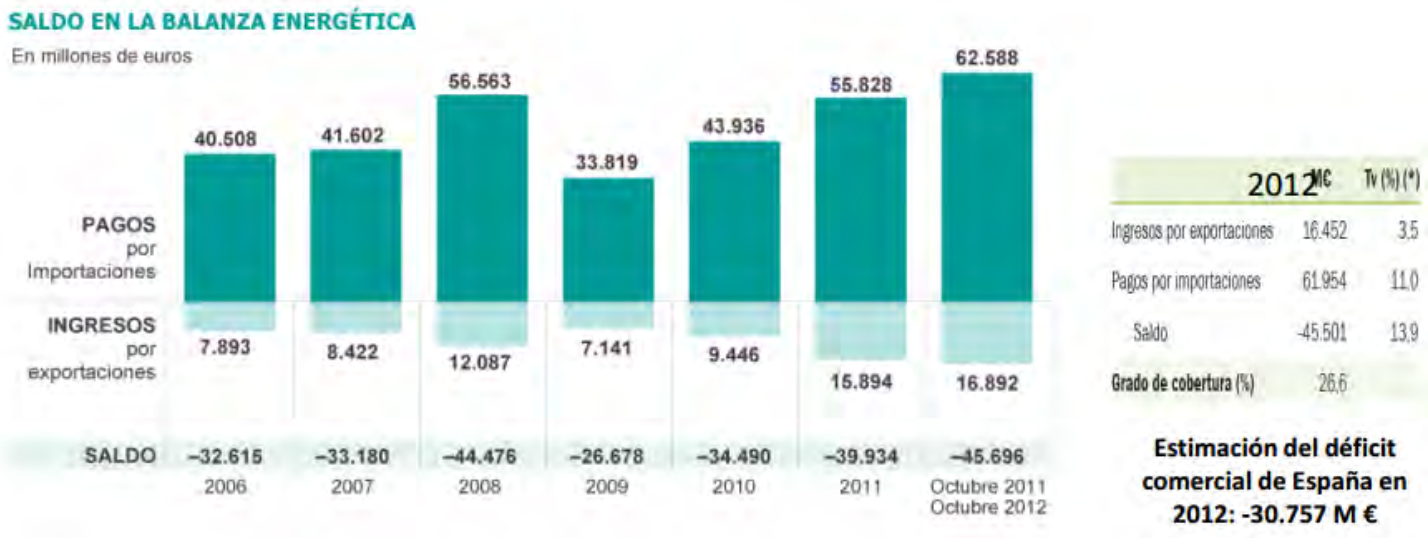


Figura 4: Saldo en la balanza energética

Ante todo, este sector es es vital para el buen funcionamiento del país así como la satisfacción de la demanda final.

Pero también hay otras dos vertientes fundamentales, como son la internacionalización empresarial y la tecnología.

Internacionalización de las empresas energéticas españolas.

Según UNESA, las actividades internacionales y de diversificación aportaron en 2011 el 63% del resultado bruto de explotación de las empresas eléctricas españolas (el 37% restante

correspondió a los ingresos procedentes de la actividad eléctrica nacional.

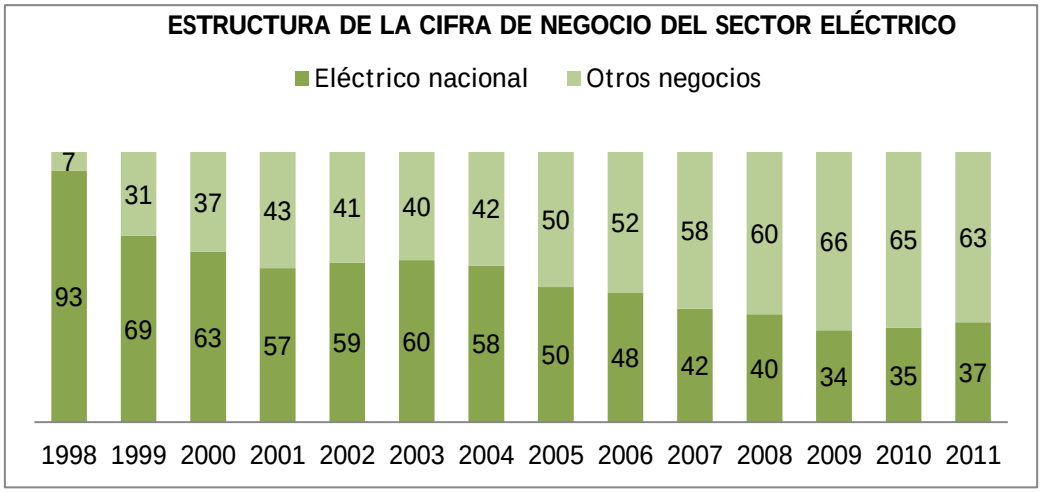


Figura 5: Estructura de la cifra de negocio del sector eléctrico

Datos internacionales de la importancia de las empresas energéticas en el mundo

Para hacernos a una idea de lo que este sector representa, a continuación se muestran unos datos de empresas importante en este sector.

- 4 de las 10 primeras compañías mundiales por capitalización bursátil pertenecen al sector energético
- 18 se sitúan entre las 100 primeras.
- Estas 18 empresas del sector energético dentro del top ten mundial concentran mas de 2,5 billones de dólares de capitalizacion bursátil, casi a la par del sector líder, el financiero.

Tecnología.

El esfuerzo en I+D+I del sector de la electricidad española sobre la cifra de negocio:

- Dato 2007: 2,3%
- Expectativa 2017: 3,3%

Se trata, en todo caso, de un escenario de inversión tecnológica dentro del sector eléctrico que no puede ser calificado sino de "modesto", y protagonizado además tan solo por las grandes empresas del sector.

A escala internacional, las empresas españolas del sector energético ocupan igualmente una muy modesta posición dentro de las europeas.

Inversión en el panorama internacional

Así mismo, las proyecciones de la Agencia Internacional de la energía, preveen unas necesidades de inversión acumulada en infraestructuras de suministro de energía de 25,6

billones de dólares para el periodo 2008-2030 (lo que equivale al 1,4% del PIB mundial, en promedio).

El sector eléctrico requiere más de la mitad de ese montante global de inversiones.

Entorno Europeo

España es el quinto país que más electricidad produce de la Unión Europea (UE), el 4 en potencia instalada, diversificando su produccioón de energía en multiples modelos como podemos observar en las siguientes gráficas, con respecto a la UE.

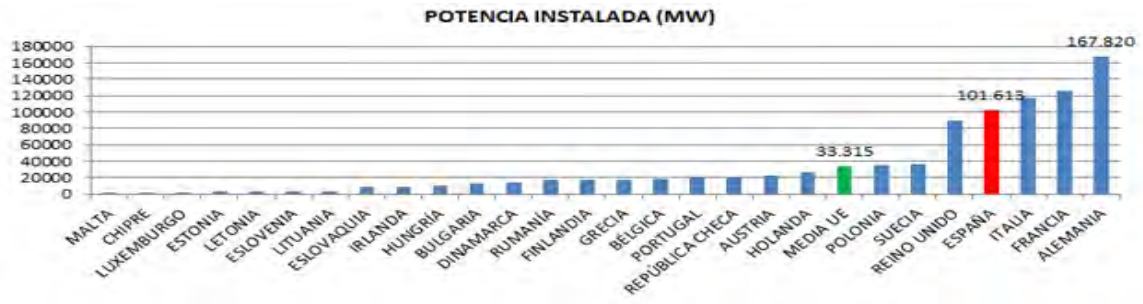


Figura 5: Potencia instalada en España

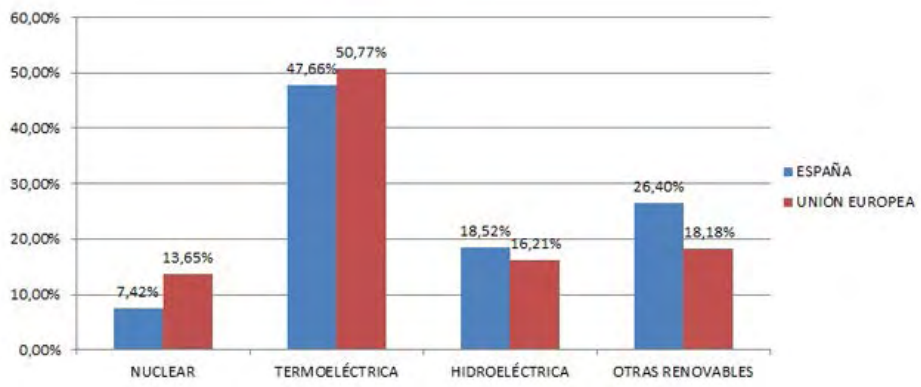


Figura 6: Potencia instalada nuclear y renovable de España respecto a Europa

España ha dado la espalda al modelo nuclear que tiene Francia, apostando por otras fuentes de enegía sobretodo basada en los últimos años en las renovables (casi el doble de la media europea).

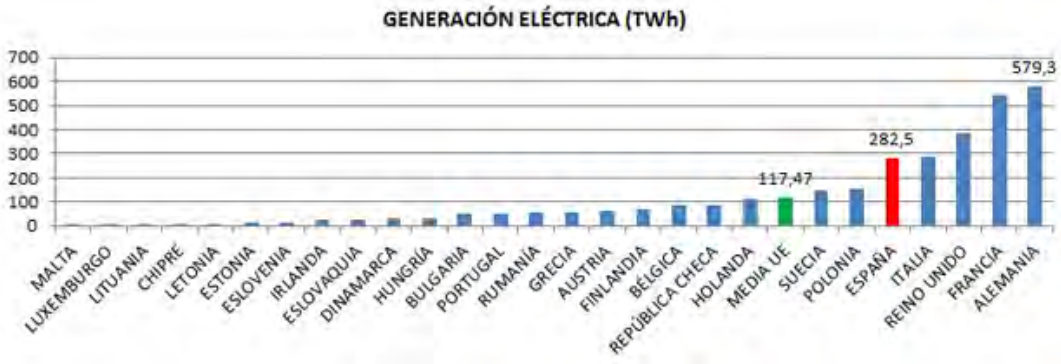


Figura 7: Generación eléctrica España

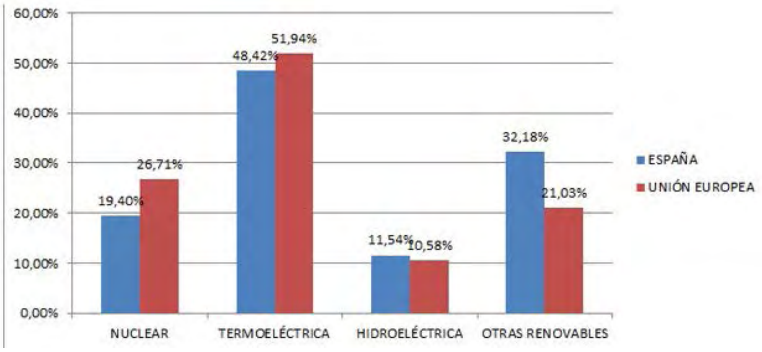


Figura 8: Generación eléctrica nuclear y renovable de España frente a Europa

Análisis sectorial del consumo de energía primaria y final.

Enegía primaria consumida

En la siguiente tabla se muestra el consumo de energía primaria consumida en España desde 2006 hasta 2011.

AÑO	Carbón	Petróleo	Gas	Nuclear	Hidráulica	Eólica, solar y geot.	Biomasa, biocarb y residuos	TOTAL	
	ktep	ktep	ktep	ktep	ktep	ktep	ktep	ktep	D%
2006	17.868	70.789	31.227	15.669	2.232	2.095	5.087	144.687	-0,7
2007	19.998	71.238	31.778	14.360	2.349	2.517	5.445	147.191	1,7
2008	13.486	68.342	34.903	15.369	2.009	3.197	5.669	142.026	-3,5
2009	9.556	63.283	31.219	13.750	2.271	4.002	6.379	129.764	-8,6
2010	7.156	60.993	31.182	16.155	3.636	4.834	6.894	130.134	0,3
2011	12.456	58.317	28.930	15.024	2.631	5.191	7.280	129.304	-0,6

D %=Tasa de variación porcentual respecto al año anterior s.d: sin datos

Tabla 3: Consumo energía primaria España

El principal consumo de energía primaria en España es el petróleo y el gas, principalmente importado debido a que España carece de grandes yacimientos. Gracias a las energías renovables y nuclear, se ha diversificado más esta energía primaria, intentando cada vez depender menos del exterior

Energía final consumida

En la siguiente tabla se muestra la evolución de la energía final consumida en españa desde 1990 hasta 2011.

AÑO	Carbón	Gases Derivados del Carbón	Productos Petrolíferos	Gas	Electricidad	Energías renovables	TOTAL	
	ktep	ktep	ktep	ktep	ktep	ktep	ktep	D%
1990	3.548	673	39.283	4.603	10.819	3.925	62.850	s.d
1991	3.869	654	41.243	5.063	11.063	3.683	65.575	4,3
1992	3.588	653	42.177	5.425	11.246	3.357	66.447	1,3
1993	2.767	714	41.478	5.561	11.239	3.373	65.132	-2
1994	2.730	490	44.592	5.606	11.779	3.411	68.608	5,3
1995	2.368	347	46.708	6.874	12.118	3.334	71.749	4,6
1996	2.083	355	46.316	7.440	12.658	3.354	72.205	0,6
1997	2.096	383	48.569	8.298	13.676	3.370	76.393	5,8
1998	1.863	379	51.984	9.236	14.205	3.509	81.176	6,3
1999	1.791	225	52.510	10.091	15.244	3.529	83.390	2,7
2000	1.878	236	54.872	12.377	16.207	3.468	89.038	6,8
2001	2.074	361	56.572	13.511	17.282	3.485	93.286	4,8
2002	2.085	350	56.593	14.172	17.674	3.591	94.465	1,3

2003	2.059	327	58.995	15.824	18.739	3.653	99.597	5,4
2004	2.084	346	60.504	16.847	19.838	3.684	103.302	3,7
2005	1.974	284	60.941	18.171	20.831	3.787	105.988	2,6
2006	1.823	271	60.355	15.635	22.056	4.004	104.143	-1,7
2007	1.944	291	61.556	16.222	22.552	4.274	106.839	2,6
2008	1.782	283	58.582	15.112	23.111	4.403	103.274	-3,3
2009	1.230	214	54.190	13.418	21.757	5.007	95.815	-7,2
2010	1.426	265	53.036	14.774	22.410	5.666	97.576	1,8
2011	1.307	307	50.379	13.327	21.744	6.173	93.238	-4,4

D %=Tasa de variación porcentual respecto al año anterior s.d: sin datos

Tabla 4: Energía final consumida en España

Se puede observar como desde 1990 hasta 2011 ha aumentado considerablemente la energia consumida, sobre todo en productos petroliferos.

Así mismo, en los siguientes gráficos se muestra la energía final demandada por los diferentes sectores.

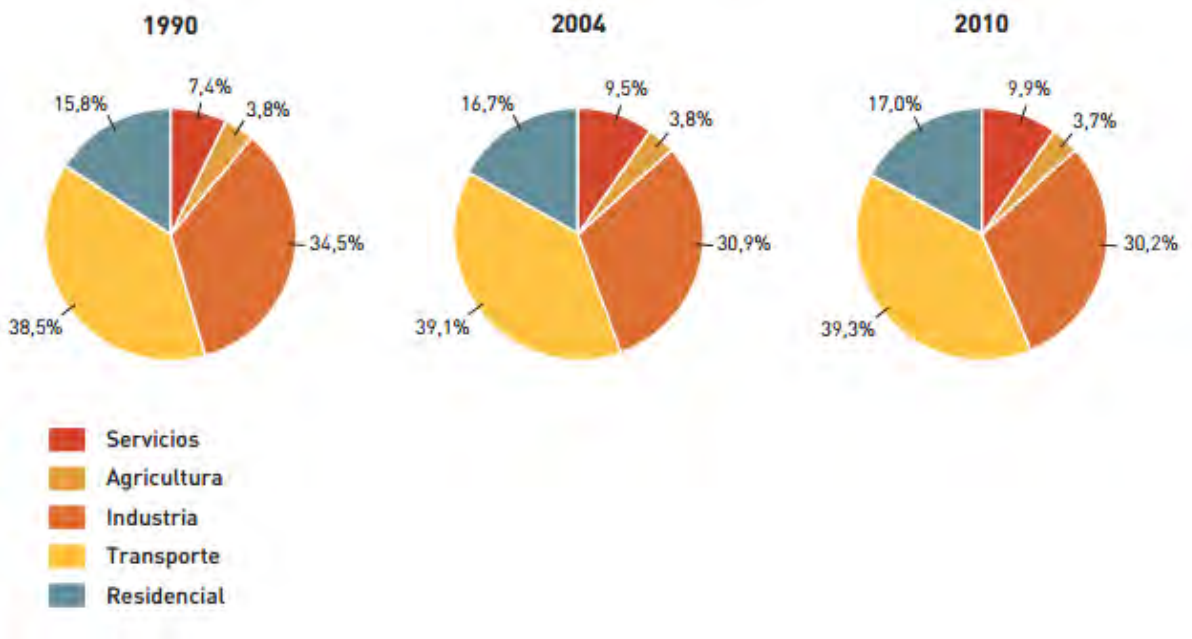


Figura 9: Energía final demandad por sectores

La expansión del sector servicios, especialmente vinculado al turismo, con su impacto en la demanda energética y en la productividad nacional, contribuye a reforzar el fenómeno iniciado en los años 70 de terciarización del a economía española, lo que actúa como factor amortiguador de la intensidad energetica a nivel global. Esto es así dada su elevada aportación al PIB, seis veces superior a la correspondiente contribución a la demanda energética total.

En las siguientes gráficas se muestra la evolución sectorial del PIB.

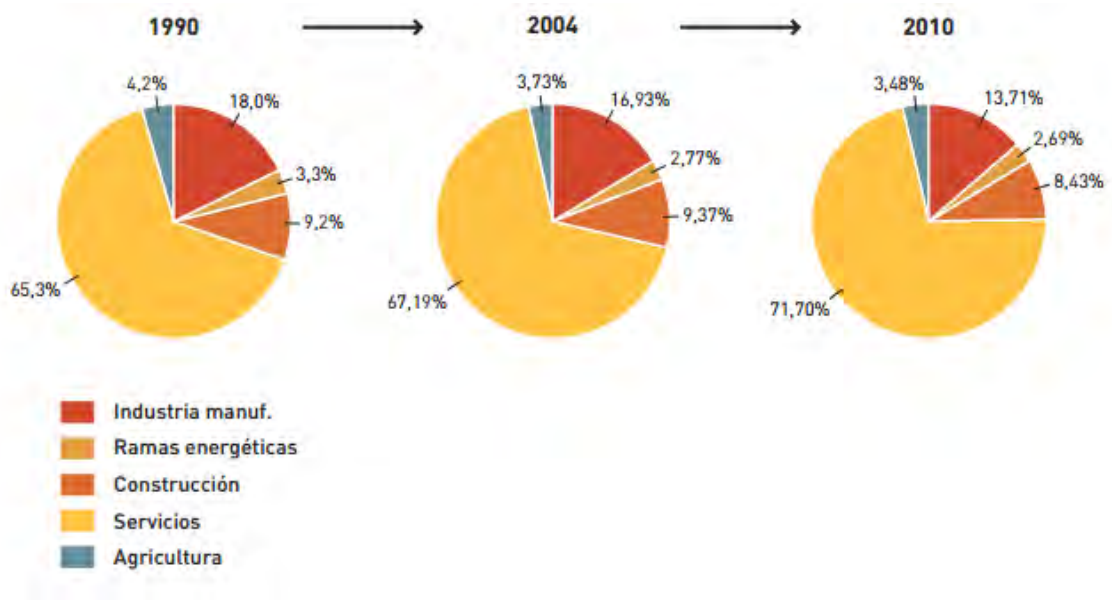


Figura 10: Evolución sectorial del PIB

En la actualidad, en lo esencial, las tendencias sectoriales se mantienen, si bien la industria (especialmente los sectores de la construcción y de la automoción), ha resultado especialmente agraviada por la crisis, experimentando un fuerte retroceso en 2009, comprobable a través de la caída en dicho año del 16,2% en el Indice de Produccion Industrial y del 10,4% en el Valor Añadido Bruto, por encíma de la caida del PIB.

No obstante lo anterior, la estructura sectorial del consumo de energía final apenas presenta cambios, dado que en el contexto de la crisis actual, todos los sectores de uso final han moderado su demanda energética, lo que en términos relativos se traduce en una cierta estabilidad en cuanto a la participación de los distintos sectores en la demanda energética.

El desglose de esta evolución del consumo energético nos permite observar una aceleración en la contribución a la demanda en los recursos renovables a lo largo de los últimos años. Ésto es debido a la fuerte apuesta por éstas energías sobretodo a partír de 2005.

Potencia instalada

	2010	2011	2012	2013	2014
Hidráulica	17.565	17.572	17.786	17.786	17.787
Nuclear	7.790	7.866	7.866	7.866	7.866
Carbón	11.918	12.158	11.624	11.641	11.641
Fuel + Gas	5.145	3.717	3.429	3.498	3.498
Ciclo combinado (1)	27.146	27.171	27.206	27.206	27.206
Resto hidráulica (2)	2.036	2.042	2.042	2.102	2.102
Eólica	19.715	21.175	22.766	23.010	23.010
Solar fotovoltaica	3.838	4.259	4.560	4.665	4.671
Solar térmica	532	999	1.950	2.300	2.300
Térmica renovable	821	887	975	980	995
Cogeneración y resto	7.240	7.318	7.281	7.210	7.198
Total	103.748	105.164	107.485	108.265	108.274

(1) Incluye funcionamiento en ciclo abierto.

Se puede observar un ligero aumento de la potencia instalada desde 2010 hasta 2014, pero hay que tener en cuenta que el aumento desde el 2000 es de prácticamente el doble. En medio ha habido muchas subvenciones a diferentes tipos de apuestas como los ciclos combinados y las energías renovables.

Este aumento de casi el doble estaba diseñado para abastecer a toda la población garantizando asi la continuidad de suministro, pero todo esto esta muy lejos de la realidad, que como ya podemos ver en estos últimos 4 años no ha aumentado casi nada la potencia instalada, ya que actualmente los picos de potencia en España no alcanzan los 50 GW.

Mix Energético

España gracias a estas iniciativas sobre los ciclos combinados y energías renovables, además de otras tecnologías, goza de una diversificación de sus sistemas de generación de energía muy amplia.

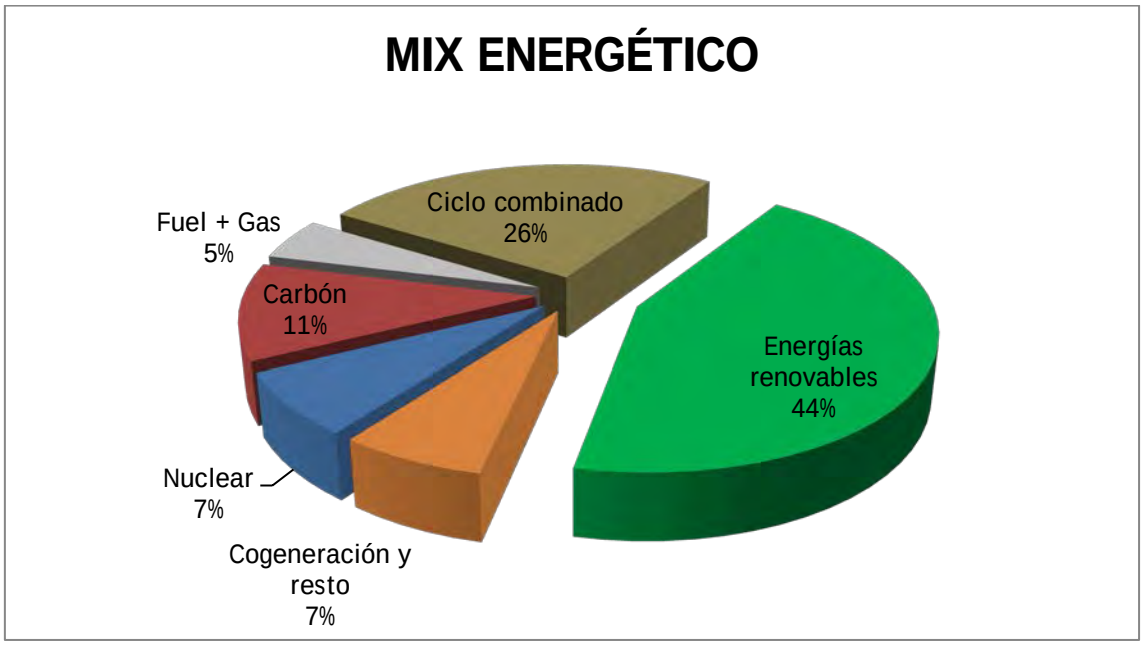


Figura 11: Mix energético en España

Las energías renovables representan el 44% de este mix de energético del país, mostrándose asi la fuerte apuesta española por este tipo de energía, que ha ido en un aumento exponencial sobre todo a partir de 2007.

Gracias a que España dispone de un valioso recurso renovable se han instalado diferentes tipologias de aprovechamiento del mismo como se puede observar en la siguiente gráfica.

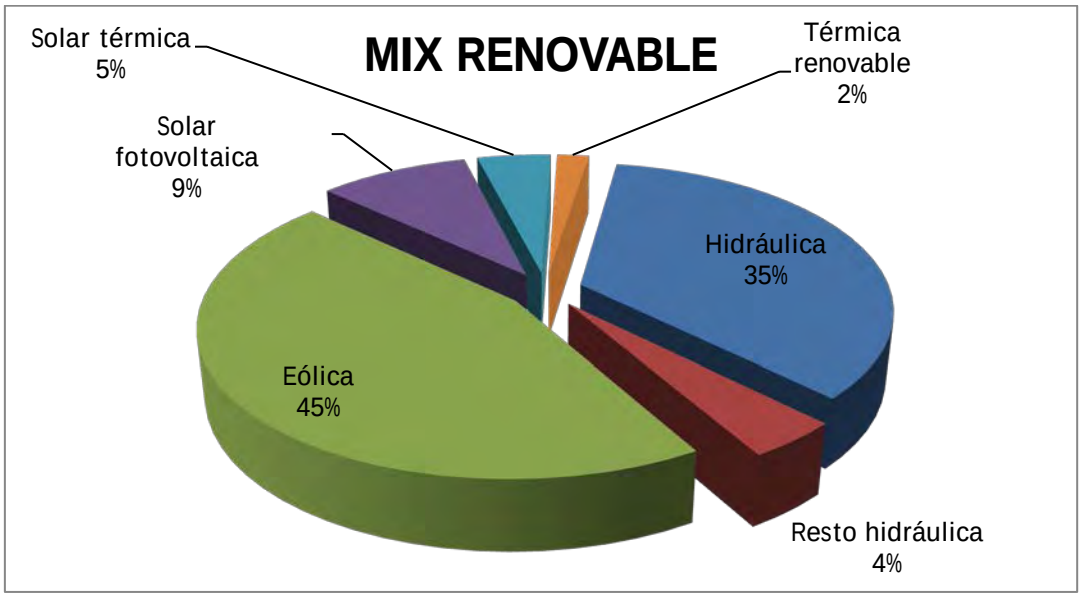


Figura 12: Mix renovables España

Evolución historica ciclos combinados y EERR

Como ya se ha comentado anteriormente en este informe la apuesta por la diversificación de las energías en España culminó en la apuesta de dierentes tipologías, los más reseñables son los ciclos combinados y las EERR.

Figura 13: Evolución potencia instalada ciclos combinados y EERR

Desde el 2002 se comenzo a implementar los ciclos combinados teniendo en cuenta la evolucion de demanda que iba a ser necesario cubrir ademas de que en esos años los

contratos para la importacion de gas eran muy fuerte, por ello se aposto por esta cara energía.

El caso de las energías renovables es diferente, las primera en entrar en la península fueron las centrales hidroelectricas debido a la construccion de grandes presas, se aprovecho para utilizar las mismas para la implementación de grandes centrales, a lo largo de los últimos años, debido a que las grances centrales ya estan siendo utilizadas, se comenzó a aprovechar el potencial de los ríos con centrales minihidráulicas.

Se puede observar que se ha multiplicado por más del doble las EERR, desde el 2002 se comenzo a instalar parques eólicos, y ya en 2007 supuso el boom de las renovables debido a la apuesta del gobierno por estas energias, redactando el RD 661/2007 donde se proponía una prima para cada tipología. Gracias a ello se comenzaron a instalar parques fotovoltaicos, termosolares, incluso algo de geotermia. Pero esta regulación duro poco tiempo, en 2009 se paralizó la entrada de nuevos parques a esta retribución ademas de la paralización de las primas, y en 2013 hasta la actualidad, donde se esta redactando este nuevo RD en la que se va a aplicar una retribución a cada parque en funcion de unos parques tipo.

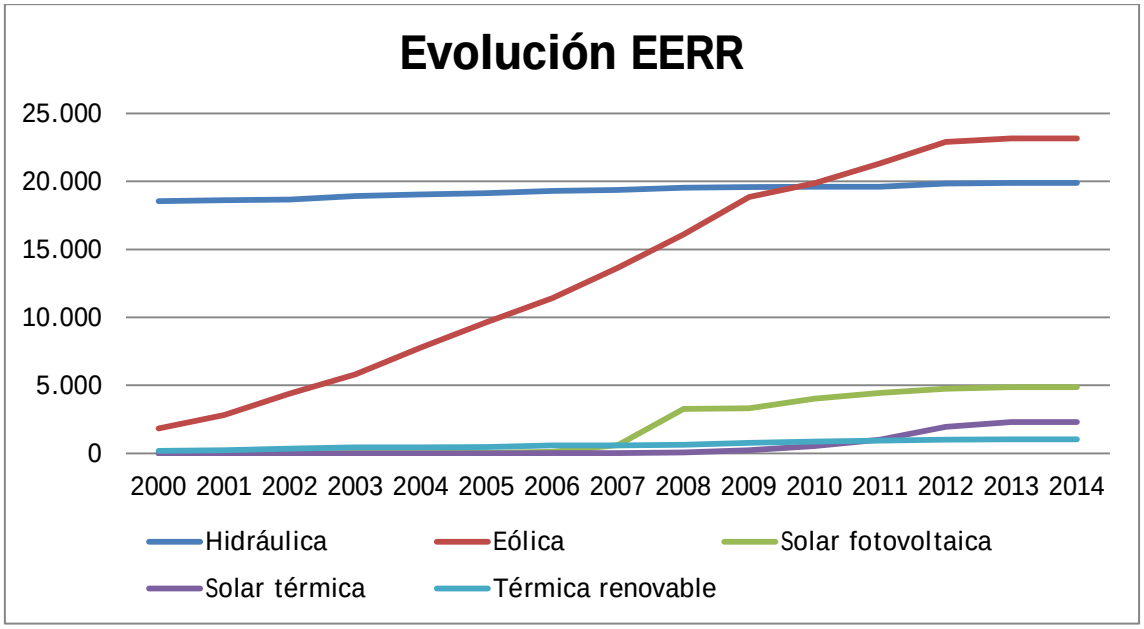


Figura 15: Evolución EERR en España

Gestión de la energía

Los encargados de gestionar la energía es red eléctrica española, controlan la distribución y la generación para garantizar siempre el suministro de electricidad.

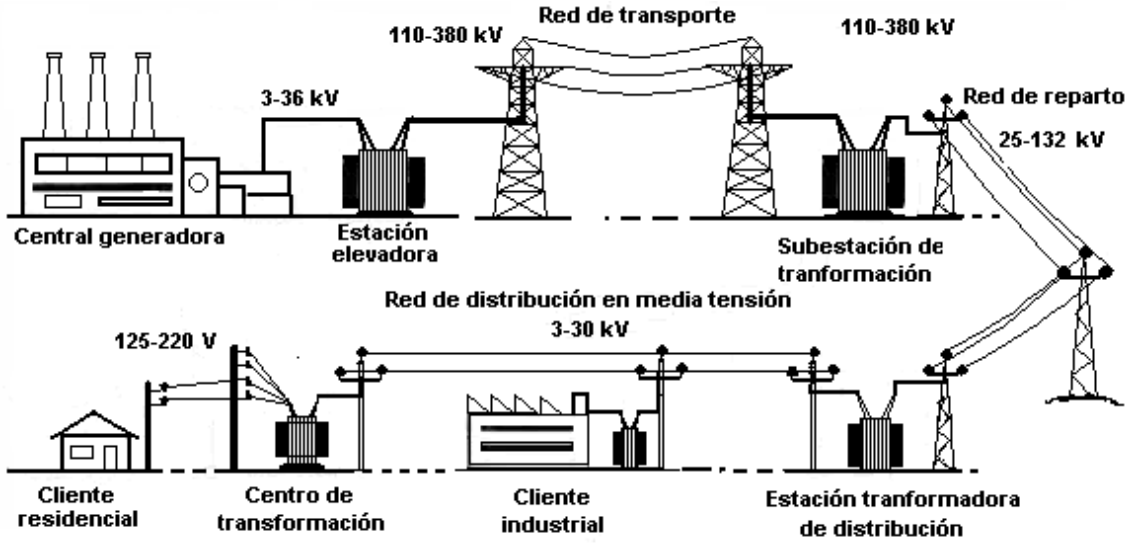


Figura 16: Transporte energía eléctrica

Gracias a la gran inversión en la red mallada existente la calidad del servicio es muy alta.

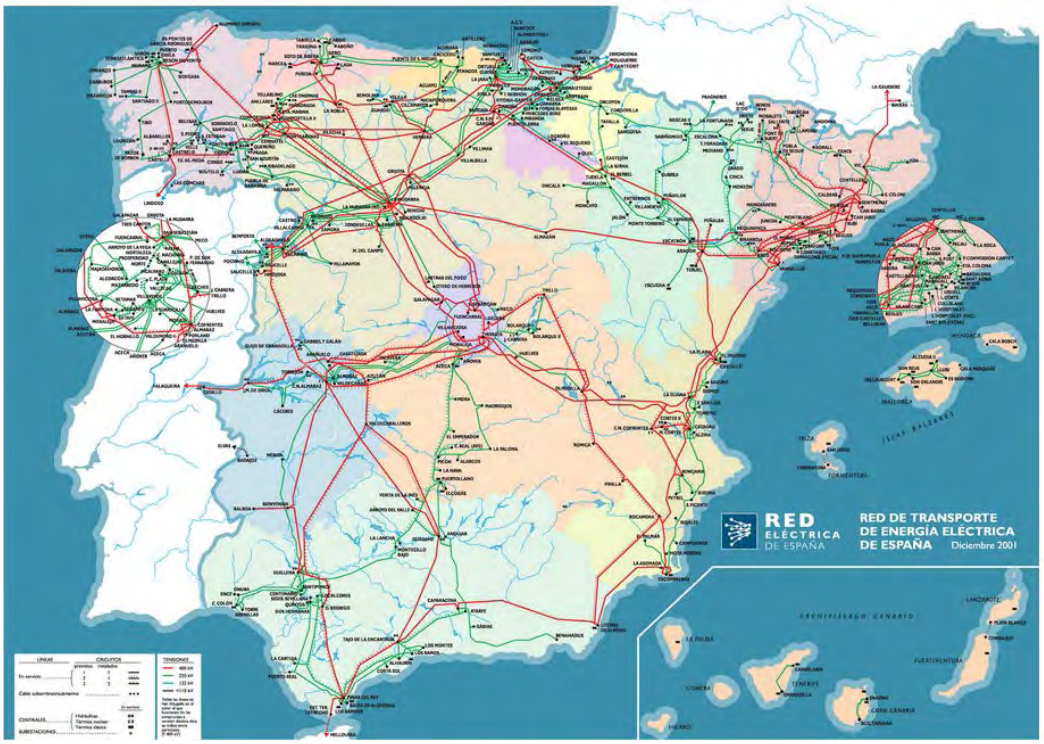
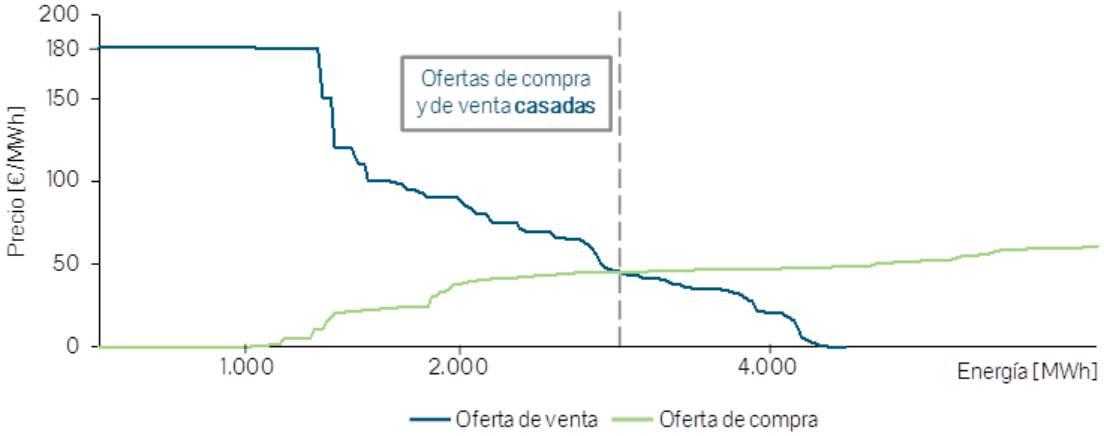


Figura 17: Red de transporte eléctrica española

La venta de energia se realiza el dia antes de consumirla cerrándose a las 12:00, adaptándose a la supuesta demanda. Éste sería el mercado diario, que junto con el mercado intradiario

que se abre a partír de las 16:00, cuya duración sería de 45 minutos, abriéndose así hasta 6 veces (16:00, 21:00, 01:00, 04:00, 08:00, y 12:00), de esta forma se consigue adaptar el consumo con la generación. Todo ello es gestionado por OMIE.

	SESIÓN 1	SESIÓN 2	SESIÓN3	SESIÓN4	SESIÓN5	SESIÓN 6
Apertura de Sesión	17:00	21:00	1:00	4:00	8:00	12:00
Cierre de Sesión	18:45	21:45	1:45	4:45	8:45	12:45



Día	D-1	D-1	D	D	D	D

Figura 18: Compraventa de energía eléctrica

A la forma de venta se le llama mercado marginalista ya que en función de la demanda van entrando diferentes tipos de generación, primero al nuclear (debido a que no tiene casi flexibilidad de parada y arranque) seguido de las EERR, centrales térmicas, ciclos combinados…

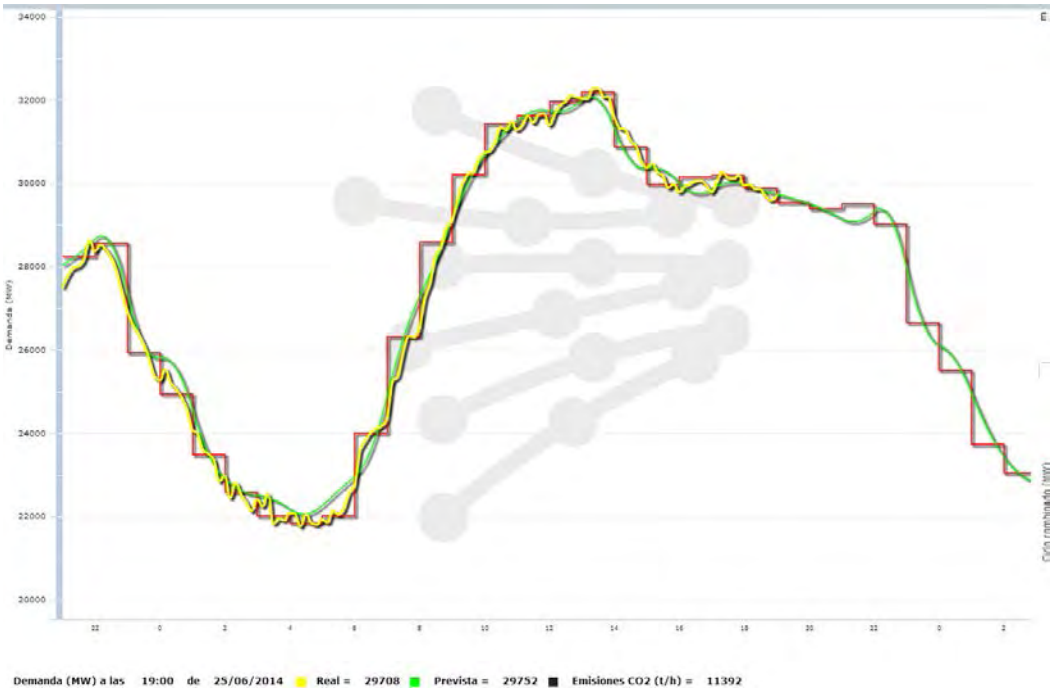


Figura 19: Demanda energética diaria gestionada por red eléctrica española

Leyenda:

- Curva amarilla- Representa la demanda real; refleja el valor instantáneo de la demanda de energía eléctrica.
- Curva verde- Representa la previsión de la demanda; Es elaborada por REE con valores de consumo en periodos precedentes similares, corrigiéndola con una serie de factores que influyen en el consumo, climatología, y actividad económica.
- Curva roja- Representa la programación horaria operativa; Es la producción programada para los grupos de generación a los que se haya adjudicado el suministro de energía en la casación de los mercados diario e intradiario.
- Horas Punta- Son aquellas en las que la demanda energética es muy elevada, son generalmente entre las 7 y las 10 de la mañana y las 8 y 11 de la noche. En esta situación, la mayor parte de las centrales deben de estar en funcionamiento, y generalmente las energías renovables no aportan gran cantidad de energía eléctrica a la red.

- Horas Valle- Son aquellas horas en las que progresivamente se va reduciendo el consumo eléctrico, y por lo tanto debemos dejar de producir electricidad también progresivamente.

Esta última imagen representa la casación de la demanda de la energía, se puede ver a través de ree.es.

Islas Canarias

El estudio principal de este proyecto se basa por una parte en las Islas Canarias. Es interesante comprobar que las islas siguen en la actualidad una linea un tanto contrariar con respecto a la península en lo que se refiere a los planes energéticos.

Esto es obvio y necesario, debido a la distancia del archipiélago Canario a una red de distribucion fuerte que la sustente. Para ello sería necesario crear el propio sistema en las mismas, pero este sistema se sustenta principalmente a base de gas y de petróleo, lo que conlleva un alto gasto en los presupuestos energéticos acuales que pagamos todos los españoles.

Este sobre coste se llama "coste extrapeninsular", este término es muy importante, en el presente proyecto se pretende minimizar mediante la construcción de un parque offshore, para asi dejar de depender del exterior y sobre todo de recursos fósiles tan caros en la actualidad.

Energía eléctrica por sectores

Los principales sectores de consumo son el turismo y los servicios, por lo que podemos ver el gran impacto turístico que tienen las islas, hasta 9-10 millones de turistas por año.

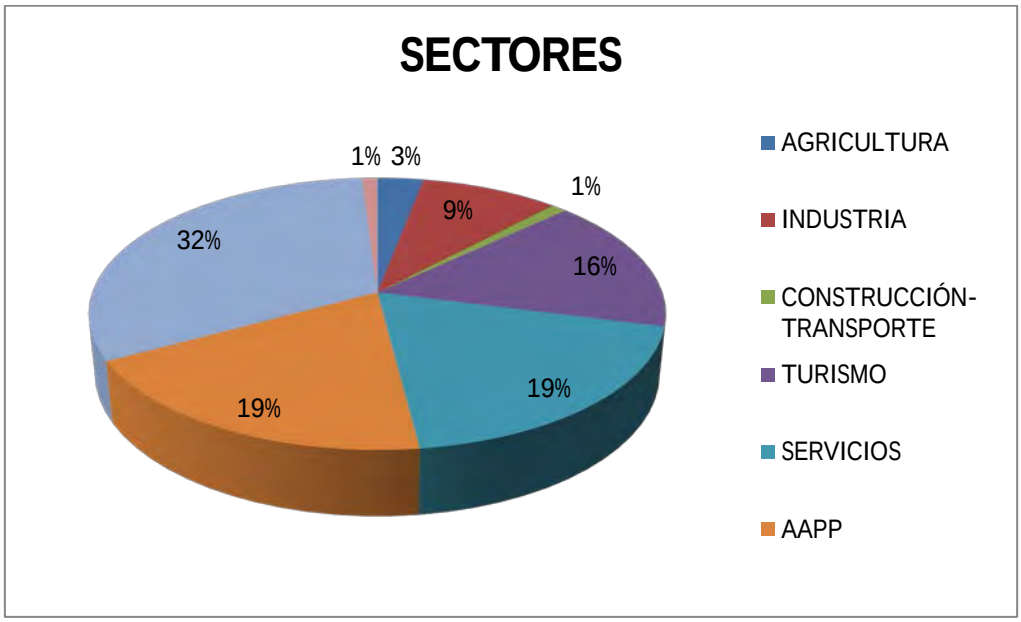


Figura 20: Demanda eléctrica por sectores

Potencia Instalada

Los combustibles fósiles son la principal fuente de energía, si es verdad que las energías renovables estan cogiendo cada vez más peso, pero queda un largo camino por recorrer.

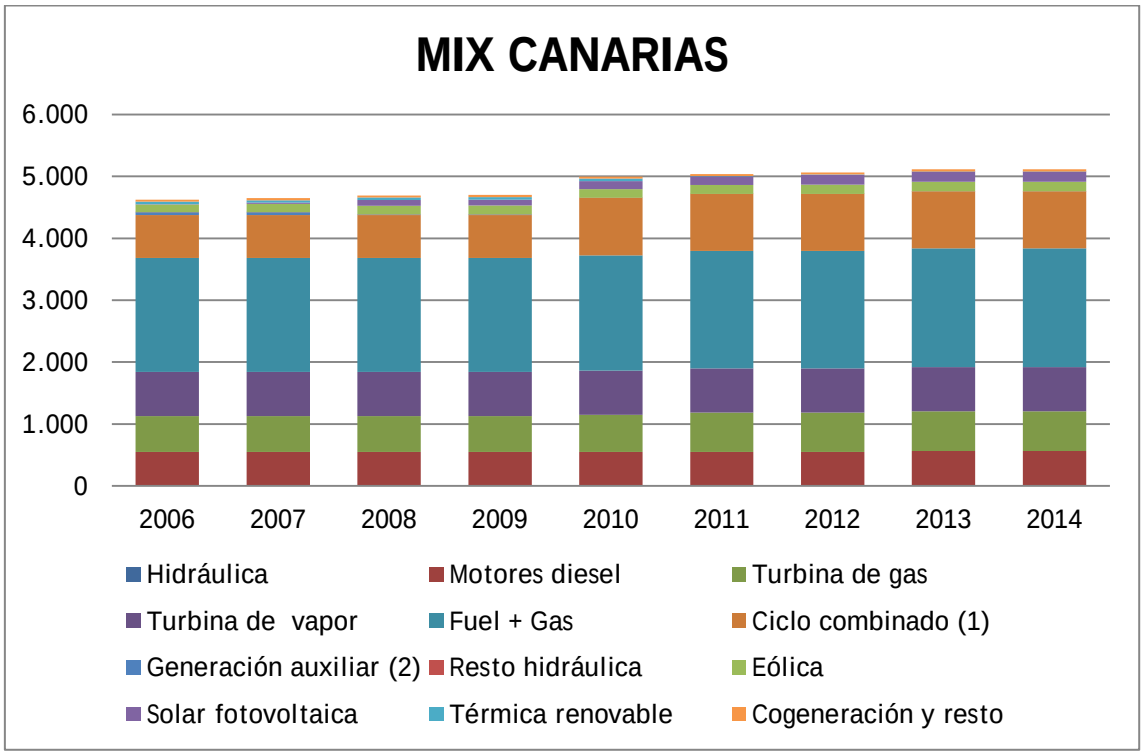


Figura 21: Mix energético en Canarias

Desde 2006 Canarias el crecimiento que ha mostrado gracias principalmente al turismo se ve reflejado en su potencia instalada, la cual se muestra en la gráfica siguiente, por ello desde este año se desarrollaron planes de acción, para no depender solo de recursos fósiles.

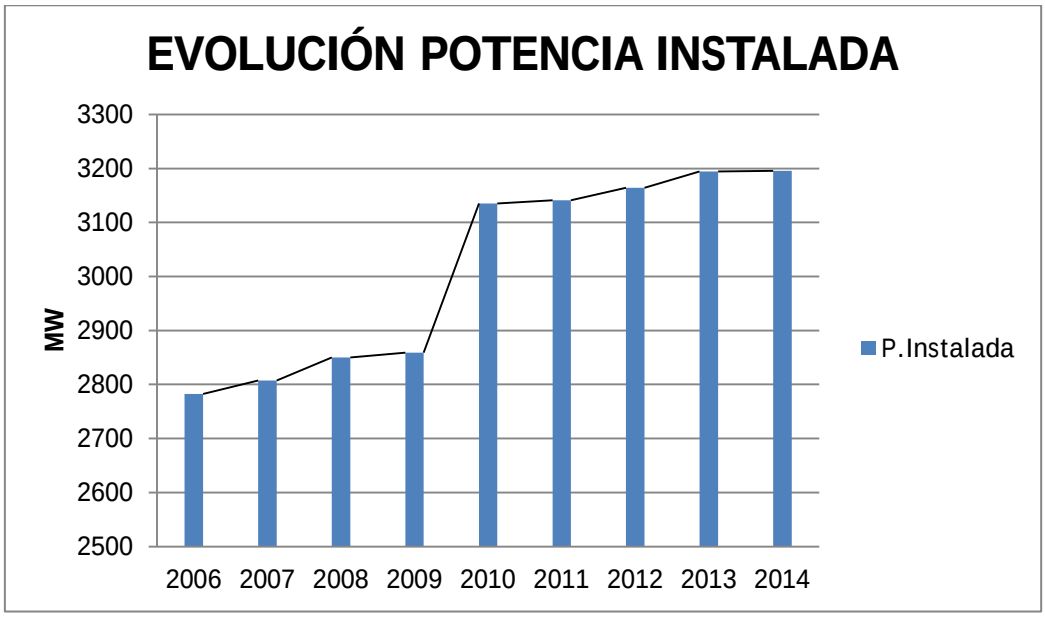


Figura 22: Evolución potencia instalada

Debido a ello también se han intensificado su sistema eléctrico, creación de nuevas redes de alta tensión 220 kV, así como el estudio de viavilidad de construcción de redes de interconexión entre islas, como por ejemplo la ya existente entre Lanzarote y Fuerteventura.

Actualmente esta en estudio la conexión entre Gran Canaria y Fueteventura, las principales dificultades son la profundidad de 1600m y la geomorfologia del fondo volcánico, pero esta linea supondria la completa conexión entre el lado este de el archipiélago.

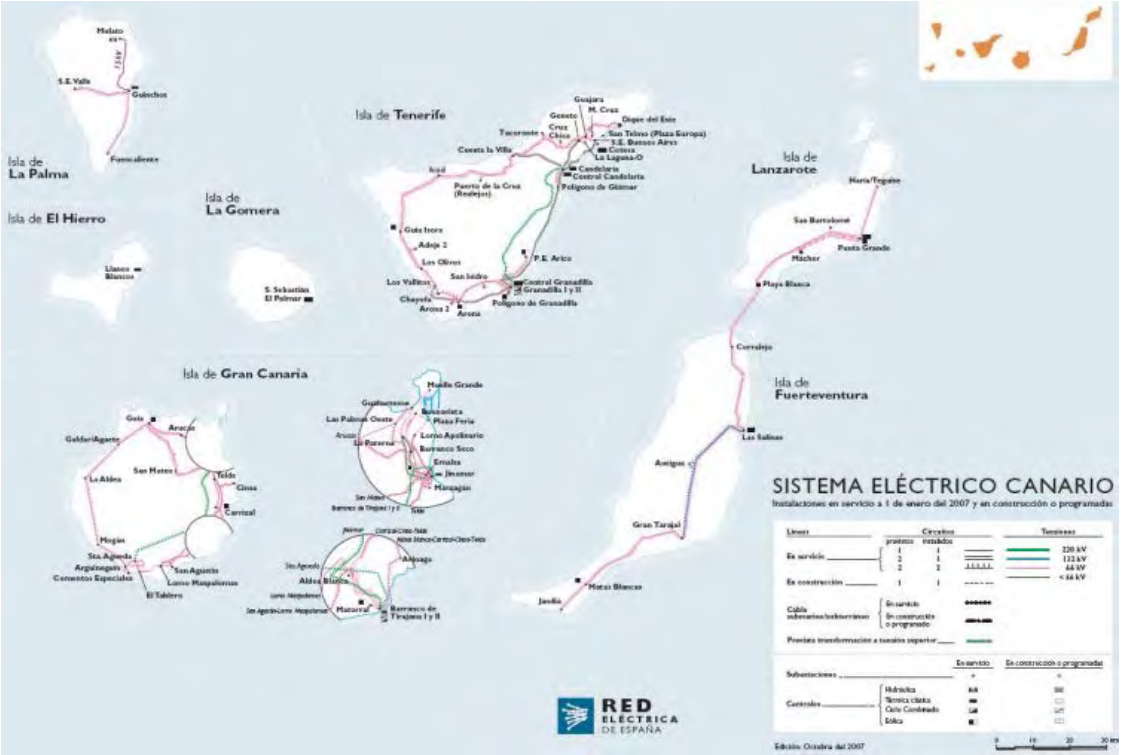


Figura 23: Red eléctrica Archipielago Canario

Plan energético Carias

PECAM 2006

Las principales medida des este plan se basan en la reducción de la demanda mediante una eficiencia energética.

Una reducción de la dependencia de combustibles fósiles mediante el fomento de las EERR.

Una reducción de la vulnerabilidad de estos combustiples mediante la diversificación de las fuentes de obtención de energía.

2015		
TECNOLOGÍA	UNIDADES	IMPLANTACIÓN EN EL ARCHIPIELAGO
EÓLICA	MW	1.025
SOLAR FOTOVOLTAICA	MW	160
SOLAR TÉRMICA	M^2	460.000
	MW	322
SOLAR TERMOELÉCTRICA	MW	30
ENERGÍA DE LAS OLAS	MW	50
BIOCOMBUSTIBLES	MW	30
MINIHIDRAULICA	MW	14
TOTAL	MW	1.630

Actualmente este plan energetico se ha desestimado, y ha surgido uno nuevo.

DOSE 2013

Éste documento, esta mucho más dirigido a las energías renovables, evalúa su potencial y a raiz de eso valora su posible implementación hasta 2020.

En este documento nuestra previsión más importante a tener en cuenta es la de el potencial OFF Shore, donde se evaluó la potencia disponible y las áreas posibles para su imlementación, debido a que por el interés turístico, la pesca, etc, no todas las áreas son aptas para su construcción.

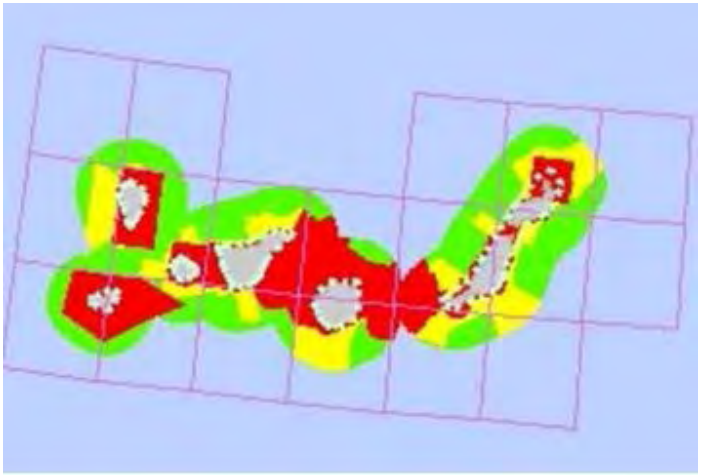


Figura 24: Zonas restringidas debid oa su interes ambiental en el Arcipielago Canario

1.3.4.1. Análisis de riesgo del mercado energético

Gracias al INTERNACIONAL INDEX OF ENERGY SECURITY RISK podemos analizar en que situación se encuentra España en el mercado energético en concreto.

Energy Security Risk Summary: Spain	
Risk Scores:	
2012 Energy Security Risk Score	1,173
2012 Large Energy User Group Rank	13
Score in Previous Year	1,235
Rank in Previous Year	13
Score in 1980	1,070
Average Score: 1980-2012	946
Best Energy Security Risk Score	808 (1996)
Worst Energy Security Risk Score	1,235 (2011)
Risk Scores Relative to OECD Average:	
Average Annual Difference 1980-2012	8%
Best Relative Score	2% (1988)
Worst Relative Score	14% (2005)

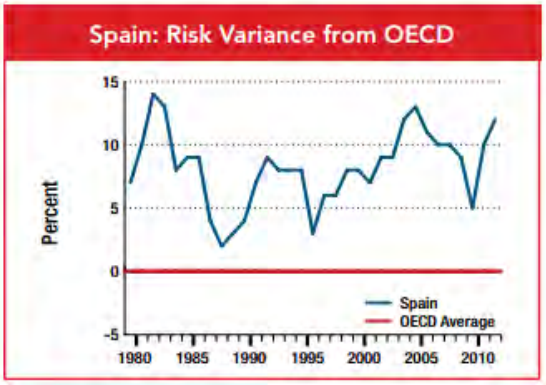


Figura 25: Riesgo energético en España

Podemos observar que España se encuentra a un nivel de riesgo mayor que los países de la OECD. Asi mismo, se ha establecido un ranking de estos países, donde España se encuentra en la posición numero 13.

España casi no produce petróleo, gas natural y poco carbón, por lo que debe importar grandes cantidades de estos reursos para satisfacer la demanda interna, que ha aumentado significativamente desde principio de 1990.

La legislación española limita la participación del petróleo o del gas natural importado desde cualquier país para así mantener diversidad en la oferta.

Las importaciones de gas natural provienen principalmente de Argelia por un gaseoducto.

España cuenta con siete instalaciones de GNL y es la tercera impotadora de GNL del mundo.

Debido a esas grandes importaciones de combustibles fósiles, España se encuentra muy por encima de la linea general de la OCD en cuanto a riesgo de importación de estos combustibles.

1.3.5. Marco político

España es un país soberano, miembro de la Unión Europea, su forma de estado se basa en la monarquía parlamentaría, siendo el jefe del estado Felipe VI.

Las cortes generales están formadas por el Congreso de los Diputados (350 miembros) y el Senado (265 miembros). Las elecciones se celebran cada cuatro años, las últimas se celebraron el 20 de noviembre de 2011, ante la dimisión del anterior presidente del gobierno Jose Luis Rodriguez Zapatero y su equipo. Actualmente el presidente del gobierno es Mariano Rajoy Brey, cuyo partido es el Partido Popular (PP), ganaron las elecciones con 186 escaños en el Congreso y 166 en el Senado. El principal partido de la oposición es el Partido Socialista Obrero Español (PSOE) con 100 escaños en el Congreso y 66 en el Senado.

En cuanto a su religión, el 72,4% de la población se declara Católica. La lengua oficial del estado es el castellano. Hay que tener en cuenta que existen mas lenguas, cmo puede ser la catalana, gallega y vasca. Estas últimas son oficiales en sus respectivas Comunidades Autónomas.

Regulación

En cuanto a matería de energía, en el gobierno de Jose Luis Rodrigez Zapatero se propusieron ser top's mundiales en materia de energía renovable, mediante el RD 661/2007 se pretendia incentivar de gran manera a las principales energías renovables, de esta forma se instalaron muchisimos MW de estas tecnologías, pero por otra parte se hizo sin ningún tipo de control, en el siguiente gráfico se contrasta los MW previstos que se iban a instalar, frente a lo realmente instalada.

Tecnología	Situación en 2011	Objetivo 2010 (MW)	Diferencia (MW)	Diferencia (%)
Eólica	21.059,0	20.155,0	904,0	4,5%
Hidráulica	2.034,0	2.199,0	-165,0	-7,5%
Biomasa	761,0	2.039,0	-1.278,0	-62,7%
Solar Fotovoltaica	4.244,0	400,0	3.844,0	961,0%
Solar Termoeléctrica	999,0	500,0	499,0	99,8%

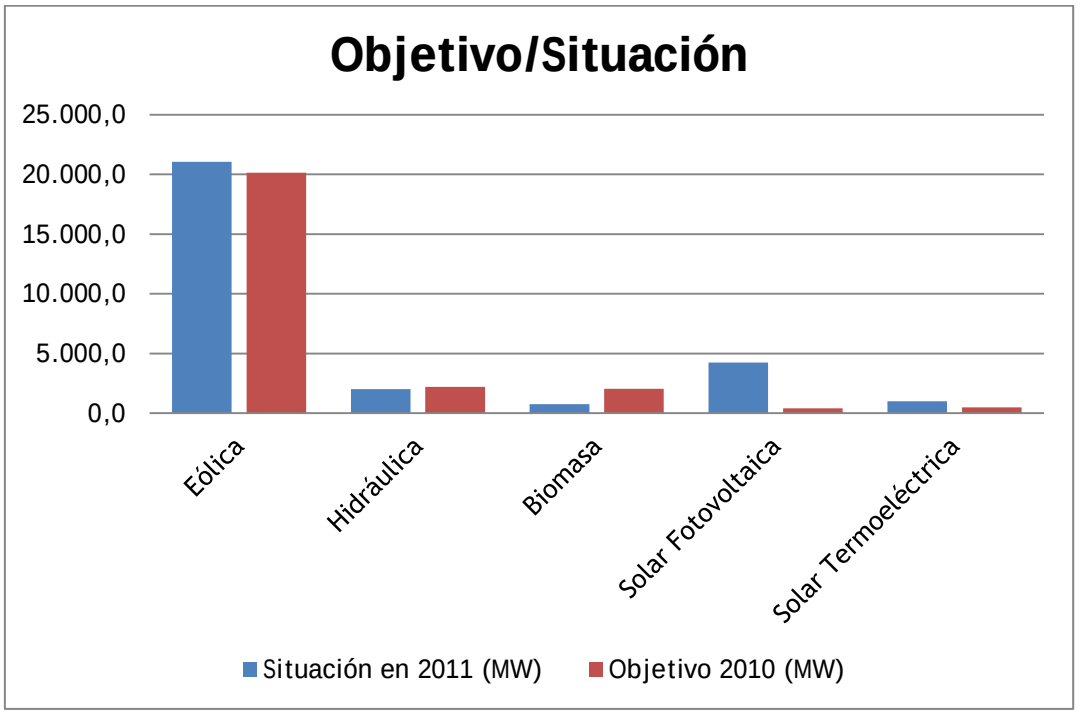


Figura 26: Objetivos EERR 2010

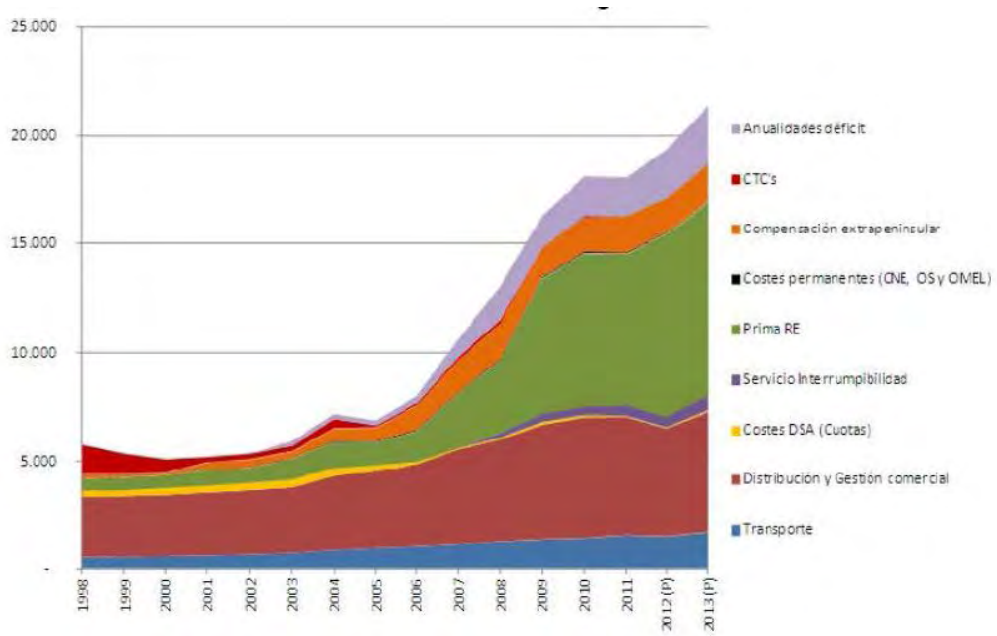


Figura 27: evolución potencia instalada

Debido al poco control del gobierno se ha instalado mucho más de lo previsto, por lo que se ha generado un déficit que habia que pararlo llamado déficit de tarifa.

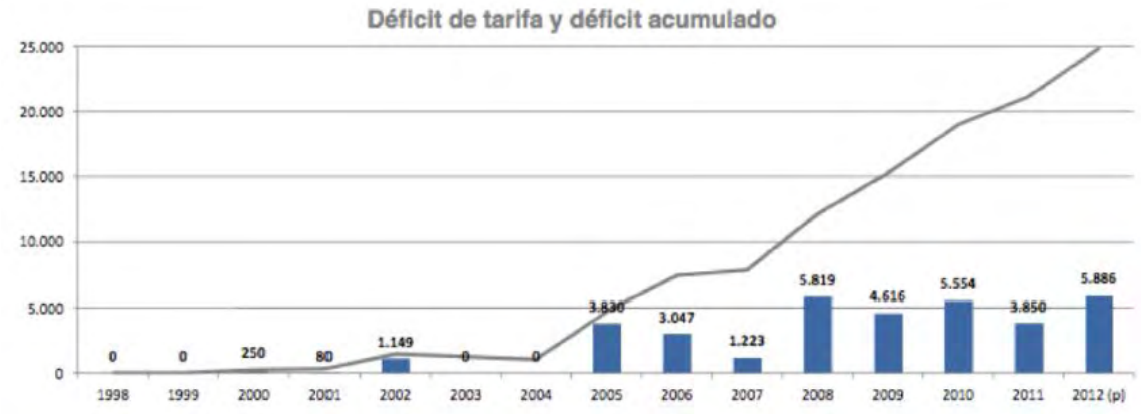


Figura 28: Deficit de tarifa y acumulado

Es aquí cuando entra al poder, precedido de unas votaciones, el gobierno de Mariano Rajoy y se decide paralizar estas primas a las renovables para nuevas instalaciones hasta tal punto de paralizarlas del todo.

Soria, el nuevo Ministro de Energia, ha redactado con su equipo un nuevo modelo de retribución para estas energías, mediante el RD 9/2013 se reajusta el sector eléctrico atendiendo a las demandas actuales, en el mismo se decide un nuevo modelo retributivo para las energías renovables, se trata de diferentes parques tipo donde se estudiará su modelo retributivo en funcion de estos, de esta forma lo que se estima es el beneficio tipo que va a tener estos parques dispuesto en un 7,5% de rentabilidad razonable.

Esto ha generado mucha polémica, ya que no se puede dotar de retroactividad a un RD, por lo que asociaciones de empresarios españoles, UNEF, AEE, grupos de inversión… están intentando de todos los medios parar esta nueva retribución, que sin duda llevará a la quiebra a más de una empresa.

1.3.6. Marco social

El claro ejemplo de lo que se quiere para el archipielago canario, es el ejemplo de la isla de EL Hierro, donde se ha instalado una central hidroeólica. Seria una utopia creer que el resto de las islas fueran 100% renovables, pero canarias tiene un recurso inmenso y se podria hacer mayoritariamente renovable.

Figura 29: Proyecto de El Hierro

Este tipo de tecnología es fuertemente aceptado por la gente de la región, el organismo mas importante que las apoya se llama ACER (Asociación Canaria de Energías Renovables), luchan continuamente por la promoción y creación de una legislación adaptada a el archipiélago, para hacer de El Hierro, una realidad visible para el resto de islas.

Podemos ver la concienciación de la gente hasta tal punto de intentar para unas prospecciones petrolíferas que se están llevando a cabo por Repsol durante 2014.

Figura 30: Apoyo EERR en la Islas Canarias

En el panorama nacional, se apoya también a las energías renovables, pero el panorama político deja muy desolados tanto a empresarios como partidarios.

Esto se ve reflejado en manifestaciones en contra de esta política retroactiva como apoyo a estas energías.

Figura 31: Apoyo EERR en España

1.4. Reino Unido

1.4.1. Características generales

El área total del Reino Unido es de aproximadamente 243.610 km^2 que comprenden la isla de Gran Bretaña y la parte nororiental de la isla de Irlanda (Irlanda del Norte) y otras islas más pequeñas.

El país se encuentra entre el Océano Atlántico y el mar del Norte, a 35 kilómetros de la costa noroeste de Francia, de la costa noroeste de Francia, de la que se encuentra separado por el canal de la Mancha.

La capital y ciudad más poblada es Londres. En cuanto a su demografía, el censo se eleva hasta 63.132.178 habitantes.

1.4.2. Marco económico

La conomía de Reino Unido se compone de las economías de Inglaterra, Escocia, Gales e Irlanda del Norte.

Basado en las tasas de cambio del mercado, el Reino Uido es la sexta economia más grande del mundo y la tercera más grande en Europa después de Alemania y Francia.

La Revolución Industrial se inició en el Reino Unido, en un proceso donde se dio una gran concentración de las industrias pesadas en todo el país, como la construcción naval, la extracción del carbón, la producción de acero y la industria textil. La extensión del imperio creó un mercado exterior enorme para los productos británicos, permitiendo que la nación dominara el comercio internacional en e siglo XIX. Más tarde, como le sucedió a otras economías industrializadas, junto con el declive económico de las dos guerras mundiales, el Reino Unido comenzó a perder su ventaja competitiva y la industria pesada disminuyó. Aunque la fabricación sigue siendo una parte importante de la economía, en 2003 sólo representaba una sexta parte de los ingresos del país.

Durante las últimas decadas el sector terciario aumentó considerablemente y ahora produce un 73% del PIB.

El sector servicios esta dominado por los servicios financieros, especialmente bancos y aseguradoras. Esto hace a Londres el centro financiero más grande en el mundo, ya que aquí se encuentran as sedes de la Bolsa de Londres, el London International Financial and Options

Exchange y el Lloyd's of London, además de ser el lider de los tres "centros de comando" de la economía mundial (junto con Nueva York y Tokio). Además, cuenta con la mayor concentración de sucursales de bancos extrangeros en el mundo.

El turismo también es muy importante en la economía británica. Reino Unido esta clasificado como el sexto destíno turístico más importante en el mundo. Además, Londres es la ciudad más visitada del mundo con 15,6 millones de visitantes en 2006.

Los principales indices económicos del país se puede observar en la siguiente tabla.

	2011	2012	2013	2014(f)
GDP growth (%)	1.1	0.1	1.7	2.1
Inflation (yearly average) (%)	4.5	2.8	2.2	2.3
Budget balance (% GDP)	-7.8	-7.9	-6.4	-6.0
Current account balance (% GDP)	-0.9	-3.6	-3.5	-2.8
Public debt (% GDP)	84.3	88.8	92.1	95.3

Fortalezas:

- El banco de Inglaterra tiene una política monetaria flexible
- Su producción de hidrocarburos reune la cuarta parte de sus necesidades energéticas

Debilidades

- Su economía depende en gran medida de los servicios financieros y del mercado inmobiliario
- Existen desacuerdos dentro de la coalición gubernamental sobre las cuiestiones europeas
- Altos niveles de deuda pública
- Alta deuda privada
- Fragilidad del sistema bancario
- Una proporción significativa de los jóvenes estan en el paro, es una posible fuente de tensiones sociales.

1.4.3. Evaluación de riesgos

El crecimiento dinámico dirigido por sectores volátiles

El crecimiento en 2013 fue impulsado por un resurgimiento del consumo de los hogares y un efecto positivo de inventarios, con los servicios y sectores de la construcción como los principales contribuyentes. En 2014, el consumo de los hogares seguirá siendo el principal contribuyente al crecimiento. El nivel de desempleo, no obstante, sigue siendo alto en comparación con la media a largo plazo (7,8% en 2013 en comparación con el 5% de, 2000 a 2008).

El Banco de Inglaterra (BoE) se ha comprometido a mantener una política monetaria expansionista sin embargo, mientras el desempleo se mantiene en el 7% o superior, con una inflación estable en el 2% (± 1%).

Según las últimas previsiones de futuro del banco central, es poco probable un cambio en la politica monetaria hasta 2015.

En este contexto, los hogares y los inversionistas continuarán beneficiándose de las tasas de interés históricamente bajas durante el año 2014. A pesar de la deuda de los hogares se encuentra en un nivel muy alto (132% de la renta disponible en junio de 2013), el patrimonio neto promedio es también alto (700% de la renta anual), impulsada por los precios de propiedad más sólidos (7,5% en 2013).

En consecuencia, la confianza del consumidor es fuerte, gracias a un posible aumento en los salarios minimos en 2014.

En Enero, el ministro de Finanzas, Sr. Osborne se mostró a favor de un alza de 11% en el salario mínimo del Reino Unido en 2015. Además, el Estado también apoya el sector de la construcción a través de medidas de estímulo en el mercado inmobiliario (Ayuda para comprar).

En 2013, el gobierno arado aglomera casi el 1% de la riqueza nacional, es decir, cerca del 17 millones de libras esterlinas en proyectos de construcción de infraestructura y de construcción de viviendas, al mismo tiempo que anunciaba su intención de dar prioridad a la mejora de la red viaria. Por tanto, este sector se mantendrá en una tendencia positiva en 2014.

En el sector manufacturero, la producción sigue siendo un 15% por debajo del nivel anterior a la crisis, al igual que el inicio de la década de 1990. Encuestas realizadas a los gerentes de

negocios en enero de 2014 reflejan el aumento de la confianza en la economía del Reino Unido en el mediano plazo.

Con una fuerte tasa de utilización de la capacidad de producción (82%), la actividad económica se verá apoyada por un aumento en las inversiones, en particular la renovación del capital fijo.

Los créditos a empresas no financieras y a pequeñas empresas aumentaron durante Q4 2013. Este tipo de crédito seguirá creciendo durante 2014, ya que el Banco de Inglaterra tiene la intención de ayudar a las PYME a la financiación, proporcionando facilidades de liquidez a buen precio para los bancos prestamistas.

Por otra parte, el impuesto de sociedades se reducirá en un punto (23%). El estado planea recortar las prestaciones sociales en 2014 (excluidas las pensiones de asistencia sanitaria, educación y jubilación) y para reducir los cargos que pesan sobre las empresas (aportes patronales inferiores) y también disminuir la banda impositiva máxima (el 45% frente al 50% anterior).

La inflación se mantendrá en el rango meta, ligeramente por encima del 2%, impulsado por la demanda interna optimista y el aumento del comercio con los socios europeos.

Exportaciones más fuertes en 2014

El repunte de la actividad económica en la zona euro (47% de las exportaciones) acentuará esta entrada positiva al crecimiento del comercio exterior. El crecimiento se acelerará en los dos principales socios de comercio del Reino, Alemania y los EE.UU. (cada una representando un 11% de las exportaciones). Además, si bien los productos británicos disfrutan de la limitada flexibilidad de precios, sin embargo, van a beneficiarse de una libra relativamente débil.

En 2013, el tipo de cambio era alrededor de £ 0,85 a 1 €, en comparación con £ 0.65 2000-2007, es decir, más de un 20% más bajo. La balanza por cuenta corriente del Reino Unido sigue siendo muy dependiente de los servicios financieros. El déficit del comercio mundial y el PIB es de aproximadamente 7 puntos, mientras que la balanza comercial de servicios se sitúa en un superávit de 5 puntos.

Londres sigue siendo líder en el mercado financiero del mundo. Un ritmo más rápido de crecimiento entre las economías desarrolladas se verá aumentada en los servicios financieros del Reino Unido. En este contexto, el déficit por cuenta corriente se contraerá ligeramente en 2014.

El sistema bancario continua sobredimensionado

Los bancos constituyen un punto débil en la economía. En términos de valor absoluto, el sistema bancario del Reino Unido es efectivamente la tercera mayor del mundo, después de los EE.UU. y Japón (11.000 millones de libras que representa un 900% del PIB).

Con el fin de limitar el riesgo sistémico que resulta de un defecto o una recapitalización de uno de los grandes, los bancos del Reino Unido han tenido que racionalizar sus balances.

Por ello, han reducido sus balances en casi un 20% y acumuló depósitos con el fin de limitar el riesgo de refinanciamiento. Las dos principales instituciones financieras nacionalizadas en particular (RBS y Lloyds) son antes de lo previsto, en términos de la implementación de los planes de reestructuración impuestas por la Comisión Europea.

Sin embargo, los bancos con mayor presencia en el mercado interno siguen estando expuestos a un riesgo inmobiliario. Medidas recientes del gobierno que apoyan el sector inmobiliario (el Estado puede financiar hasta el 20% de los préstamos) podrían alentar a los bancos a otorgar más préstamos e inflar la burbuja inmobiliaria.

1.4.4. Marco energético

Reino Unido se ha postulado siempre como lider europeo en materia enegética, debido a los grandes yacimientos del Mar del Norte en materia de recursos fósiles. Pero actualmente esto ya no es asi, estos yacimientos se han visto mermados notablementes, convirtiendose el reino unido como un importador neto de estos recursos.

Gracias a esto han centrado su mirada en los últimos años en la energía renovable, también es debido al suceso acaecido en Fukusima ha hecho que aumente la reticencia del uso de la energia nuclear.

Reino Unido se establece actualmente como el mejor mercado de eólica offshore del mundo.

Producción Nacional

Como ya se ha comentado en el presente proyecto, el Reino Unido es un claro productor de recursos fósiles de Europa.

Pero se ha visto un claro descenso en sus producciones, pasando a ser un gran importador de estos recursos, debido a la merma que esta sufriendo sus principales yacimientos en el Mar del Norte.

Análisis del petróleo

Mediante las siguientes gráficas, podemos observar la evolución del petróleo desde 2001-2010

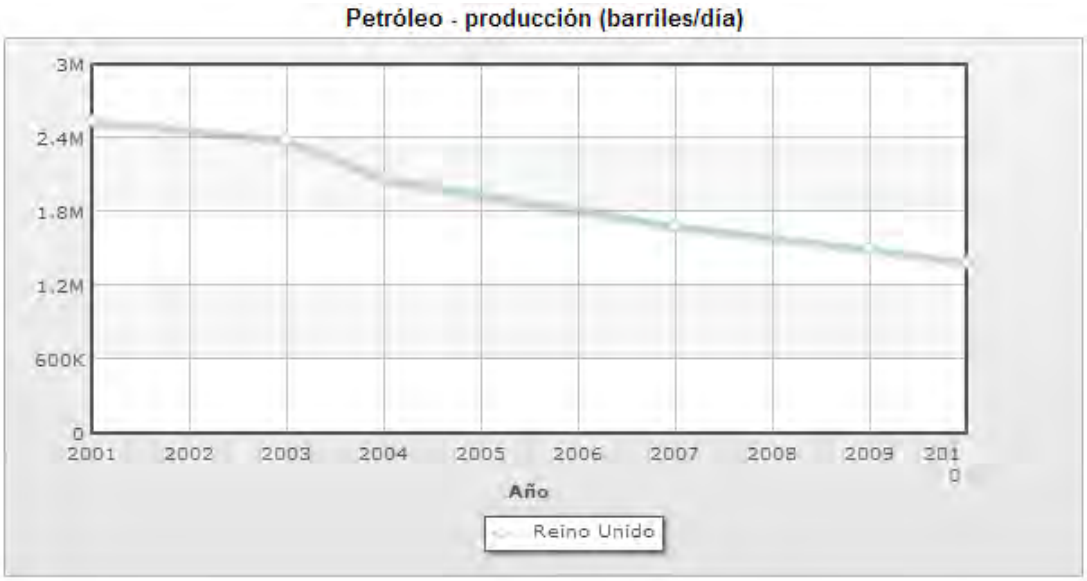


Figura 32: Evolución de la producción de petróleo Reino Unido

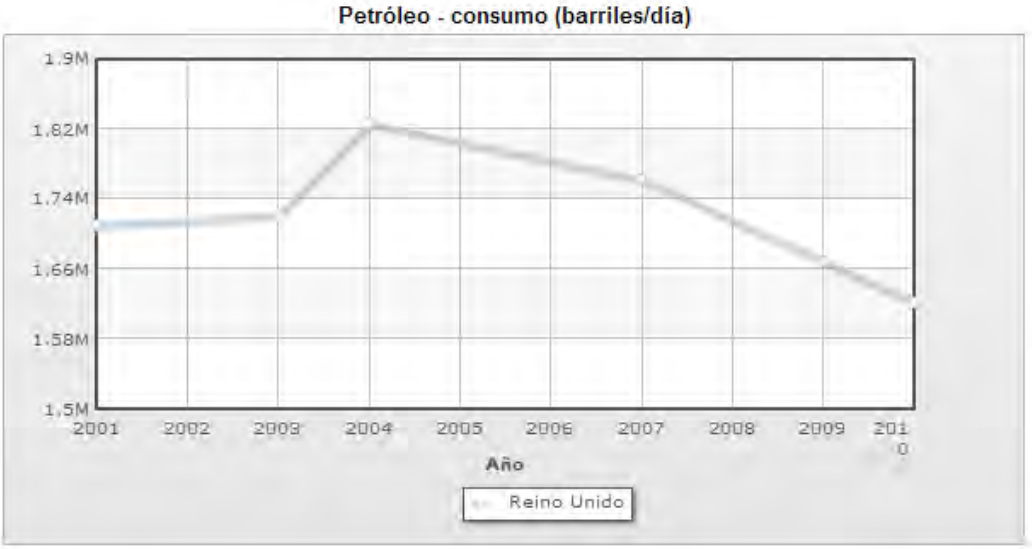


Figura 33: Evolución del consumo de petróleo Reino Unido

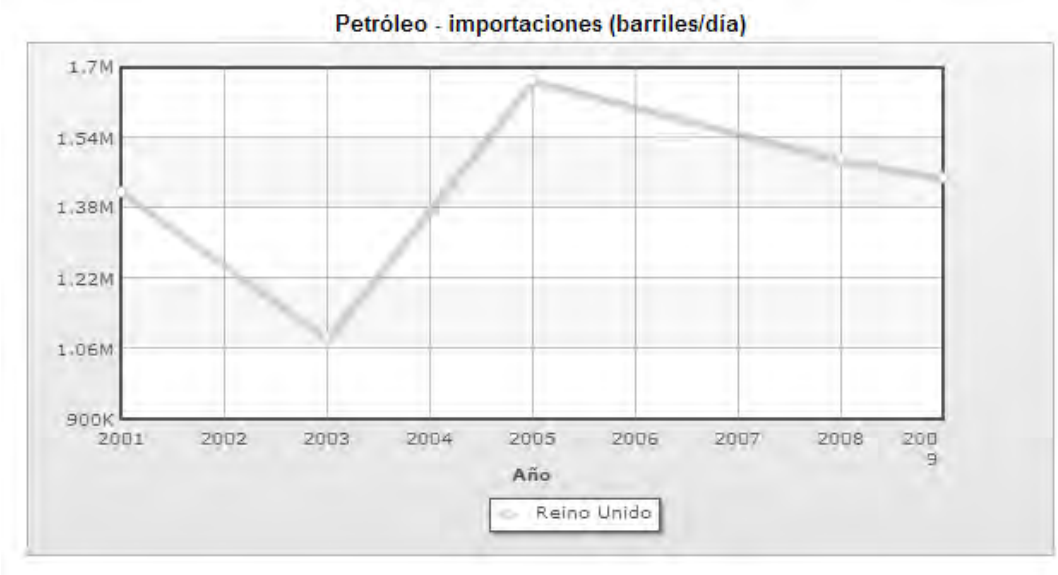


Figura 34: Evolución de lass importaciónes de petróleo Reino Unido

Análisis del Gas

Mediante las siguientes gráficas podemos observar la evolucion del Gas desde 2001-2010

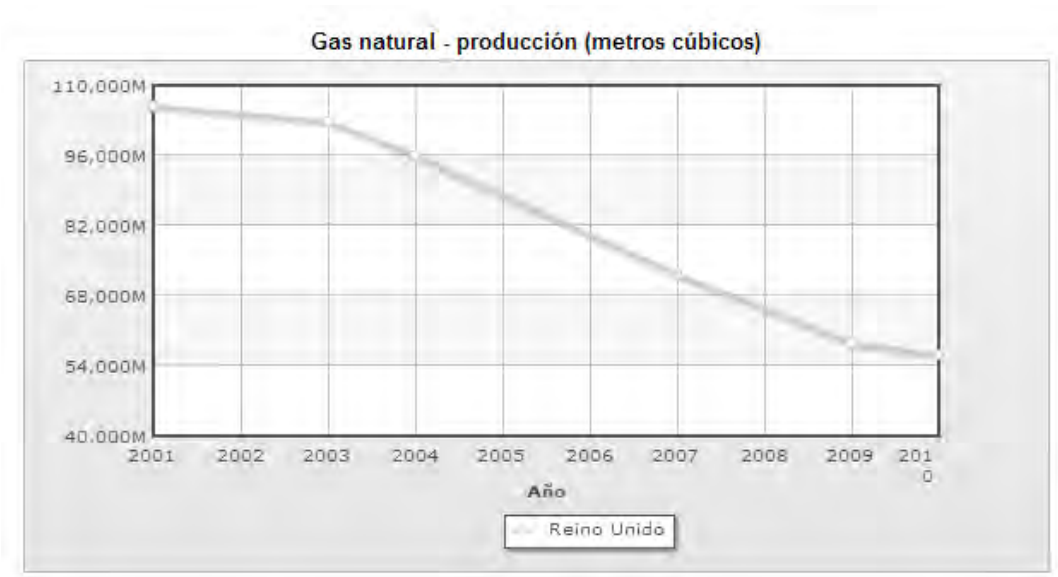


Figura 35: Evolución de la producción de gas Reino Unido

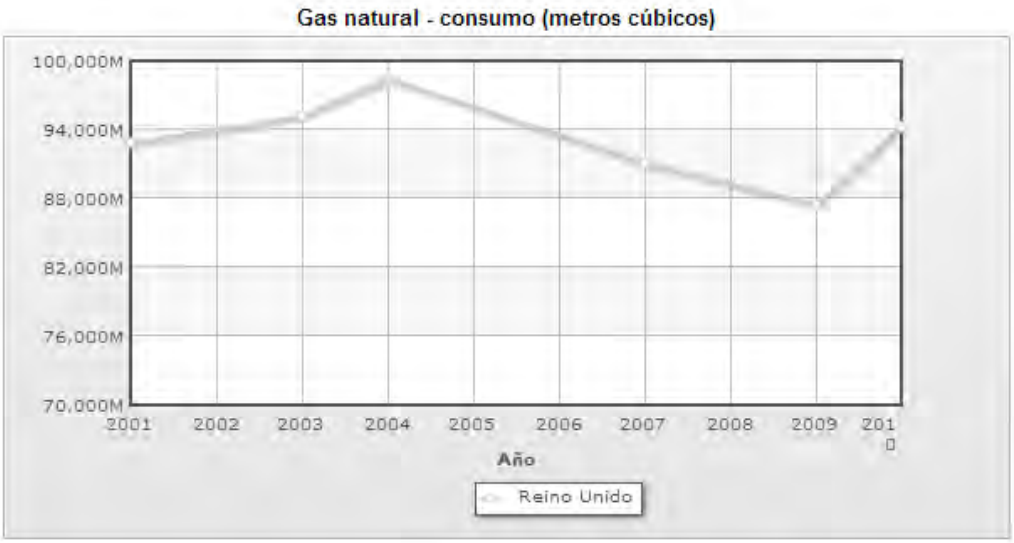


Figura 36: Evolución del consumo de gas Reino Unido

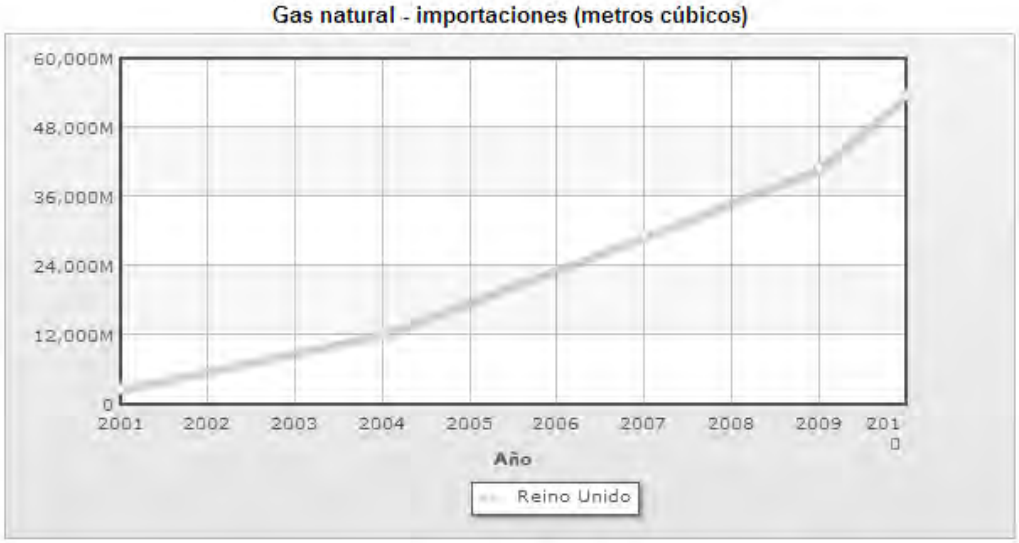


Figura 37: Evolución de las imporaciónes de gas Reino Unido

Análisis del consumo

La siguiente grafica nos muestra la variacion del consumo energético del país.

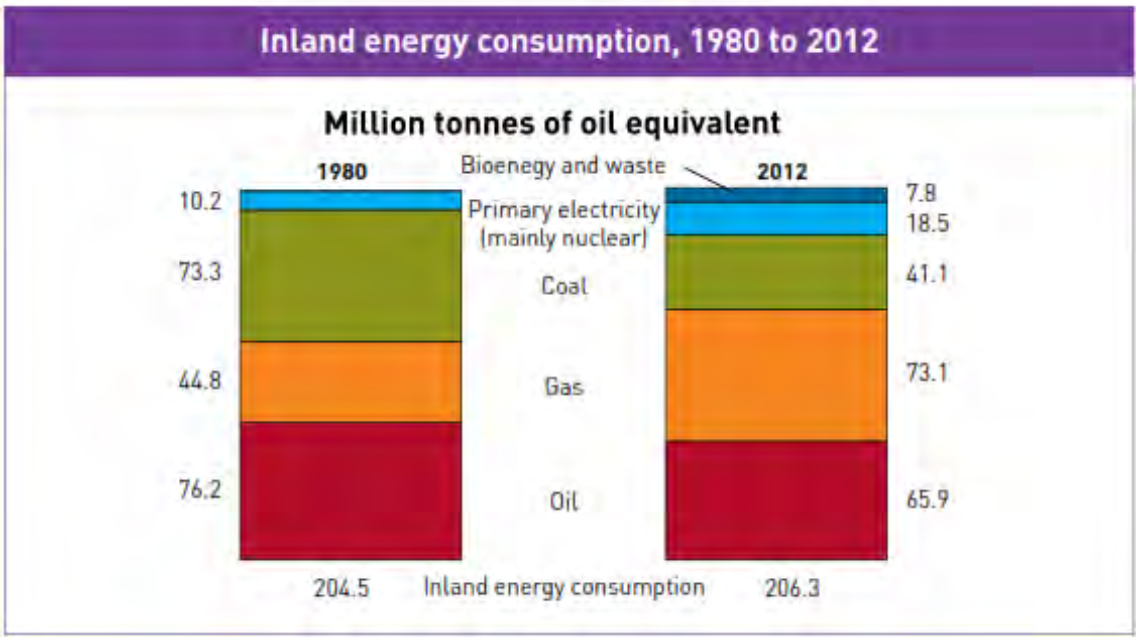


Figura 38: Variación del consumo energético en Reino Unido

Conclusión

Se puede observar el enorme descenso de la producción tanto de petróleo como de gas, hasta la mitad desde 2001,en el caso del petróleo ha descendido su consumo, debido también a que se ha pasado a consumir más gas, el cual ve incrementado su consumo sobre todo en los últimos años.

Por ello Reino Unido ha pasado a ser un importador neto de ambos recursos.

Mix energético

El mix principal del país se basa sobretodo en los últimos años en el gas, que ha visto aumentadas considerablementes sus importaciónes, y en el caso del carbón, ha caído considerablemente, del 70% al 30%. Ésto fue debido sobre todo a la huelga de mineros de 1984.

En cuanto a la energía nuclear, Reino Unido tiene instalados 22 MW, pero la línea de su política energética gira entorno a las energías renovables, gracias a su inmenso apoyo hacia las mismas y a su fuerte regulación.

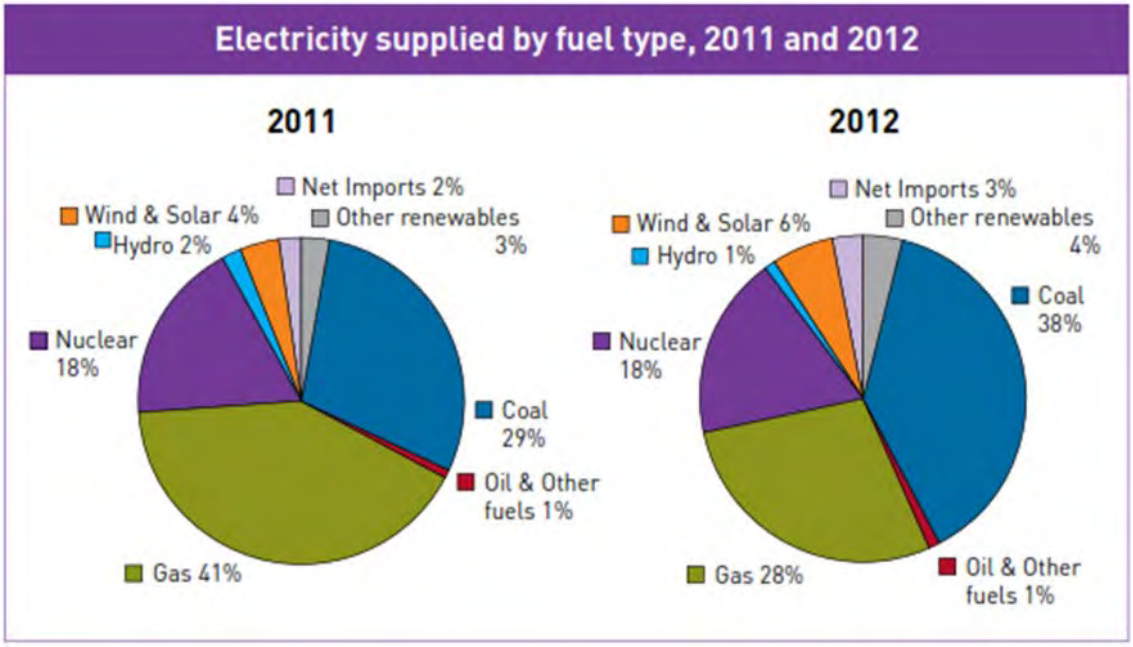


Figura 39: Electricidad suministrada por tipo de combustible

Mix EERR

El mix en materia renovable es amplio, siendo sus principales pilares la bioenergía y la eólica.

Actualmente existe una fuerte campaña de fomento hacia la eólica offshore debido al su gran potencial en el Reino Unido.

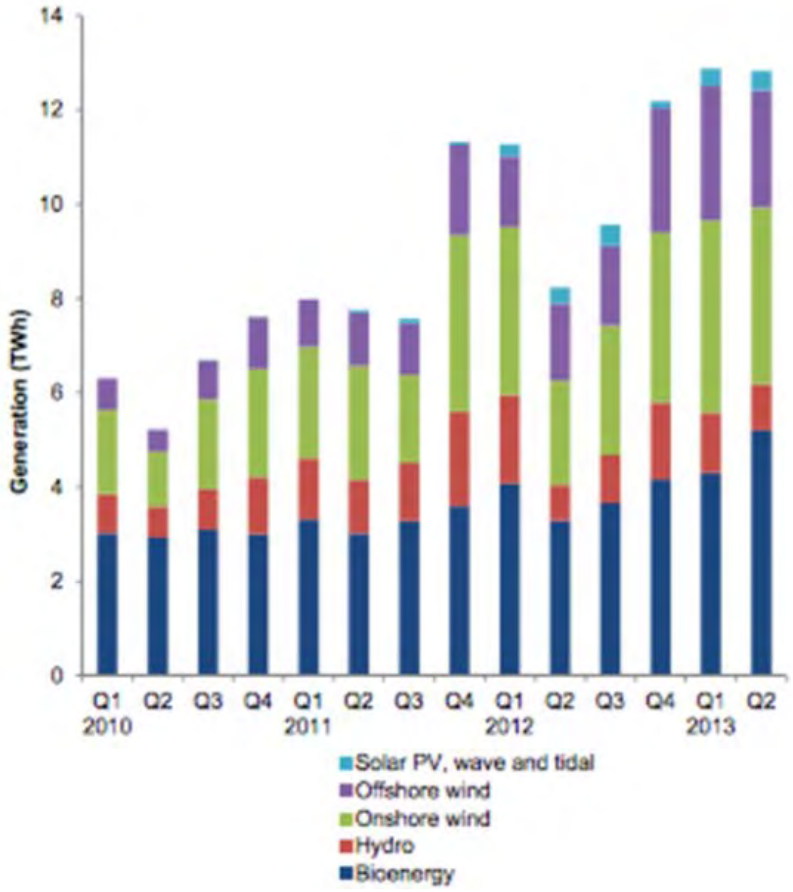


Figura 40: Evolución del mix renovable Reino Unido

Gestión de la energía

En materia de energía, para su análisis, nos centraremos principalmente en el mercado offshore, el cual tiene la regulación más potente de Reino Unido.

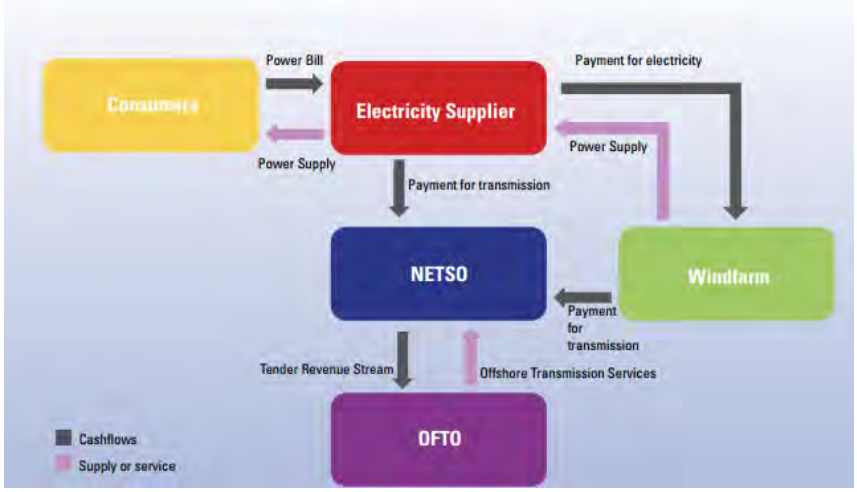


Figura 41: Regulación del mercado eólico

El encargado de regular tanto la gestion como el transporte de la energía electrica es el NETSO.Esta organización garantiza la continuidad de suministro.

El encargado de la compra venta tanto la generación asi como de los ROC's es el OFGEM.

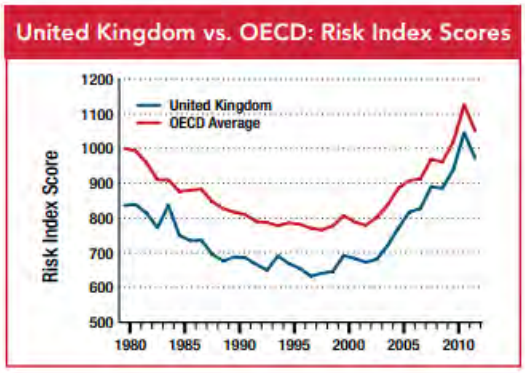
EL OFTO son las empresas dedicadas a realizar el punto offshore de conexión a red, imponiendo un canon por generación.

1.4.4.1. Análisis de riesgo del mecado energético

Gracias al INTERNACIONAL INDEX OF ENERGY SECURITY RISK podemos analizar en que situación se encuentra España en el mercado energético en concreto.

Energy Security Risk Summary: United Kingdom

Risk Scores:	
2012 Energy Security Risk Score	973
2012 Large Energy User Group Rank	4
Score in Previous Year	1,044
Rank in Previous Year	4
Score in 1980	836
Average Score: 1980-2012	755
Best Energy Security Risk Score	633 (1997)
Worst Energy Security Risk Score	1,044 (2011)
Risk Scores Relative to OECD Average:	
Average Annual Difference 1980-2012	-14%
Best Relative Score	-18% (1989)
Worst Relative Score	-7% (2011)



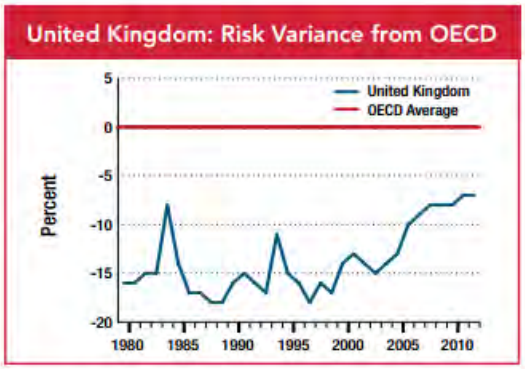


Figura 41: Riesgo energético en Reino Unido

Podemos observar que el Reino Unido se encuentra a un nivel de riesgo menor que los países de la OECD. Asi mismo, se ha establecido un ranking de estos países, donde el Reino Unido se encuentra en la posición numero 4.

Desde la década de 1980, el Reino Unido se ha afincado entre el top cinco de países con mayor seguridad energética entre los países de la OECD.

Esto se debe a que el Reino Unido cuenta con importantes reservas de petróleo, gas y carbón, siendo el mayor productor de crudo despues en Europa, despues de Noruega, y el tercer mayor productor de gas natural, despues de Noruega y Paises Bajos.

En cuanto a producción de carbón durante un tiempo fue el tercero más importante de Europa.

La mayor parte de los yacimientos de petróleo y de gas se encuentran en el Mar del Norte.

Esto ha sido sobre todo desde 1976, donde la producción de crudo era de 2,6 millones de barriles diarios. Pero esta situación no duró mucho, entre 1981 y 2005, el Reino Unido era autosuficiente en petróleo, y a partir de 2006 el Reino Unido se convirtió en un importador neto de petróleo debido al descenso de la producción del Mar del Norte.

En cuanto al gas desde 1997, se ha convertido en importador, subiendo esta cifra de una forma progresiva.

Mirando para el futuro, y con las nuevas técnicas de perforacion, fractura hidraulica, perforación horizontal… así como las nuevas tecnologias ayudarán al Reino Unido a mantener, o incluso aumentar su producción nacional de petróleo y gas natural.

1.4.5. Marco político

Reino Unido es un estado miembro de la Unión Europea, su forma de estado se basa en la monarquía parlamentaría, siendo Isabel II la jefa de estado.

El Reino Unido cuenta con un gobierno parlamentario, basado en el sistema Westminster, el cual ha sido emulado alrededor del mundo, uno de los legados del Imperio británico.

El parlamento del Reino Unido, que se reúne en el Palacio de Westminster tiene dos cámaras: la Cámara de los Comunes (elegida por el pueblo) y la Cámara de los Lores. Cualquier ley aprobada por el parlamento requiere el consentimiento real para convertirse en ley. El hecho de que el parlamento descentralizado en Escocia y las asambleas en Irlanda del Norte y Gales no sean órganos soberanos y puedan ser abolidos por el parlamento británico, hace que este último sea el órgano legislativo más importante en el país.

El puesto del primer ministro, jefe de gobierno del Reino Unido, lo ocupa el miembro del parlamento que obtiene la mayoría de votos en la Cámara de los Comunes, por lo general es el líder del partido político con más asientos en dicha cámara.

El primer ministro y el gabinete son nombrados por el rey para formar el "Gobierno de Su Majestad", aunque el primer ministro elige al Consejo de Ministros, y por convención, el rey respeta su elección.

Tradicionalmente, el gabinete se conforma de miembros del mismo partido del primer ministro de ambas cámaras legislativas, en su mayoría de la Cámara de los Comunes.

El poder ejecutivo es ejercido por el primer ministro y el gabinete, quienes hacen su juramento delante del rey, para formar parte del Consejo Privado, de tal modo que se convierten en Ministros de la Corona. En las elecciones de 2010, el líder del Partido Conservador, David Cameron, puso fin a los trece años del mandato laborista y asumió el papel de primer ministro.

Las elecciones generales son convocadas por el monarca. Aunque no existe ningún plazo mínimo para ocupar un puesto en el parlamento, la Ley del Parlamento de 1911 exige que se debe llamar a una nueva elección dentro del plazo de cinco años después de las elecciones anteriores. Anteriormente, para las elecciones a la Cámara de los Comunes, el territorio nacional se dividía en 646 distritos electorales, con 529 en Inglaterra, 18 en Irlanda del Norte, 59 en Escocia y 40 en Gales; este número aumentó a 650 en las elecciones generales del 2010. Cada distrito electoral elige a un miembro del parlamento por mayoría simple.

El Partido Conservador, el Partido Laborista y los Liberales Demócratas, son los principales partidos políticos; en las elecciones generales de 2010 ganaron 620 de los 650 escaños disponibles en la Cámara de los Comunes. La mayoría de los escaños restantes fueron ganados

por partidos que sólo compiten en una parte del país, como el Partido Nacional Escocés (sólo en Escocia), el Partido de Gales (sólo Gales), el Partido Unionista Democrático, el Partido Socialdemócrata y Laborista, el Partido Unionista del Ulster y el Sinn Féin (sólo en Irlanda del Norte, aunque el Sinn Féin también compite en las elecciones en Irlanda).

Regulación EERR

Reino Unido se ha afincado como el mejor mercado Offshore del mundo, gracias a su potente regulación del mismo, al gran recurso existente y al buen acceso financiero.

Reino Unido ha elaborado un sistema a base de ROUNDS donde se ha investigado el recurso existente, y cuanto se quiere instalar en el mismo, entonces las diferentes empresas presentan sus proyectos en las zonas designadas.

Round 1 (2001):
- 18 Sites
- 1,5 GW Schedule

Round 2 (2003):
- 3 strategic areas
- 7,5 GW

Round 3 (2012):
- 9 strategics areas
- 13 GW

Scotish development:
- 6 sites
- 5 GW

Figura 42: Rondas de licitación, Rounds

Gracias a ésto consiguen controlar todo el mercado, y que no pasesn situaciones como la vivida en España**.**

En el caso de Escocia, se pretende convertir 100% renovable.

La forma de fomentar la instalación de EERR en Reino Unido, es mediante un mercado paralelo, la compraventa de ROC's.

Consiste en un certificado verde, se ha impuesto a las distribuidoras que en su venta energética el 25% deberia ser renovable, y esto se certifica mediante los ROC's.

Los ROC's son repartidos por el OFGEM a las generadoras renovables, contabilizando 1 ROC por MW en onshore y 2 ROC por MW en Offshore.

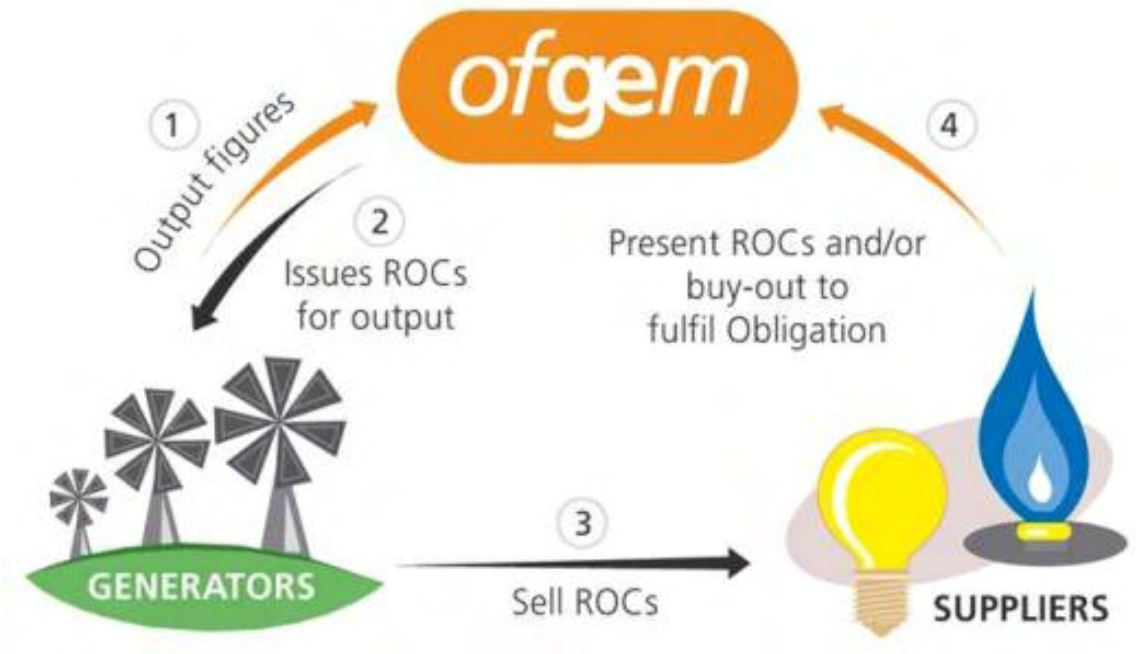


Figura 43: Regulación certificados verdes

1.4.6. Marco social

Reino Unido es uno de los paises más concenciados con el medio ambiente en Europa y en el mundo, de ahí que tengan una alta concienciación en lo referente a las energías renovables.

Hay que destacar que la energía eólica offshore es una de las energías más apoyadas de todo Reino Unido, siendo solo superado por la energía solar.

Finalmente hay que destacar que un estudio realizado por la universidad de Londres matiza que las personas que viven cerca de los centros de generación renovable, apoyan más este tipo de energía que las personas que viven más lejos.

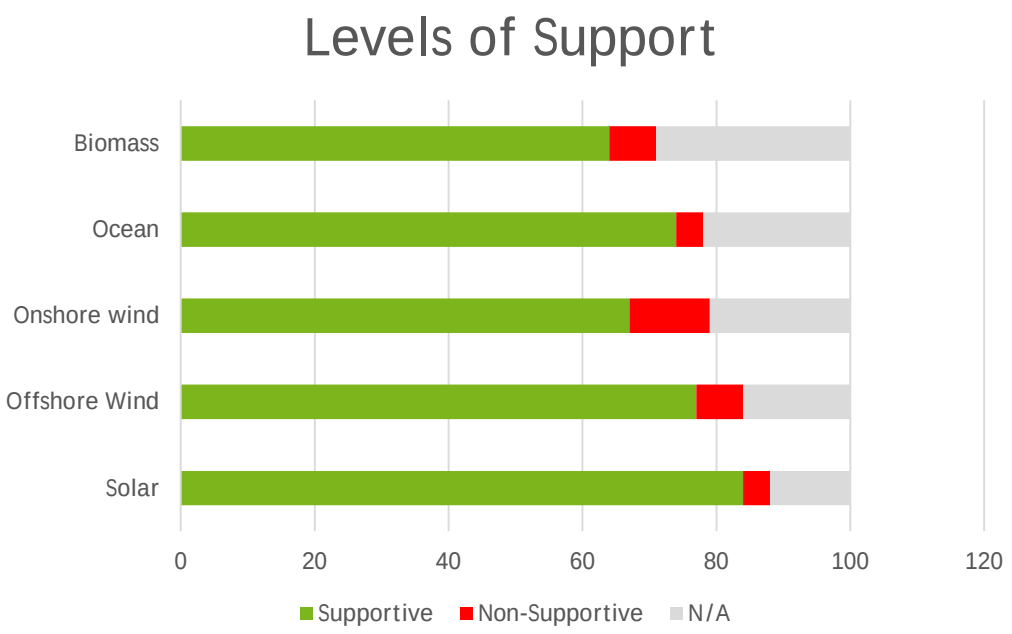


Figura 44: Sensibilidad social sobre las EERR en Reino Unido

1.5. Energía eólica offshore

1.5.1. Eólica offshore a nivel mundial

La Energía Eólica Marina, desde sus comienzos hasta nuestros días, se ha venido desarrollando en territorio europeo. En concreto, en países como Dinamarca, Reino Unido, Suecia, Holanda, Irlanda y Alemania, y teniendo el Mar del Norte y el Mar Báltico como principales escenarios. Además, la mayoría de estos países han creado una legislación específica y procedimientos adecuados, que han ayudado al desarrollo de este tipo de generación renovable.

La primera instalación Eólica Marina de la historia, tuvo lugar en Nogersund (Suecia) en el año 1990. Se trataba de un aerogenerador de 225 kW situado a 350 metros de la costa, que se apoyaba sobre una estructura con forma de trípode apoyada en el lecho marino, a unos 6 metros de profundidad.

Figura 45: Primera Inst. Eólica Marina de la historia en Nogersund

1.5.2. Evolución histórica

En los años 90, se han sucedido varios proyectos con diferentes tecnologías, en lo que el aerogenerador y el tipo de cimentación han ido adaptándose a los nuevos mercados confirmando la convivencia y el futuro de la tecnología Offshore. El primer parque eólico

marino de la historia es el de Vindeby (Dinamarca – 1991), con tecnología Bonus (Siemens Windpower).

Figura 46: Primer parque eólico de la historia Vindeby

En esta primera fase, se emplearon aerogeneradores de 450-600 kW, a profundidades de hasta 6 m y separados un máximo de 4 km de la costa. También, se comienzan a estandarizar las cimentaciones de gravedad y monopilotes (dirigidos y perforados). Se trataba de proyectos experimentales de potencia reducida (de 2 MW a 16,8 MW), sobre los que se planteaban ciertas dudas inicialmente, pero que, sin embargo, demostraron buenos índices de rentabilidad y fiabilidad (Vindeby está a punto de cumplir 15 años

El monopilote se ha consolidado como la tecnología más adecuada para este tipo de proyectos (5-25 metros). De hecho, en la primera fase (Round 1) de desarrollo comercial en Reino Unido, el monopilote es la única tecnología utilizada.

Figura 47: Instalación turbina con monopilote

Dentro de Europa, Reino Unido tiene con gran diferencia la mayor capacidad de los parques eólicos offshore con alrededor de 3 GW. Mientras que el Reino Unido es líder con 50 % del mercado eólico marino, hay más de 2 GW eólicos en construcción en Alemania. Japón entra en el mercado offshore con prototipos de aerogeneradores flotantes.

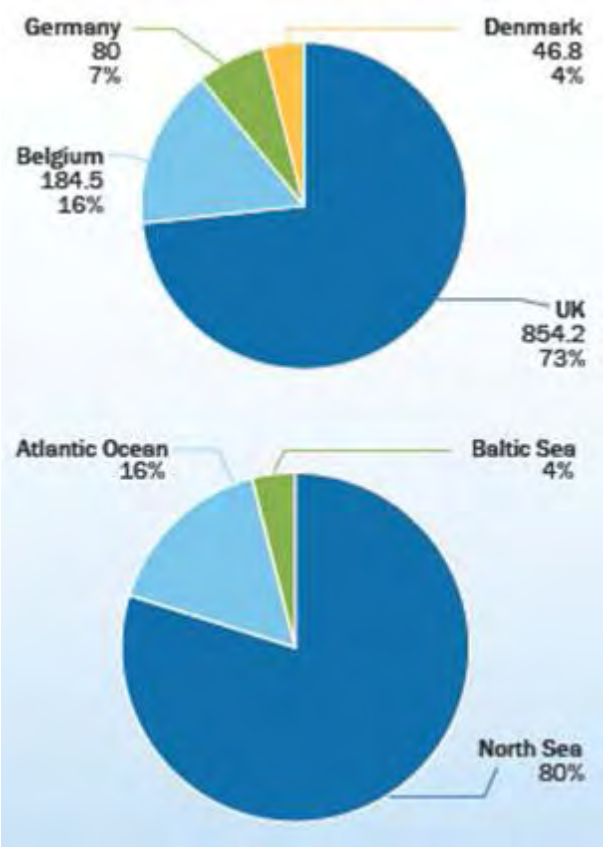


Figura 48: Parques eólicos marinos

El sector de la energía eólica marina ha ido acercando la capacidad de 6.900 MW a nivel mundial con el 90% de las turbinas eólicas en las aguas europeas.

Las actividades offshore de I + D en Japón dio lugar a la instalación de varios prototipos de aerogeneradores, incluyendo los **flotantes** de 2 MW. Los fabricantes europeos empujaron los límites de las dimensiones de las turbinas eólicas en alta mar que se preparan para un mayor crecimiento de la energía eólica marina en todo el mundo .Los prototipos con diámetros de rotor de 150 metros a 164 metros y las capacidades correspondientes de 6 a 8 MW se han instalado recientemente.

1.5.3. Eólica offshore en España

Hoy en día no existen parques eólicos marinos en España, sin embargo, hay varios proyectos de pruebas en Las Palmas de Gran Canaria, donde hay buen recurso eólico, en la Plataforma Oceánica de Canarias "PLOCAN", cerca donde vamos a realizar nuestro proyecto.

Un ejemplo reciente, es la instalación de un aerogenerador de 5MW de Gamesa instalado en la zona de Arinaga, Las Palmas de Gran Canaria.

Figura 49: Aerogenerador instalado en la zona de Arinaga

Un extracto sacado de Europa Press, periódico digital, nos informan sobre cómo está respondiendo esta tecnología en este nuevo emplazamiento:

El prototipo de la turbina offshore que Gamesa tiene instalado en el muelle de Arinaga (Gran Canaria) batió el pasado 2 de noviembre el récord de generación eléctrica de un aerogenerador en España tras producir 118,05 megavatios-hora (MWh).

Según informó la compañía, esta marca supera la máxima anterior, situada en 107,82 MWh, también conseguida por un aerogenerador de la empresa, la G128-4,5 MW, en julio de 2012.

Para Gamesa, esta cifra "demuestra la gran fiabilidad de la turbina, capaz de soportar condiciones límite de viento durante más de 24 horas seguidas sin sufrir ninguna incidencia".

Además, agregó que confirma la idoneidad del emplazamiento seleccionado para reproducir las condiciones marinas y sirve para completar la captura de datos necesarios para conseguir la certificación.

Con todo, la G128-5.0 MW Offshore se puso en marcha en julio y desde entonces ha generado más de 2 gigavatio hora (GWh), energía que se ha inyectado a la red eléctrica para consumo local. Este prototipo es el primer aerogenerador marino instalado en España."

1.5.4. Eólica offshore en Reino Unido.

El Reino Unido ha sido líder mundial en energía eólica offshore desde Octubre de 2008, con la mayor capacidad instalada en todo el mundo.

- **22** Proyectos
- **1075** Turbinas
- **3653** Capacidad Marino (MW)

La capacidad de generación del total de la instalación en Reino Unido proporciona alrededor de 8 TWh anuales, lo que equivale al consumo eléctrico de unos 2 millones de hogares.

Además de la capacidad ya instalad, existen 5,7 GW en construcción o en aprobación y unos 12,3 GW en proceso de aceptarse.

Se espera que para 2016 estén instalados alrededor de 8GW y 18GW para 2020, lo que supondría entre un 18 y 20% de la generación eléctrica en Reino Unido anualmente.

Esta tecnología, como toda industria, genera gran número de empleados, situados a día de hoy en 6830 a tiempo completo.

Round 1, 2 y 3

El primer parque eólico marino era una situada aproximada a la costa del puerto de Blyth, al noreste de Inglaterra, que comenzó a operar en 2001.

Figura 50: Blyth 4MW

Desde entonces, el sector ha desarrollado una serie de Rounds, coordinados por el Crown Estate, el propietario y propietario de los fondos marinos.

El Round 1 se inició en 2001 y aún está por terminar. Se trata de 18 ubicaciones entre Inglaterra y Gales. Su capacidad potencial es de 1,5GW

Dos años después del inicio del primero Round, se establece el Round 2, situada lejos de la costa y en aguas profundas. Ubicadas en tres áreas estratégicas: Gran Wash, Gran Támesis y Mar de Irlanda. Cuando se termine de instalar este segundo Round la capacidad sumará 7 GW.

Figura 51: Thanet 300MW

El Round 3, lanzado en 2010 es el más grande hasta ahora y cuenta con nueve zonas en todo el Reino Unido.

El parque con el potencial más grande de este Round y de los más grandes en el mundo será el de Dogger Bank, con una capacidad de 13GW.

Figura 52: Dogger Bank

La construcción se ha establecido que empiece este mismo año (2014) y tiene una capacidad total de 31GW.

Además de estas rondas, existe un programa de mayor desarrollo en la aguas territoriales de Escocia supervisado por el mismo gobierno que proporcionará un potencial de 5GW en 6 sitio diferentes.

2. OBJETIVO

El objetivo del proyecto consiste en un estudio comparativo entre un parque Offshore en Canarias y en Reino Unido.

Se procede al estudio de dos mercados completamente diferentes, por una parte tenemos Reino Unido, que se ha afianzado como el top mundial de offshore, y por otro el mercado español donde no existe tecnología de la misma.

Se instalarán dos parques con la misma potencia de 200MW con 50 aerogeneradores Siemens de 4MW.

Antecedentes

Se ha escogido el archipiélago Canario debido a que es la zona con mejor recurso de España y su generación se basa en los recursos fósiles, por lo que el coste de generación es más del doble que en la península. Con la inclusión de las energías renovables se abaratarían los altos costes, siendo muy rentable a nivel nacional. Es necesario hacer un estudio comparativo a nivel técnico-económico por lo que se realiza el diseño de un parque en el Reino Unido, que nos marcará una tendencia de precios para poder compararlo con Canarias, así como realizar un estudio de mercado y su posible implementación o adecuación de la regulación existente en Canarias.

Análisis situaciónal

En ambos casos se ha realizado un estudio de emplazamientos, con el fin de seleccionar una ubicación óptima tanto como para su aprovechamiento de recurso, como optimización de las operaciones que vamos a realizar, sin dejar de atender tanto a la demanda energética como a los sistemas de transporte para asegurar que el 100% de nuestra energía podrá ser evacuada.

Los países escogidos son Reino Unido y España.

3. EMPLAZAMIENTOS

3.1. GALES

La elección de este emplazamiento se ha escogido teniendo en cuenta unos parámetros fundamentales, la conexión a la red, para asegurar la evacuación total de nuestra energía, de las áreas ambientales restringidas, de su profundidad y del recurso.

3.1.1. Análisis del recurso

Reino Unido se caracteriza por tener buen recurso eólico. En la zona de Gales son de componente nordeste siendo esta zona la segunda mejor de todo el Reino Unido para la tecnología Offshore.

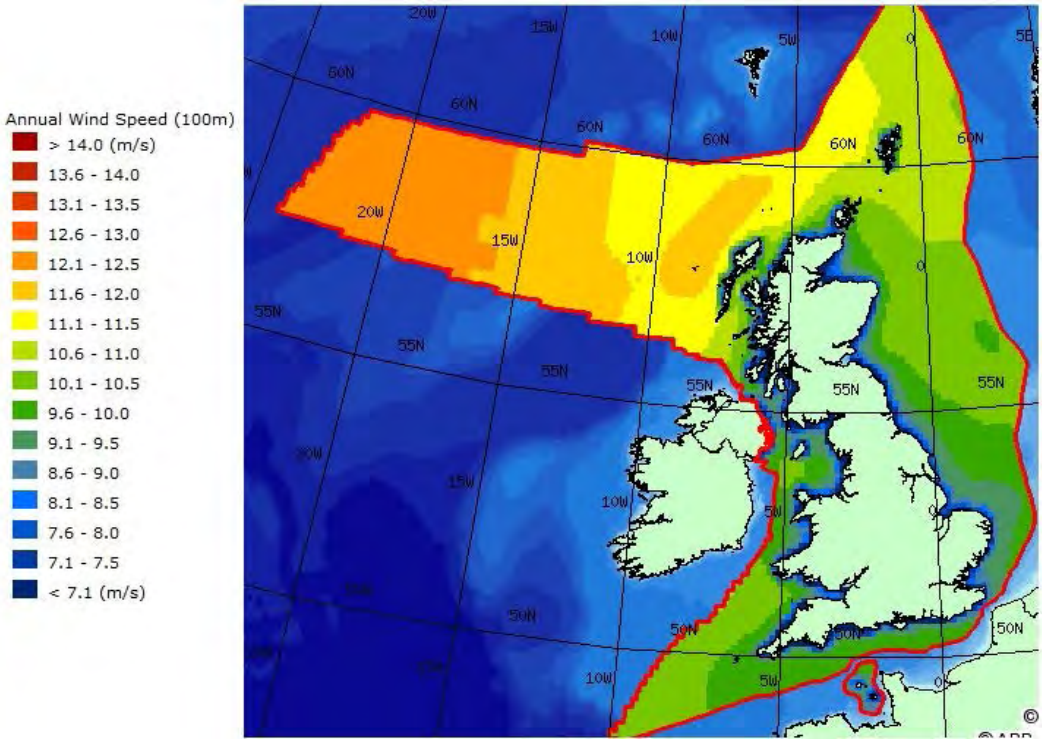


Figura 53: Potencial eólico Reino Unido

3.1.2. Batimetría

Éste factor es determinante para la selección del emplazamiento. Reino Unido tiene una gran ventaja respecto al resto de países ya que su profundidad no suele superar los 50 metros. En gran parte de la costa su profundidad se mantiene en torno a 20 metros, siendo ventajoso para reducir el coste de inversión.

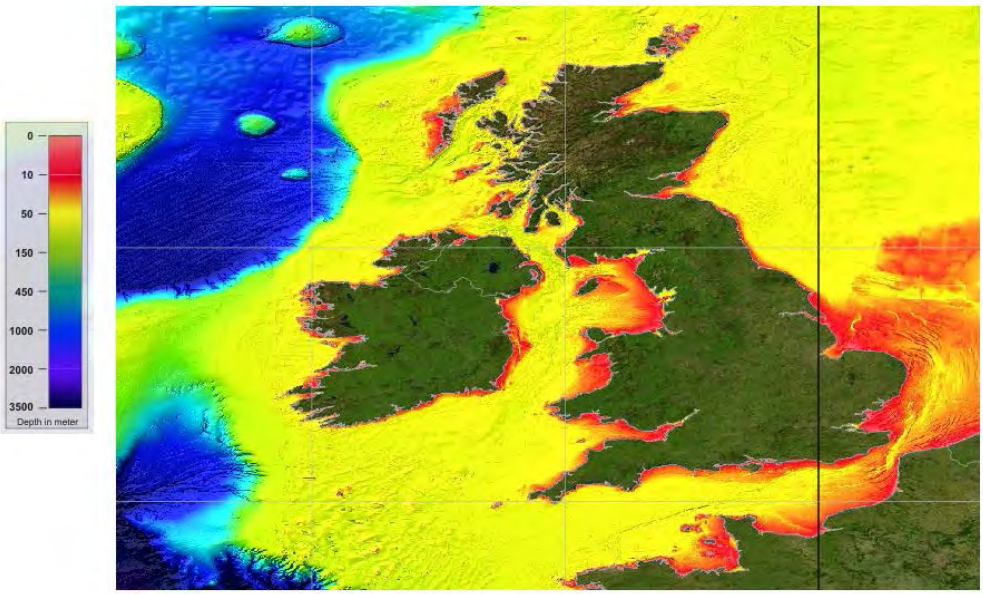


Figura 54: Batimetría

3.1.3. Logística

La ubicación final está cerca de la costa de Gales, a unos 20 km al suroeste. Para poder realizar la instalación emplearemos el puerto de Bristol para el almacenamiento de los componentes y como base de operaciones ya que es el puerto que permite barcos de mayor calado. Los componentes serán enviados desde Dinamarca ya que la fábrica de siemens se sitúa en este país, realizando total de 10 viajes transportando los componentes para 5 turbinas en cada barco.

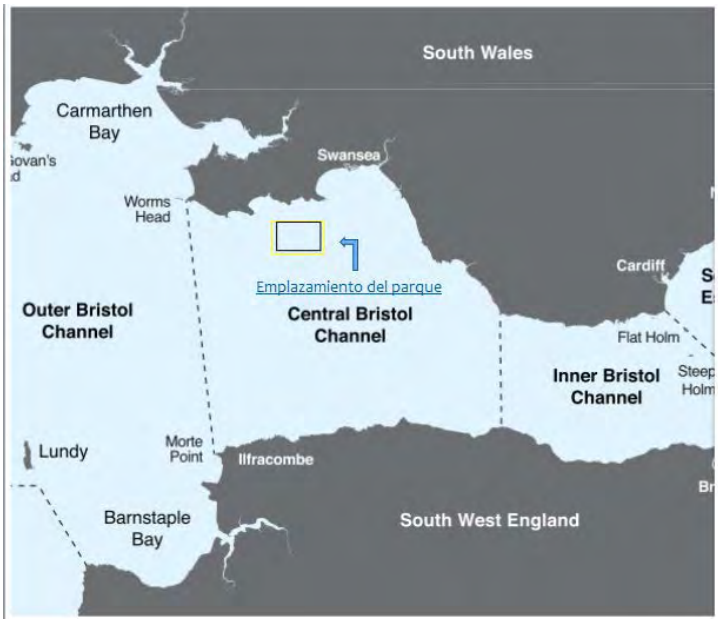


Figura 55: Localización

3.1.3.1. Conexión a red

En la zona establecida de Gales existen varias subestaciones donde evacuar la energía. Debido a la potencia instalada del parque debemos optar por la más cercana a la costa, evitando grandes caídas de tensión y de la que salen líneas de transporte de mayor tensión, como son 132kV.

Por lo que la subestación elegida ha sido la de Swansea, como se muestra en la siguiente figura:

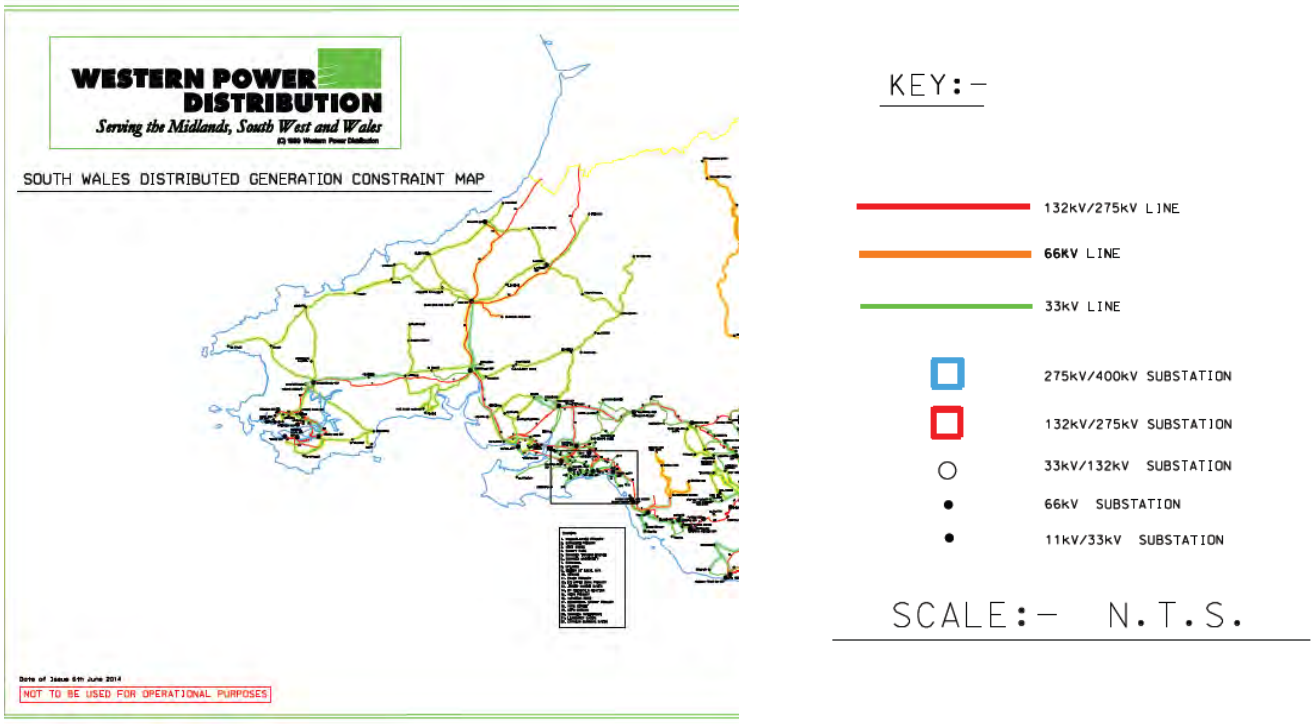


Figura 56: Conexión a red, Swansea

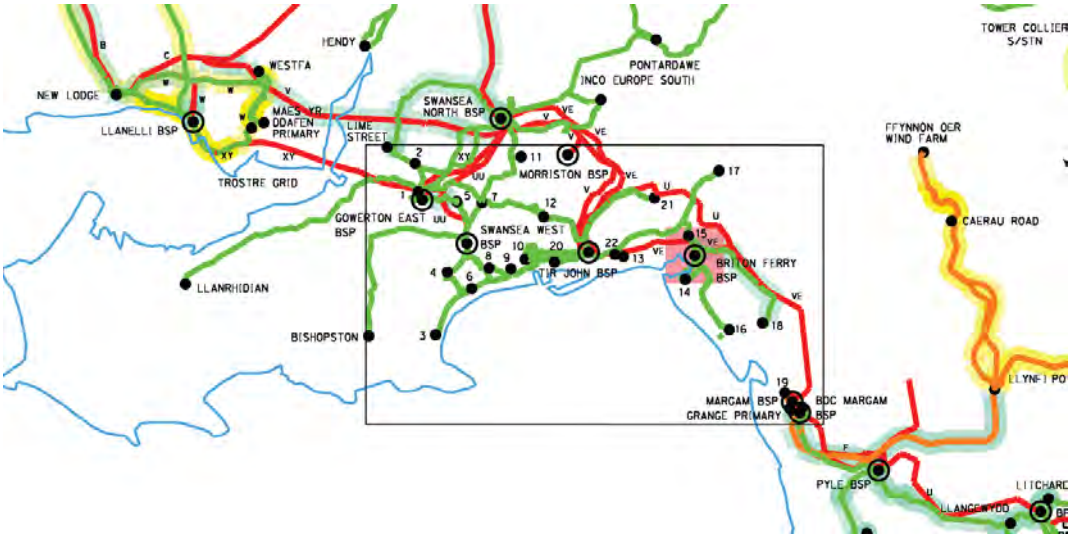


Figura 57: Punto de conexión Swansea

3.1.3.2. Estudio de Impacto ambiental Reino Unido

Tras determinar la zona en la que se situaran nuestras instalaciones, se procedió a la realización de un estudio de impacto ambiental con el fin de realizar una correcta construcción de los parques, de forma que afecten lo mínimamente posible tanto al medio ambiente como a la sociedad.

Características del emplazamiento

La zona en la que se establecerá nuestro futuro proyecto se caracteriza por tener una alta importancia ambiental, destacando las áreas de conservación que puedes encontrar en la zona y la alta variedad de avifauna que habita en la misma. Además la alta concienciación ambiental por parte de los ciudadanos hace que este sea un punto importante en la realización del proyecto. El impacto paisajístico que se podría causar es una de las principales fuentes de rechazo a este tipo de proyectos.

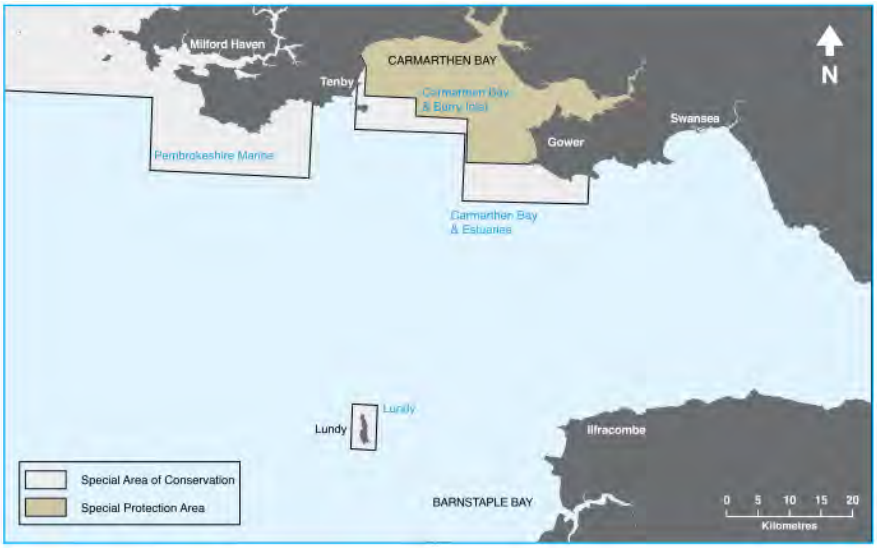


Figura 58: Zonas restringidas

Conclusiones del estudio

Como conclusión tras la realización del estudio de impacto ambiental para la zona de Gales, hay que destacar su viabilidad debido a que no se ha determinado ningún impacto como incompatible, pero si se determinó la generación de impactos severos durante la fase de construcción por lo que el establecimiento de medidas compensatorias, correctivas y preventivas es fundamental para reducir la magnitud y el efecto del impacto en el medio, principalmente el agente más afectado es la fauna ya que sufre los impactos más severos.

3.2. ISLAS CANARIAS (GRAN CANARIA)

3.2.1. Análisis del recurso

El archipiélago Canario dispone de uno de los mejores recursos renovable de toda España. Como podemos observar, las zonas con mejor recurso se encuentran entre Gran Canaria y Tenerife, y en el sureste de Gran Canaria.

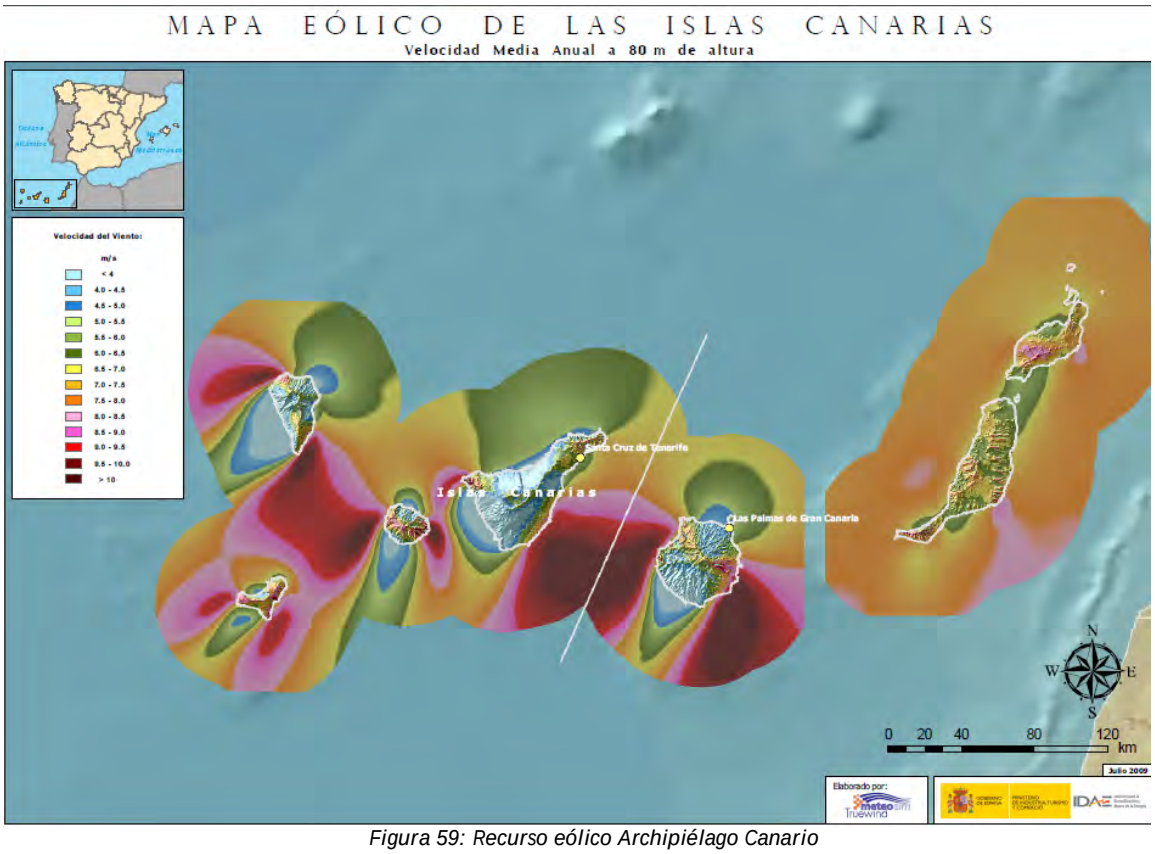


Figura 59: Recurso eólico Archipiélago Canario

3.2.2. Batimetría

En este caso las islas son oceánicas de origen volcánico, por lo que a cortas distancias aumenta drásticamente la profundidad, siendo el principal inconveniente del proyecto.

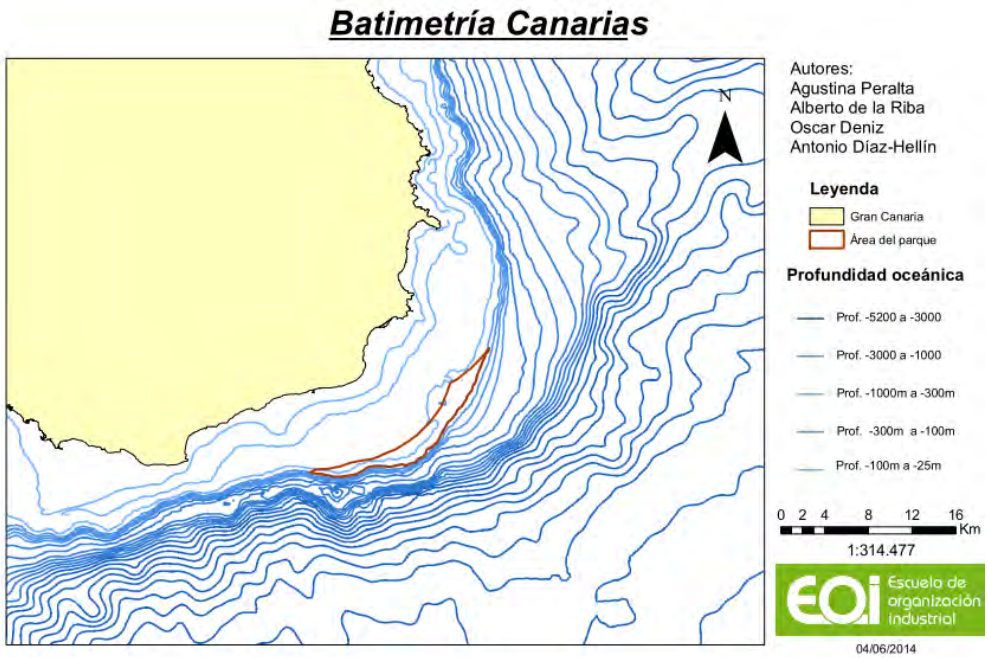


Figura 60: Batimetría Gran Canaria

3.2.3. Logística

El área por lo tanto se sitúa a 7,5 km al sureste de gran canaria. Para la construcción de los aerogeneradores emplearemos el puerto de Arinaga debido a la cercanía con el emplazamiento. El mismo posee una grada que facilita la botadura los aerogeneradores y tiene experiencia previa en el montaje de turbinas de 5MW. Emplearemos un área adyacente al puerto para realizar el almacenamiento de los componentes.

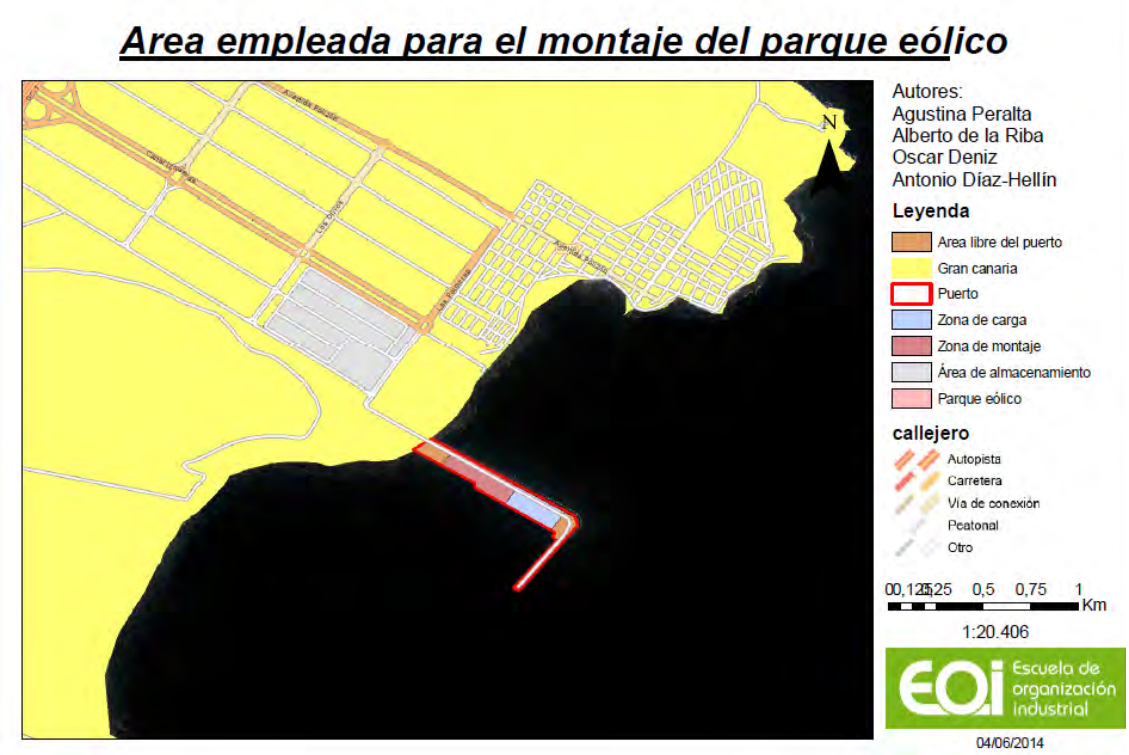


Figura 61: Zona de operaciones

3.2.3.1. Conexión a red

El punto de conexionado se encuentra situado en la costa Sureste de la isla de Gran Canaria, más concretamente en el Barranco de Tirajana, donde se encuentran próximos un ciclo combinado y una central térmica como podemos ver en la figura.

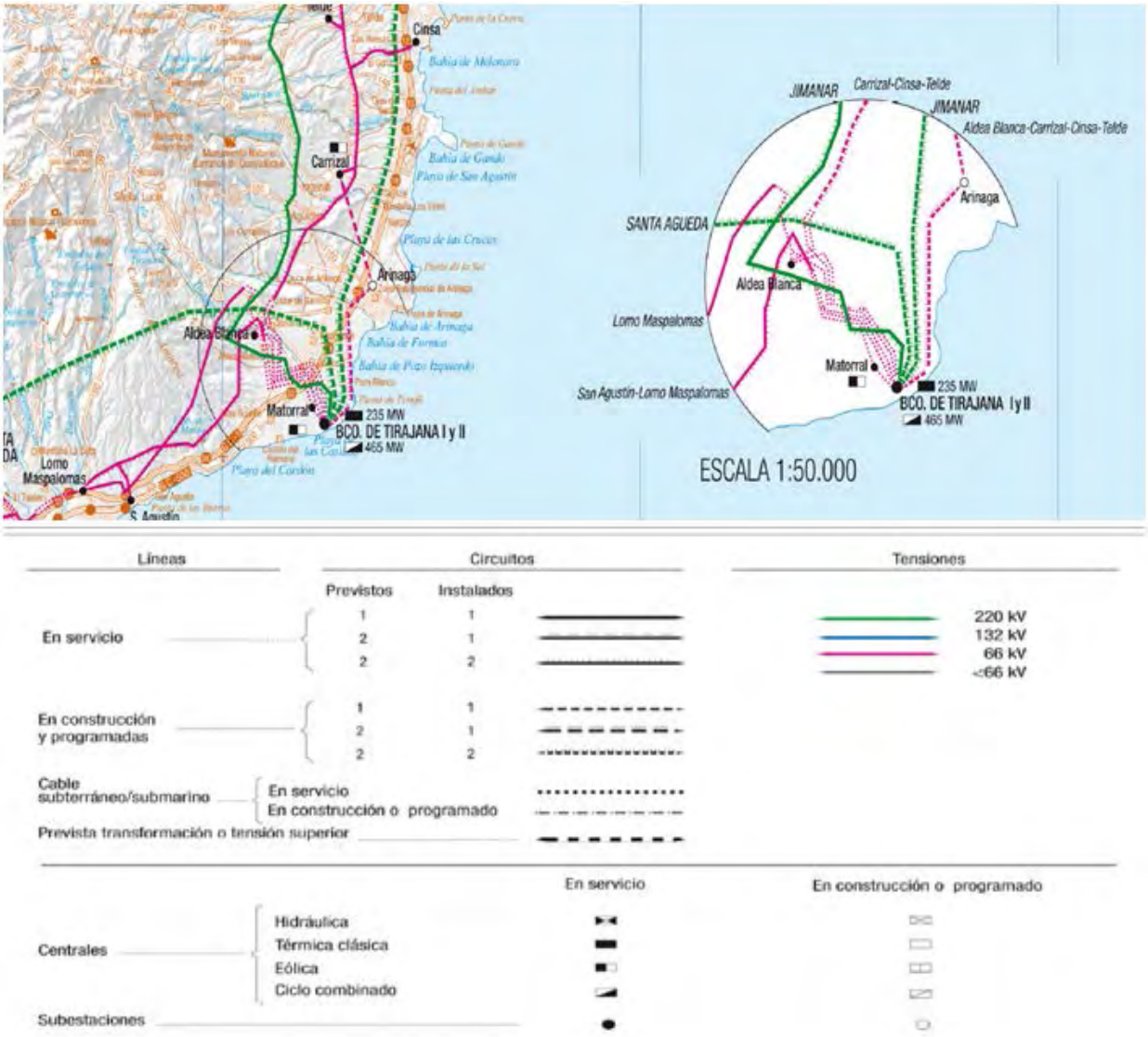


Figura 62: Red eléctrica Gran Canaria

Además de tener una línea ya existente de 220kV, existen dos más programadas de la misma tensión y varias de 66kV. Estas características hacen de este punto de conexión el idóneo para nuestro parque.

3.2.3.2. Estudio de Impacto ambiental

Características

Las Palmas de Gran Canarias se caracteriza por poseer una riqueza y variedad de ecosistemas y formaciones geológicas que determinan la importancia, singularidad y especial fragilidad de las Islas, por lo que el estudio de impacto ambiental será crítico para mantener esta riqueza y

diversas que hace que estas islas sean un centro de importancia medioambiental. Por otro lado la concienciación social en las islas es alta, por lo que la receptividad a este tipo de proyectos deberá ser altamente considerada, al igual que el efecto económico que podría conllevar esta clase de proyecto en la isla y de su influencia en el turismo local, que es una de las fuentes fundamentales de beneficio en el área.

Conclusiones

Tras la realización del estudio se obtuvo como conclusión del estudio que el proyecto es viable debido a que no se genera ningún impacto incompatible en el medio, pero al igual que en Reino Unido podemos encontrar impactos severos en la fauna y la vegetación durante la fase de construcción, esto es debido a la alta presencia de endemismos (especies presentes solo en determinadas áreas) que son la fuente de riqueza y diversidad biológica de las islas, siendo esta parte las más afectadas por el proyecto, por lo que será necesario el establecimiento de diversas medidas para disminuir la magnitud de los impactos en los agentes más afectados.

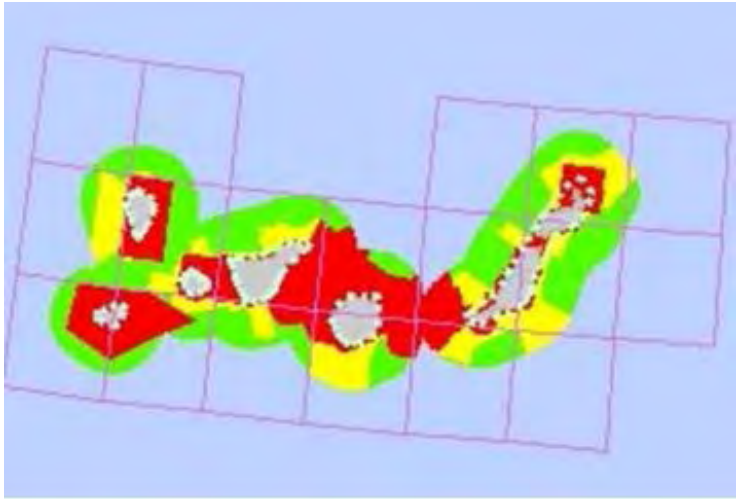


Figura 63: Zonas restringidas

4. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Introducción:

Se llama Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) al procedimiento técnico-administrativo que sirve para identificar, prevenir e interpretar los impactos ambientales que producirá un proyecto en su entorno en caso de ser ejecutado, todo ello con el fin de que la administración competente pueda aceptarlo, rechazarlo o modificarlo.

Esquema de una Evaluación de Impacto Ambiental:

Descripción del proyecto.
Legislación aplicable.
Alternativas viables.
Inventario ambiental.
- Medio Físico.
- Medio Biológico.
- Paisaje.
- Medio Socioeconómico.

Identificación, Caracterización y valoración de impactos.
Medidas preventivas, correctoras y compensatorias.
Programa de vigilancia y control ambiental.

4.1. Estudio de impacto ambiental Canarias

4.1.1. Legislación

El estudio de impacto ambiental se basara fundamentalmente en la legislación y normativa referente al ámbito internacional, estatal y finalmente a nivel de la Comunidad Autónoma de La Palma de Canaria, en este caso no se aplicara la normativa municipal debido a que al ser una instalación eólica off shore se instalara en las aguas territoriales españolas siendo estas de dominio estatal. A continuación se empleara la normativa aplicable a nuestro proyecto.

- Relativas a la generación eléctrica

  - Real Decreto 1028/2007, de 20 de julio, por el que se establece el procedimiento administrativo para la tramitación de las solicitudes de autorización de instalaciones de generación eléctrica en el mar territorial.
  - Ley 57/1997, de 27 de noviembre, por la que se regula el sector eléctrico en España.
  - Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministros y procedimientos de instalaciones de energía eléctrica.

- Relativas a la evaluación de impacto ambiental

  - Ley 6/2010, de 24 de marzo, sobre Evaluación de Impacto Ambiental.
  - Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos.
  - Directiva 97/11/CE, de 3 de marzo de 1997, por la que se modifica la Directiva 85/337/CEE de Evaluación de Impacto Ambiental.
  - Directiva 85/337/CEE, de 27 de junio de 1985, de Evaluación de Impacto Ambiental.

- Normativa marítima

  - Ley 22/88, de 28 de julio, de Costas.
  - Ley 41/2010, de 29 de diciembre, de protección del medio marino.
  - Real decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas.
  - Real Decreto Legislativo 2/2011, de 5 de septiembre, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Puertos del Estado y de la Marina Mercante.
  - Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instrucción de Planificación Hidrológica.
  - Real Decreto 14/1996, de 16 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de la Calidad de las Aguas Litorales.

- Real Decreto 995/2000, de 2 de junio, por el que se fijan objetivos de calidad para determinadas sustancias contaminantes y se modifica el Reglamento de Dominio Público Hidráulico, aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril.
- Real Decreto 1341/2007, de 11 de octubre sobre gestión de la calidad de aguas de baño.
- Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.
- Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instrucción de Planificación Hidrológica.
- Directiva 2006/7/CE, de 15 de febrero, relativa a la calidad de las aguas de baño.
- Real Decreto 1471/1989, de 1 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento general para el desarrollo y ejecución de la Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas.

- Actividades de transporte marítimo

  - Convenio MARPOL, de 2 de noviembre de 1976, de prevención de la contaminación marina por buques.
  - Directiva 2008/56/CE, de 17 de junio, sobre Estrategia Marina.
  - Directiva 2009/123/CE, de 21 de octubre, por la que se modifica la Directiva 2005/35/CE relativa a la contaminación procedente de buques y la introducción de sanciones para las infracciones.
  - Ley 14/2003, de 8 de abril, de Puertos de Canarias (BOC nº 85, de 6 de mayo de 2003)

- Protección de la fauna y la flora silvestre

  - Decreto 151/2001, de 23 de julio, por el que se crea el Catálogo de Especies Amenazadas de Canarias (BOC nº 97 de 1 de Agosto de 2001)
  - Ley 4/1989, de 27 de marzo, de conservación de los espacios naturales y de la flora y fauna silvestres.
  - Real Decreto 1997/1995, de 7 de diciembre, por el que se establece medidas para contribuir a garantizar la biodiversidad mediante la conservación de los hábitats y de la fauna y flora silvestres, modificado por el Real Decreto 1193/1998, de 12 de junio.

Organismos afectados

Aquellos que intervienen en el proceso administrativo.

- Órgano Sustantivo: Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, a través de la Dirección General de Política Energética y Minas.

- Órgano Ambiental: Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino.

- Adjudicación de autorizaciones y concesiones de ocupación del dominio público marítimo-terrestre: Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, a través de la Dirección General de Costas.

- Adjudicación de autorizaciones de las actividades afectadas por la seguridad marítima, navegación y vida humana en la mar: Ministerio de Fomento, a través de la Dirección General de la Marina Mercante.

- Adjudicación de autorizaciones y concesiones de ocupación del dominio público portuario: Autoridad Portuaria del Puerto de Gran Canaria, Arinaga, castillo de romeral, santa Agueda y Aguineguin

- Para garantizar la transparencia del procedimiento**.**

  - Observatorio de Sostenibilidad del Litoral.
  - Comisión Nacional de la Energía (CNE).
  - Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE).
  - Instituto Español de Oceanografía.
  - PLOCAM
  - Instituto Canario de Ciencias Marinas
  - Federación Española de Actividades Subacuáticas
  - Sociedad de Salvamento y Seguridad Marítima (SASEMAR)
  - Centro de Estudio y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).
  - Ayuntamientos de afectados de Santa Lucia de Tirajana, Agüimes y San Bartolome de Tirajana
  - Universidad de las Palmas de Gran Canaria (ULPGC)

- Asociación Empresarial Eólica. (AEE)
- Asociación de Productores de Energías Renovables (APPA).
- Asociación para la Investigación y Diagnosis de la Energía (AEDIE).
- Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Aguas
- Cofradía de pescadores del Romeral
- Cámara de Comercio, Industria y Navegación de Las Palmas
- Federación Provincial de Cofradías de Pescadores de Las Palmas.
- Plan
- Greenpeace
- Ecologistas en acción
- WWF
- ASCAN
- Principales empresas de transporte marítimo: Transmediterránea, etc...
- Puertos de Gran Canaria: puerto de las Palmas, Arinaga, Etc.

4.2. Localización

La costa sudeste de Gran canaria se caracteriza por ser aquella en la que la profundidad de la corteza continental no disminuye drásticamente a los pocos kilómetros, sino que podemos encontrar que hasta los 8 kilómetros de distancia hay una profundidad de 100 metros.

Las islas canarias se caracterizan por ser un área con una alta riqueza ambiental, debido a su característica insular que ha causado el surgimiento de una gran cantidad de endemismos de especies tanto animales como vegetales, por lo que en estas islas podremos encontrar una alta cantidad de especies protegidas o en peligro de extinción ya que solo habitan en estas islas, haciendo que la conservación de la riqueza natural de estas islas sea una prioridad, por lo que la implantación de nuestro parque eólico offshore debe afectar lo mínimo a esta riqueza y debe evitar estas zonas con endemismo, ya que si no la autorización ambiental no sería concedida, por lo que en primer lugar deberemos delimitar o centrar una zona desde el punto de vista ambiental.

Nuestra área de trabajo se situara a unos 7 kilómetros de la costa siendo esta una zona turística y con áreas protegidas cercanas, por lo que habrá que estudiar tanto los aspectos ambientales como sociales de la zona. Entre las zonas ambientales protegidas podemos encontrarlas principales áreas de conservación de la zona en el siguiente mapa, y en el que podemos ver como nuestra área de estudio no se sitúa sobre ninguna de estas áreas.

4.3. Alternativas viables

- Entre algunas de las alternativas viables para el proyecto se pueden plantear:
- Recolocación de los aerogeneradores para evitar mayores impactos
- Reducción de la potencia de la instalación
- Aumento de la distancia del parque

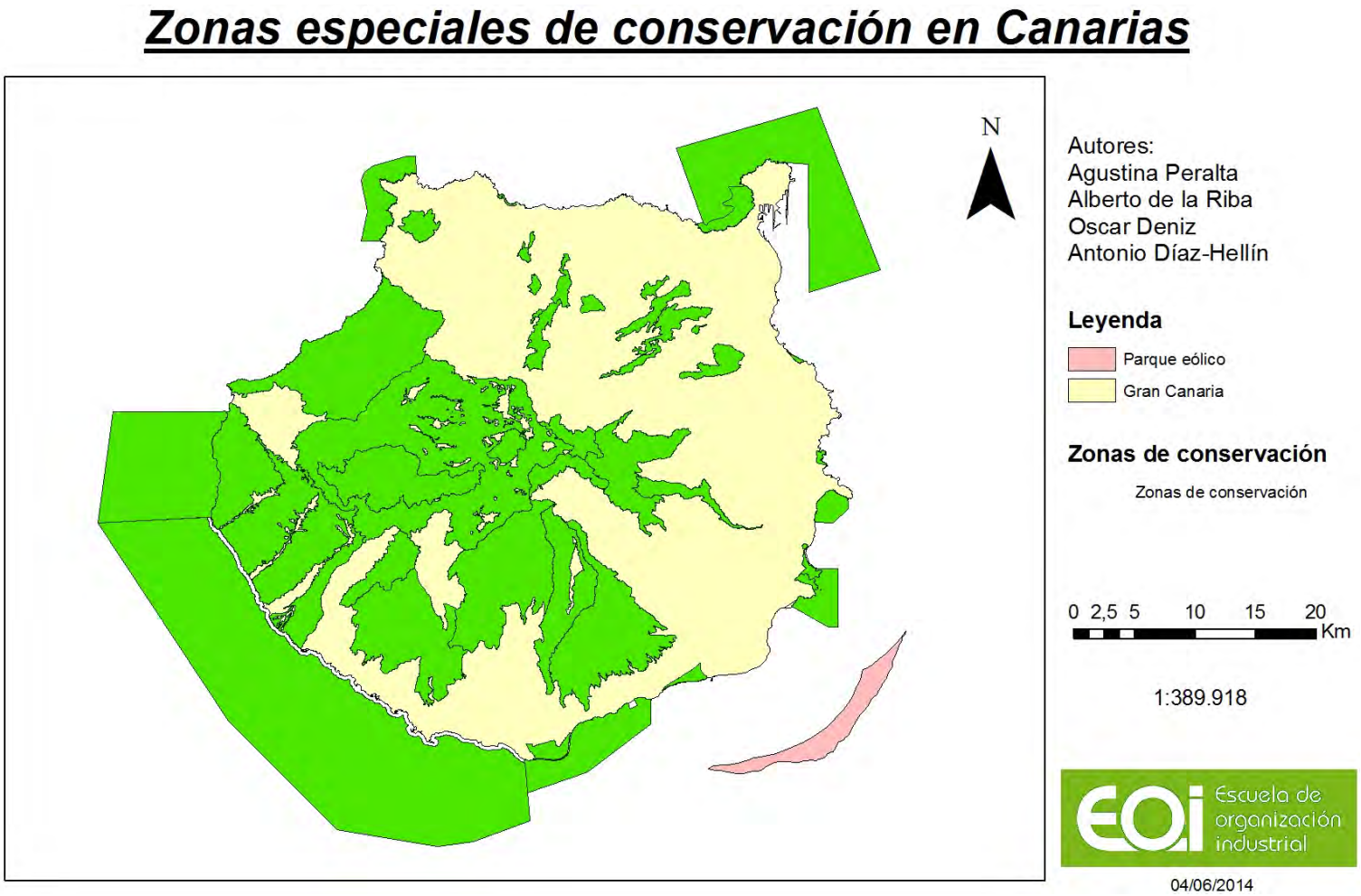


Figura 64: Mapa de zonas de especial conservación en canarias, fuente: propia

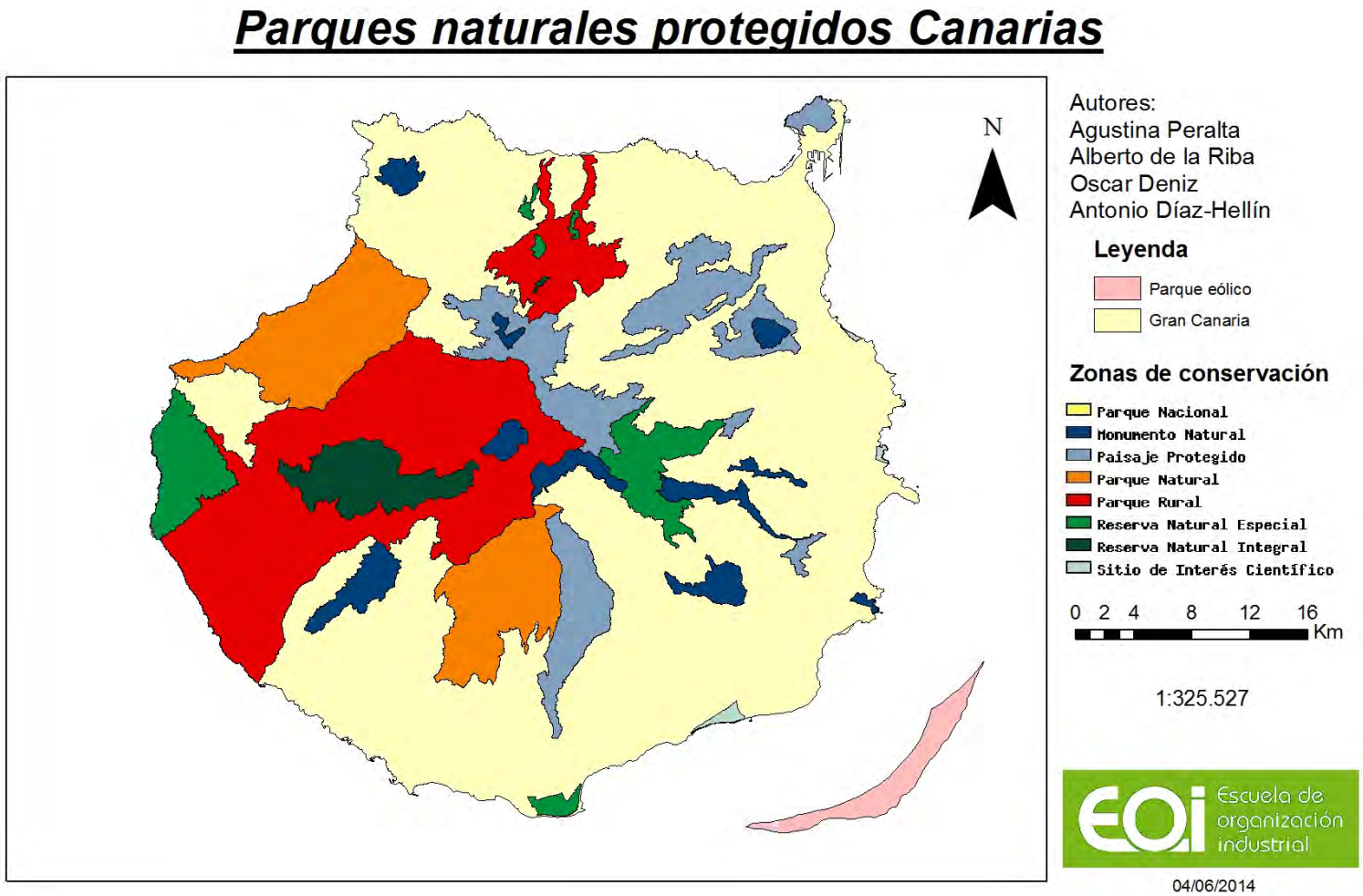


Figura 65: *mapa con los principales espacios protegidos de canarias,* fuente propia

4.4. Inventario ambiental

4.4.1. Clima

Gran Canaria presenta una gran diversidad climática, que se caracteriza por no estar determinada por la cercanía con el continente africano , presentando condiciones climática especiales que depende de factores como son: de las estribaciones más orientales de la corriente del Golfo, y del efecto causado por los vientos alisios de dirección noroeste, siendo estos factores junto con la dinámica atmosférica de las regiones subtropicales, el relieve abrupto de las islas los principales agentes que causan el clima particular de Gran Canaria.

Fundamentalmente durante el invierno Gran Canaria se encuentra bajo la influencia de una célula anticiclónica que se sitúa sobre Madeira, mientras que durante el periodo estival este anticiclón se sitúa sobre las Azores, generándose centros de bajas presiones que dan lugar a los alisios. Estos vientos tienen mayores frecuencias en los meses de verano (65%) e intensidad, mientras que cuando nos desplazamos hacía meses invernales esta frecuencia disminuye (25%).

Estos vientos alisios dan lugar a una estratificación atmosférica dando lugar a una inversión térmica en alturas comprendidas entre los 1000 y 1500 metros de altura, aunque esta puede variar con la estaciones, esta estratificación da lugar a un fenómeno denominado “mar de nubes” debido a la bajada de las temperaturas que ocurre a estas alturas.

Finalmente la cercanía del desierto de Sahara afecta al clima canario, aunque los efectos son poco frecuentes, que se traducen en invasiones de aire seco provenientes del continente debido al efecto del viento y a las masas de aire que podemos encontrar entre el archipiélago ye l continente.

Además la alta presencia de agua ayuda a atenuar los efectos climáticos, ya que las temperaturas de estas se encuentran comprendidas entre los 18ºC en invierno y los 23ºC en veranos, y por lo que los cambios bruscos de temperatura se atenúan al igual que las variaciones climatológicas.

4.4.2. Vientos

Como se ha explicado anteriormente el régimen de vientos viene condicionado por el anticiclón que afecta en mayor medida a nuestro archipiélago y a la formación de los vientos alisios, que es el anticiclón de las azores, siendo los vientos formados de componente NE, y en ocasiones debido a la vecindad con el continente americano podemos encontrar vientos de

aire caliente con componentes S-SE e incluso E y NE, aunque estos afectaran más a las islas más cercanas a este continente.

En nuestra zona de estudio al estar situada en el mar, encontraremos velocidades de viento superiores a los 8 m/s y con bajas rugosidad, por lo que la velocidad será alta.

En la siguiente página se representa la rosa de los vientos de nuestra zona de estudio, con las distribución de vientos de un año y la probabilidad de ocurrencia con las diferentes velocidades medias, la velocidad media para un año de estudio, y un histograma con la ocurrencia probabilística de las diferentes velocidades medias, estas se obtuvo de las boyas del estado y de la página de puertos del estado.

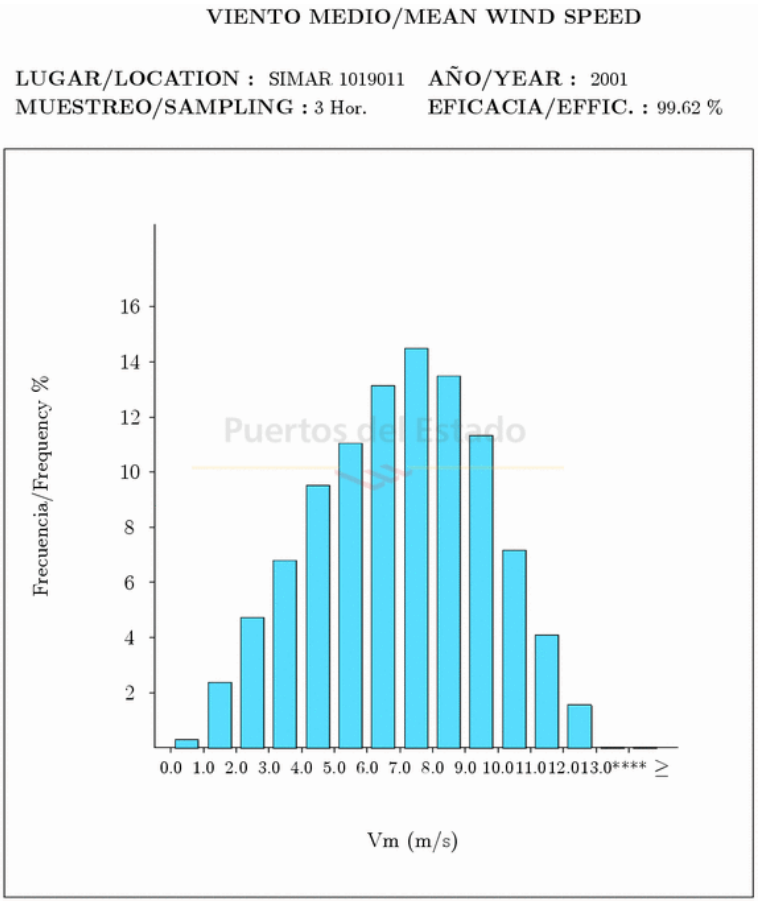


Figura 66: distribución de vientos, fuente: Puertos del Estado

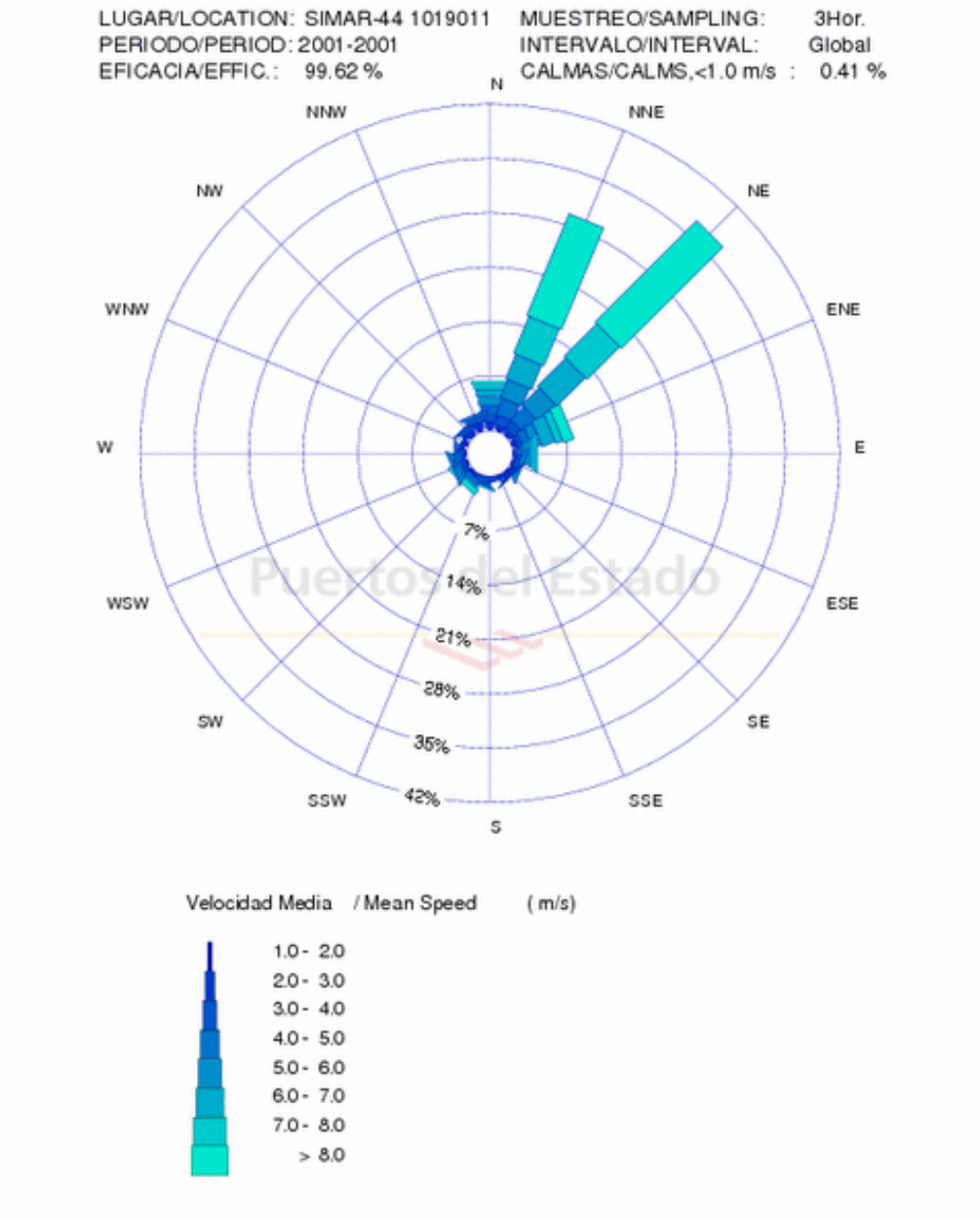


Figura 67: Rosa de los vientos, fuente: Puertos del Estado

Vm:	Intensidad del Viento Medio/*Mean Wind Speed*	m/s
Dir:	Direccion media de procedencia/*Mean Direction, "coming from"*	0= Norte/*North*; 90= Este/*East*

Punto SIMAR-44 1019011 Año 2001 / *1019011 SIMAR-44 Point, Year 2001*				
Mes/*Month*	Vm Max./*Max. Vm*	Dir	Dia/*Day*	Hora/*Hour*
Enero/*January*	12.8	48	30	06
Febrero/*February*	11.2	19	23	03
Marzo/*March*	13.3	34	28	18
Abril/*April*	12.2	39	30	21
Mayo/*May*	11.9	43	01	00
Junio/*June*	12.4	34	27	06
Julio/*July*	12.3	26	19	21
Agosto/*August*	12.0	40	05	03
Septiembre/*September*	10.2	32	07	06
Octubre/*October*	10.7	39	10	03
Noviembre/*November*	10.8	47	27	21
Diciembre/*Dececember*	12.1	228	23	09

Tabla: Intensidad máxima del viento por mes, Fuente: Puertos del Estado

4.4.3. Hidrología

El elemento más importante en este caso es la masa oceánica que rodea canarias, aunque estas son de una alta calidad con temperaturas comprendidas entre los 18ºC y 23ºC, estas se encuentran afectadas por vertidos de origen antrópico.

4.4.3.1. Temperatura máxima del agua

Ts:	Temperatura Superficial Media del Agua/*Surface Mean Temperature of Water*	° C

Boya de Gran Canaria Año 2013 / *Gran Canaria Buoy Year 2013*			
Mes/*Month*	Ts Max./*Max. Ts*	Dia/*Day*	Hora/*Hour*
Enero/*January*	20.6	05	18
Febrero/*February*	19.5	02	02
Marzo/*March*	20.3	21	23
Abril/*April*	21.0	25	18
Mayo/*May*	21.0	07	18
Junio/*June*	20.8	05	20
Julio/*July*	22.8	28	15
Agosto/*August*	23.8	27	18
Septiembre/*September*	25.2	30	18
Octubre/*October*	24.9	02	00
Noviembre/*November*	23.0	13	17
Diciembre/*Dececember*	22.2	05	18

Tabla 2: *Temperatura superficial del agua*¸ Fuente: Puertos del Estado

4.4.3.2. Salinidad

La salinidad media que podemos encontrar en las aguas colindantes de las costas de Gran Canaria se caracterizan por estar comprendidas entre os 34 y los 38 psu, destacar que en los últimos años ha habido una alta variación de los datos obtenidos.

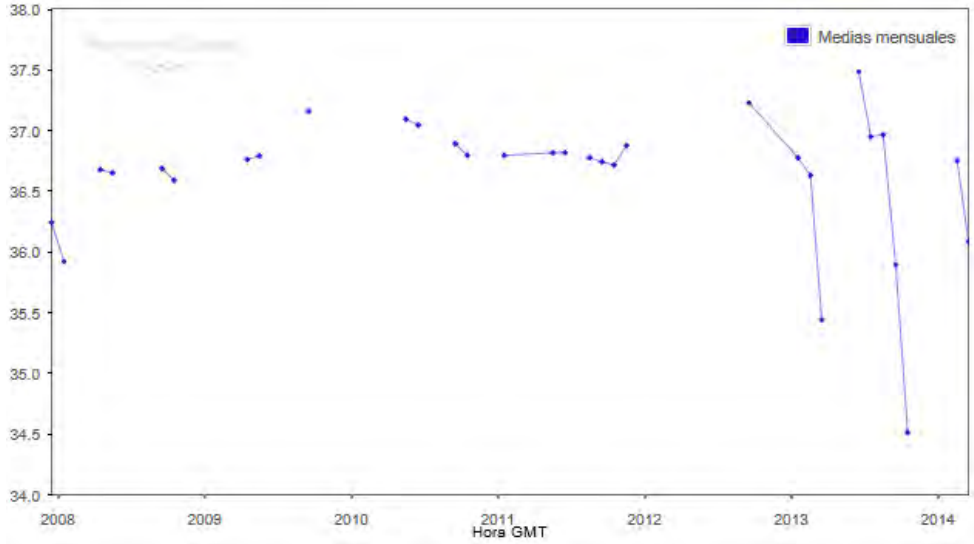


Figura 68: Salinidad media mensual, Fuente: Puertos del Estado

4.4.3.3. Oleaje

El régimen de oleaje sirgue la misma orientación y distribución de los vientos alisios que podemos encontrar en nuestra zona de estudio, siguiendo una componente NE, la altura significativa de las olas que podemos encontrar se encuentra entre 1 y 2 metros fundamentalmente, y la altura máxima de ola la vamos a encontrar durante los meses de invierno, siendo esta de 5 metros de altura.

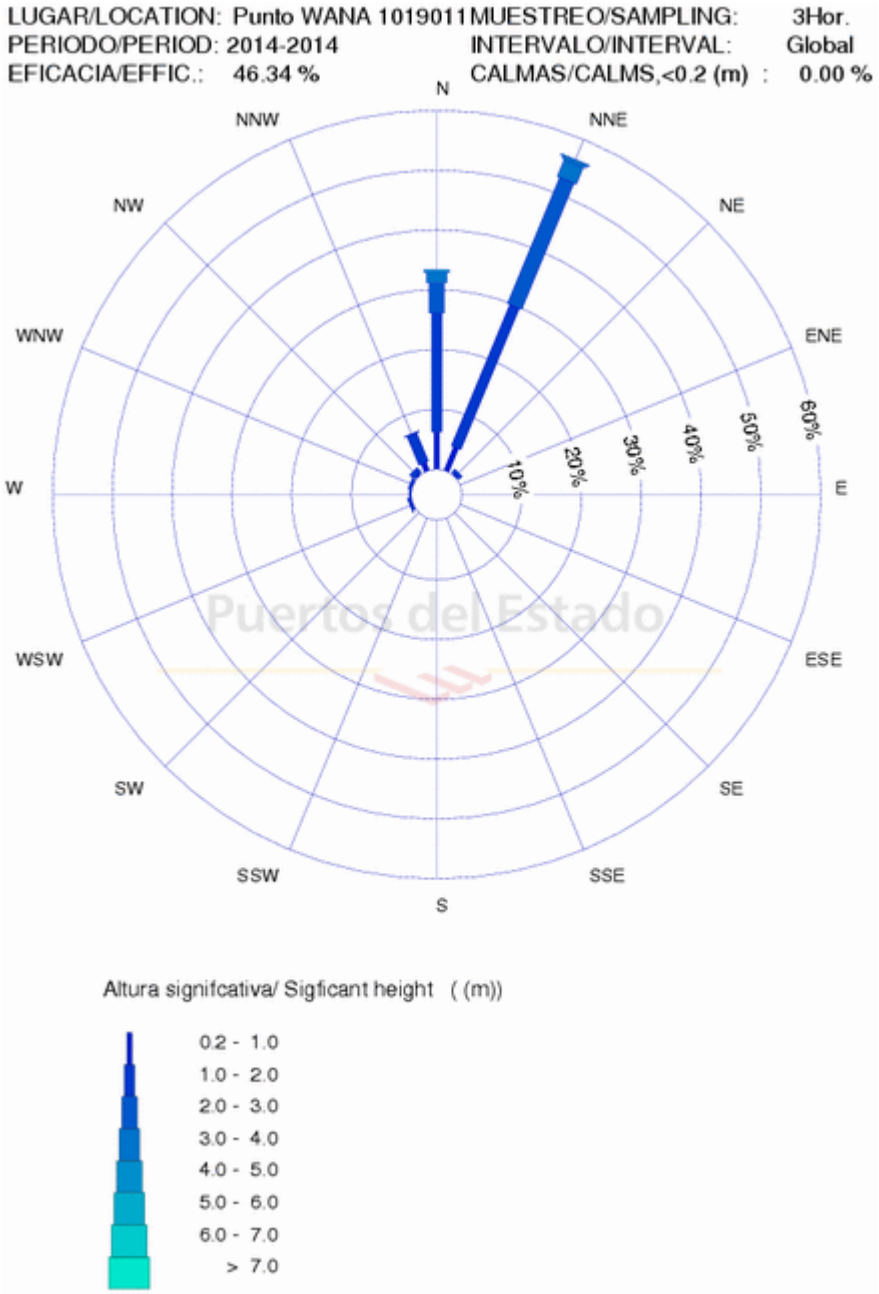


Figura 69: Rosa de oleaje, fuente: Puertos del Estado

Hs:	Altura Significante de Oleaje/*Waves Significant Height*	metros/*meters*
Tp:	Periodo de Pico/*Peak Period*	segundos/*seconds*
Dir:	Direccion media de procedencia/*Mean Direction, "coming from"*	0= Norte/*North*; 90= Este/*East*

Punto WANA 1019011 Año 2014 / *WANA Point 1019011 Year 2014*					
Mes/*Month*	Hs Max./*Max. Hs*	Tp	Dir	Dia/*Day*	Hora/*Hour*
Enero/*January*	5.2	11.0	26	24	10
Febrero/*February*	4.3	9.4	05	16	07
Marzo/*March*	3.8	9.7	21	05	05
Abril/*April*	2.8	7.1	31	24	23
Mayo/*May*	3.2	8.6	21	09	21
Junio/*June*	2.5	8.3	17	02	12

Tabla: Altura significativa de olas, Fuente: Puertos del estado

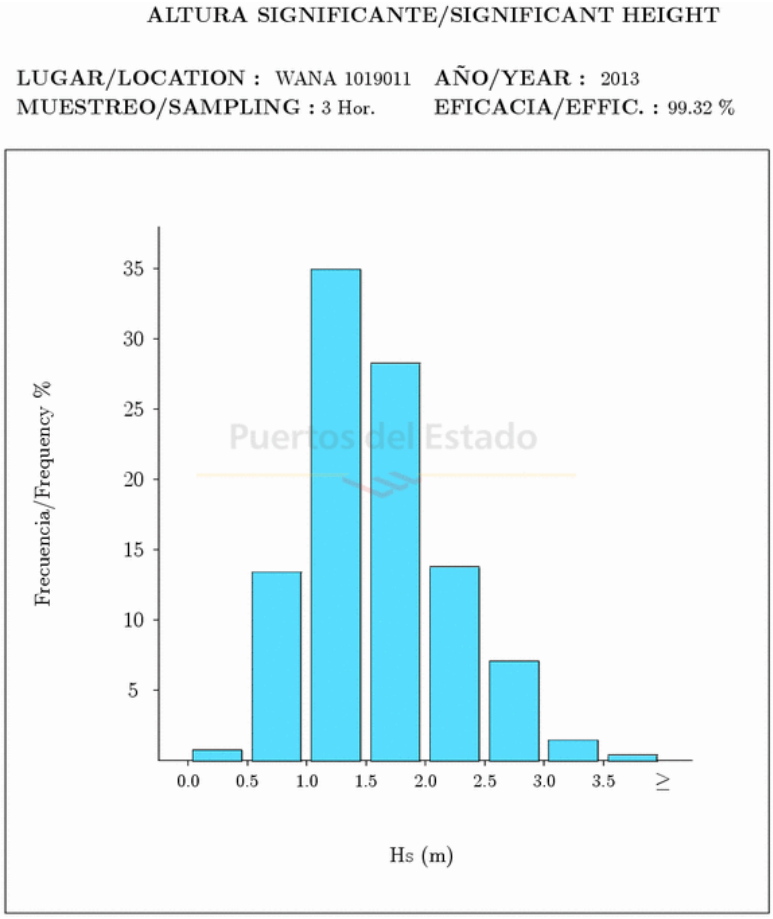


Figura 70: Altura significante de olas, fuente: Puertos del Estado

4.4.4. Geología y geomorfología

Se realizó un análisis del fondo oceánico de nuestra zona de estudio, de forma que se pudiese determinar la naturaleza del tipo de sustrato que íbamos a encontrar, la zona de estudio se caracteriza por ser una zona producto de las regresiones y levantamientos marinos que ha sufrido la isla a lo largo de su historia geológica. Esta llanura marina se origina a unos 4 km de la zona de costa presentando una ligera pendiente hasta que alcanza la profundidad de los 100m, momento en el que aumenta considerablemente la profundidad del fondo oceánico. Respecto a la geología de la zona está formada fundamentalmente por llanuras arenosas, gravas, rocas y por restos de coladas basálticas procedentes de afloramientos volcánicos (series Pleistocénico y Holocénico).

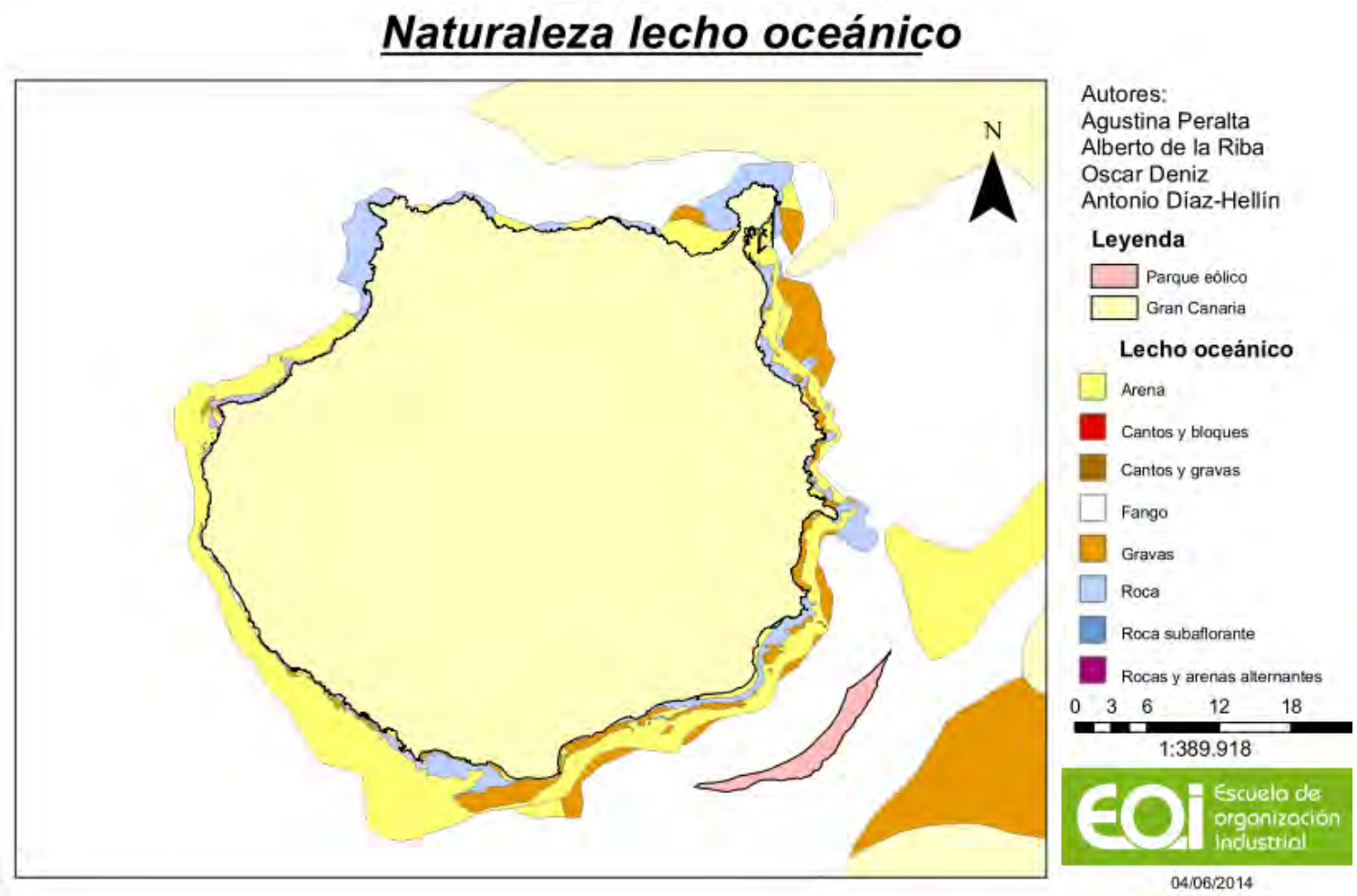


Figura 71: Naturaleza del lecho oceánico en La Palma de Gran Canaria, fuente propia

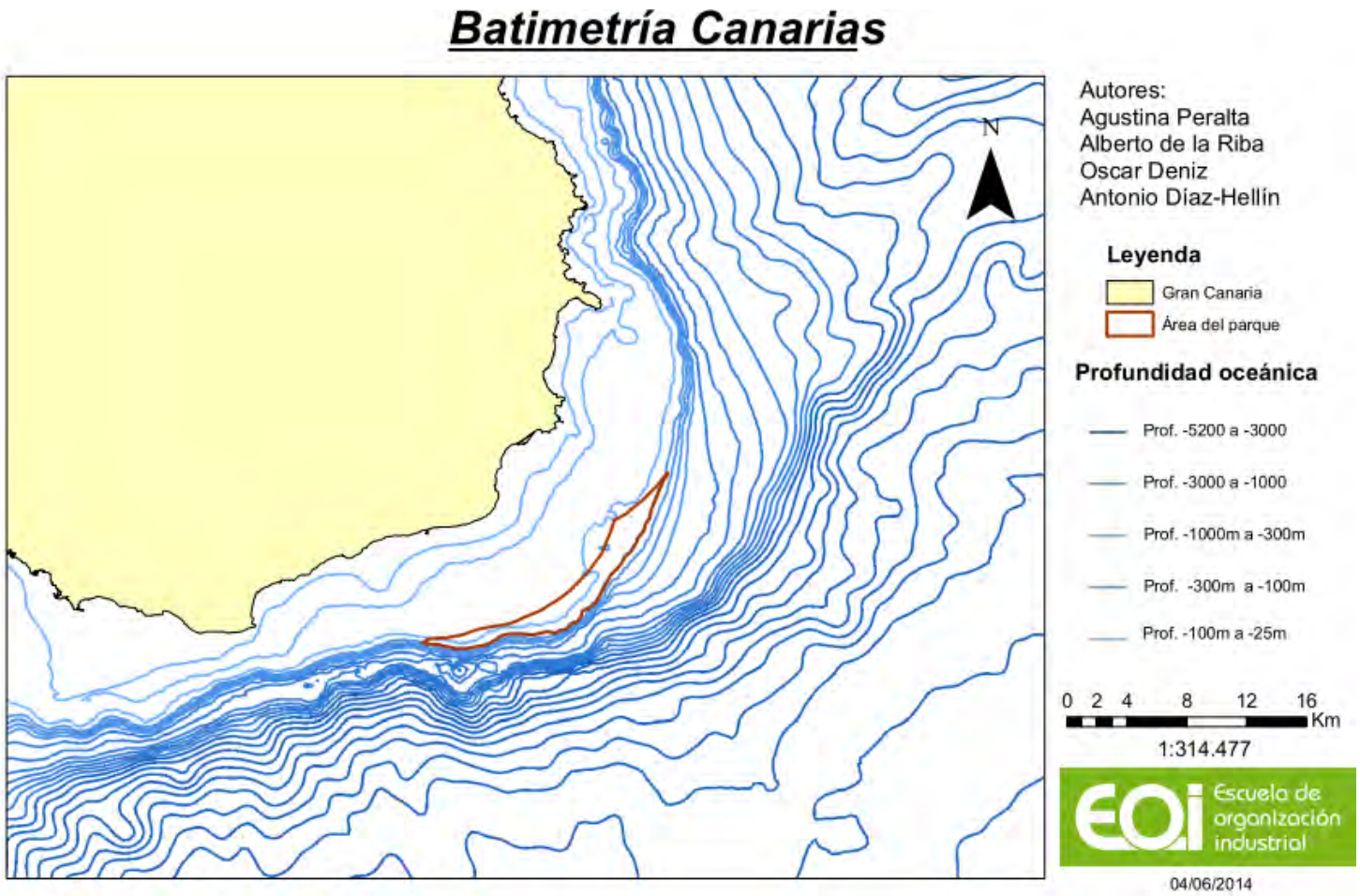


Figura 72: batimetría lecho oceánico del sudeste de Gran Canarias, Fuente propia

4.4.5. Fauna y flora

Como se ha explicado anteriormente la isla de Gran canaria debe a su condición como isla contiene una alta cantidad de endemismos que le atribuyen una alta riqueza y diversidad que ha de ser conservada.

4.4.5.1. Fauna

Respecto a la fauna estudiaremos aquella se vea afectada por nuestro proyecto, siendo esta fauna marina o subacuática, y aves costeras o migratorias.

Vertebrados

Peces

Peces de interés comercial

En canarias debido a la cultura pesquera que encontramos en las islas, se ha establecido una cantidad de especies que se encuentran protegidas administrativamente debido a su interés comercial o a su interés natural, dentro de estas podemos encontrar como especies de interés comercial: marlín azul (*Makaira nigricans*), bonito listado (*Katsuwonus pelamis*), o el atún rojo (*Thunnus thynnus thynnus*) entre otros.

Peces en peligro

Por otro lado entre las principales especies de peces que podemos encontrar como protegidas en la zona de canarias podemos encontrar: brota de tierra (*Gaidropsarus guttatus*), morena moteada (*Gymnothorax miliaris*), Tamboril espinoso (*Chilomycterus atringa*), o el romero capitán (*Labrus bergylta*).

La protección administrativa en la que se encuentran es debido a su interés para los hábitats y los ecosistemas.

Peces cartilaginosos

Por otro lado existen una alta cantidad de peces cartilaginosos o tiburones presentes en estas aguas que también se encuentran protegidos como son: el tiburón de seis branquias (*Hexanchus griseus),* zorro de anteojos (*Alopias superciliosus*), pez zorro (*Alopias vulpinus*), tiburón blanco (*Carcharodon carcharias*) o el tiburón de aleta corta (*Isurus oxyrinchus*), siendo estas especies vulnerables en todos los océanos que habitan. También podemos encontrar diversas rayas que también se encuentra en peligro y protegidas como: *Rhinobatos rhinobatos y Raja undulata,* siendo ambas especies que se encuentran en peligro.

Todas estas especies citadas tanto de peces como de peces cartilaginosos son especies pelágicas-costeras que pueden verse influenciadas por nuestra futura actividad.

Mamíferos

Podemos encontrar también diversos mamíferos en la zona como son los cetáceos, los que podemos encontrar en las costas canarias son: el cachalote (*Physeter macrocephalus),* la ballena franca (*Eubalaena glacialis),* el delfín mular (*Tursiops truncatus)*, o el calderón gris (*Grampus griseus)*.

Normalmente estas especies se caracterizan por ser especies migratorias, que no están durante una alta cantidad de tiempo en las islas, excepto el caso de los calderones y delfines que son especies que residen en la zona.

Reptiles

Entre los principales reptiles que podemos encontrar tenemos que destacar la tortuga boba (*Caretta caretta*) que se encuentra en peligro de extinción, o también podemos encontrar la tortuga verde (*Chelonia mydas*) y la tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*) entre otras.

Aves

Entre algunas de las aves en peligro que podemos encontrar en la zona hay que destacar el chorlitejo patinegro (*Charadrius alexandrinus*), o el charrán patinegro (*Sterna sandvicensis*). En áreas cercanas podemos encontrar también el petrel de Bulwer (*Bulweria bulwerii*) o el pardela cenicienta (*Calocentris diomedea*).

Invertebrados

Equinodermos

Entre algunos de los invertebrados protegidos que podemos encontrar en canarias tenemos que destacar diversas especies de erizos y equinodermos como son el erizo chachero (*Arbacia lixula*), o la tabaquera (*Cidaris cidaris*), y finalmente de estrellas marinas: estrella canaria (*Narcissia canariensis*) o la estrella de mar picuda (*Marthaterias glaciales*)

Moluscos

También podemos encontrar diversas especies de moluscos protegidos como el busio (*Charonia lampas*), la tonna (*Tonna galea)*, la almeja canaria (*haliotis tuberculata coccinea*), o el ostrón (*Spondylus senegalensis)*.

Crustáceos

Algunas especies de crustáceos que podemos encontrar en la zona y que se encuentran en estado de peligro de extinción según la UICN son: la langosta de antenas (*Palinurus elephas*),

o la langosta canaria (*Scyllarides latus),* siendo ambas especies bentónicas que pueden verse afectadas por nuestras acciones

4.4.5.2. Flora

Dentro de la flora podemos encontrar especies protegidas de distintos filos o familias, como pueden pasar de tipo fanerógamas, algas y cnidarios, algunas especies protegidas en las Palmas de Gran Canaria son: *Halophila decipens*¸ el abanico de profundidad (*Avvrainivellea canariensis*), el coral naranja (*Dendrophyllia ramea*), la gorgonia amarilla (*Lophogorgia viminalis*), la gorgonia roja (*Lophorgorgia ruberrrima*), la gerardia (*Gerardia macaronesica*) y finalmente la anemona gigante (*Telmatactis cricoides*), además estas alga o vegetales se caracterizan por vivir en rangos de profundidad desde los pocos metros de profundidad hasta los 150 metros, lo que hace que debamos tenerlas en consideración para nuestro proyecto.

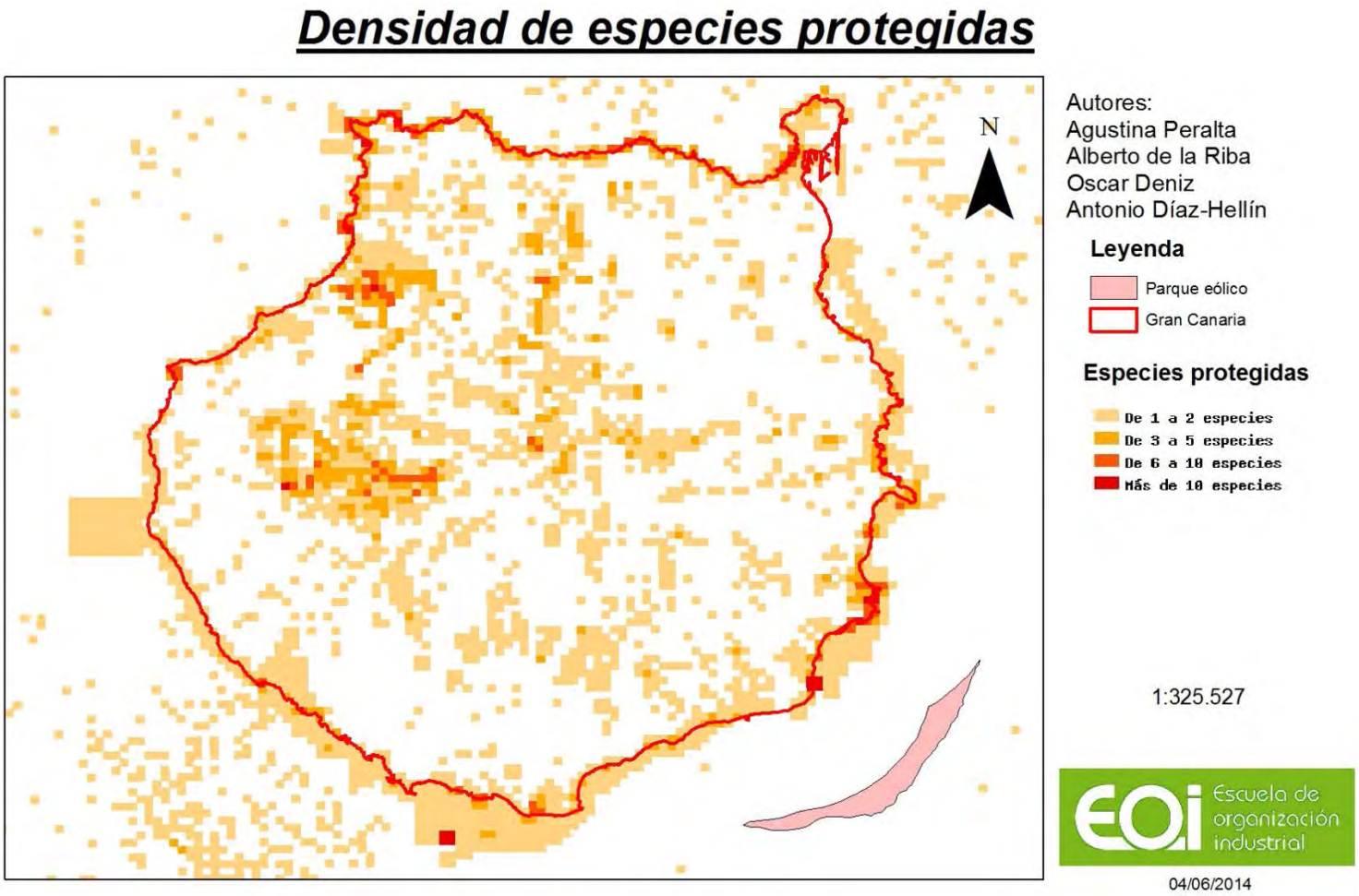


Figura 73: Densidad de especies protegidas por celda, Fuente propia

4.4.6. Paisaje

Figura 74: foto de la costa del sudeste de canarias, Fuente Google maps

Figura 75: foto de la costa del sudeste de canarias, Fuente Google maps

Figura 76: Costa desde el centro de investigación tecnológica, Fuente Google maps

Figura 77: Costa de Castillo de Romeral, Fuente Google maps

Como se puede observar las vistas hacia el mar desde casi cualquier punto de la costa ofrece una visión despejada del mar, que solo es alterada en días con alta humedad o de tormenta.

En nuestro caso el paisaje es un factor importante, debido a que el parque se encuentra cercanos a un area turistica como es la foto tomada desde el Castillo del Romeral, o como son las fotos que se han tomado desde Jucanillo del sur, donde el impacto visual y paisajistico es alto, mientras que en la zona del centro tecnologíco debido a la alta cantidad de turbinas eólicas y la presencia de una central térmica, el impacto seria menor, debido a que esta zona esta altamente antropizada.

4.4.7. Medio socio-económico

Canarias se caracteriza por ser un centro fundamentalmente destinado al sector turístico debido a la alta afluencia de visitantes que recibe al año, siendo esto causado por su excepcional clima, y por su pertenencia a España que hace que muchos ciudadanos de UE vengan a visitar sus playas y sus paisajes extraordinarios.

Tabla1: tiempo medio de residencia por turista en canarias, por mes

	2013/12	2013/11	2013/10	2013/09	2013/08	2013/07	2013/06	2013/05	2013/04	2013/03	2013/02	2013/01
Almería	2,77	3,25	3,53	4,3	4,8	4,94	3,66	3,65	4,21	4,25	3,89	3,43
Palmas, Las	8,13	7,72	7,63	7,55	8,15	7,86	7,35	7,49	7,63	7,38	7,74	8,55
Alicante/Alacant	3,97	3,97	4,57	4,64	4,47	4,55	4,2	4,2	4,34	4,14	3,99	4,44

Tabla: Gasto medio diario, por persona, y total por turista, además de la estancia media. Fuente: INE

	2012			
	GASTO TOTAL	GASTO M. PERSONA	GASTO M. DIARIO	ESTANCIA MEDIA
	Valor absoluto	Valor absoluto	Valor absoluto	Valor absoluto
Andalucía	8126	1072	97	11
Canarias	10618	1047	110	10
Comunitat Valenciana	4840	907	76	12

Tabla: Gastos del turista en canarias, fuente: INE

Actualmente en Canarias la tasa de paro se encuentra en unos niveles bastantes altos (32% de parados) estando está muy por encima de la media actual, pero actualmente ha disminuido o va a disminuir debido a la llegada del verano y al aumento de las visitas de los extranjeros a las costas. Esta alta tasa de desempleo es debida fundamentalmente a la crisis económica que ha causado una recesión en el sector turístico, pero que por otro lado se ha visto beneficiada de los hechos ocurridos en la primavera árabe.

EPA: 2014 Com. autónomas

Com. autónomas	Tasa de EPA	Var.	Mes
Andalucía [+]	34,9%	-1,32	Marzo 2014
Aragón [+]	22,9%	2,26	Marzo 2014
Asturias [+]	22,8%	0,46	Marzo 2014
Cantabria [+]	21,0%	1,14	Marzo 2014
Ceuta [+]	31,6%	-5,22	Marzo 2014
Castilla y León [+]	22,2%	0,19	Marzo 2014
Castilla La Mancha [+]	30,3%	1,31	Marzo 2014
Canarias [+]	32,6%	-0,54	Marzo 2014
Cataluña [+]	22,1%	0,23	Marzo 2014
Extremadura [+]	32,1%	-0,26	Marzo 2014
Galicia [+]	23,2%	1,32	Marzo 2014
Islas Baleares [+]	26,7%	3,98	Marzo 2014
Murcia [+]	27,7%	-0,79	Marzo 2014
Madrid [+]	20,4%	-0,02	Marzo 2014
Melilla [+]	24,4%	-9,36	Marzo 2014
Navarra [+]	17,1%	0,68	Marzo 2014
País Vasco [+]	17,4%	0,78	Marzo 2014
La Rioja [+]	19,6%	-0,66	Marzo 2014
Comunidad Valenciana [+]	28,0%	0,89	Marzo 2014

Figura 78: Tasa de Paro por Comunidad autónoma, Fuente INE

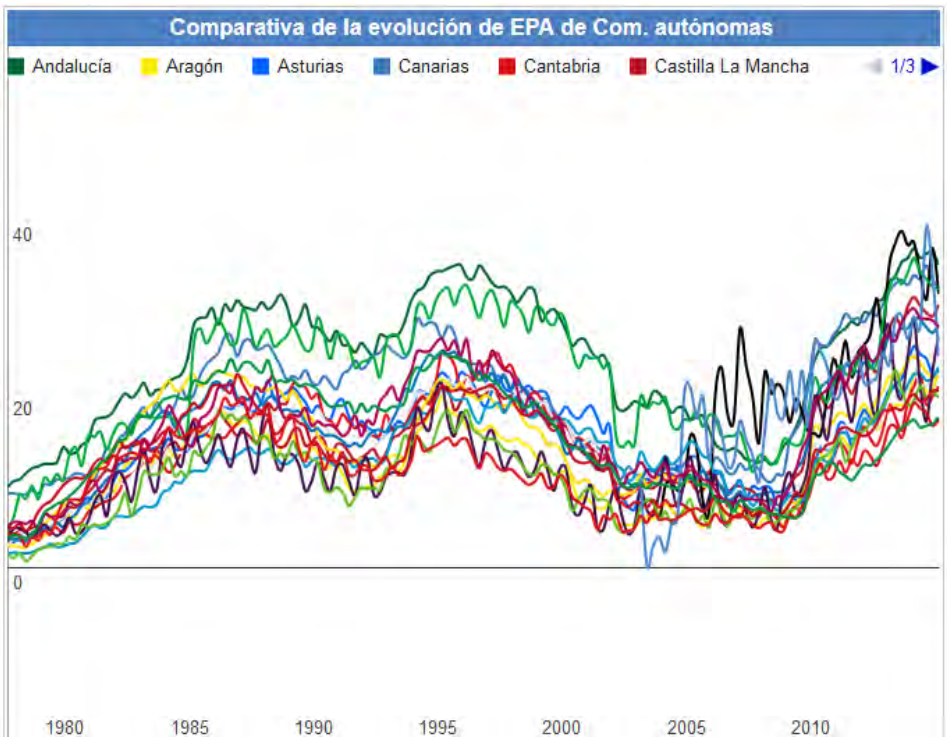


Figura 79: Evolución de la tasa de paro, fuente: INE

Además esta región tiene una población total de 383050 habitantes, y una densidad de población de 3809,55 hab/km^2, en los municipios en los que se instalaría el parque, o que lindan con las aguas cercanas al parque la población es de:

	Ambos sexos	Hombres	Mujeres
35002 Agüimes	30214	15278	14936
35018 San Bartolomé	18541	9389	9152
35019 San Bartolomé de Tirajana	56698	29639	27059

Tabla: *Habitantes por municipio*, Fuente: INE

Por lo que la instalación de este parque podría servir para mejorar la economía de la zona, siempre y cuando no se afectase a la principal fuente económica de ingresos que es el turismo.

4.5. Estudio de impacto ambiental en UK

4.6. Legislación

Al igual que en el caso anterior, el estudio de impacto ambiental se basara en gran parte en la normativa de cada país, en nuestro caso la normativa de Reino Unido. Hay que destacar que Reino Unido es uno de los países con más ambiental del mundo y uno de los países más restrictivos.

- Relativas a la generación eléctrica
  - Electricity (Guarantees of Origin of Ekectricity Produced from Renewable Energy Source) 2010, No 2715.
  - Act. Increasing the use of low-carbon technologies. 2011 No 2159.
  - Non Domestic Rates (Renewable Energy Generation Relief), 2010 No. 44.
  - The Civil Jurisdiction (Application to Offshore Renewable Energy Installations) Order 2009, 2009 No 1743.
  - The Criminal Jurisdiction (Application to Offshore Renewable Energy Installation) Order 2009, 2009 No. 1739.
  - The Renewable Energy Zone (Designation of Area) Order 2004, 2004 No. 2668.
  - The electricity (Guarantees of Origin of Electricity Produced from Renewable Energy Sources) Regulations 2003. 2003, No. 2562
  - Energy act, 2011.
  - The Control of Fuel and Electricity, Local Government and Transport, 2013, No 2897

- Relativas a la evaluación de impacto ambiental

  - The Environmental Civil Sanctions (Wales) Order 2010, No 1821, (W. 178)
  - The Town and Country Planning (Environmental Impact Assessment) (Undetermined Reviews of Old Mineral Permissions) (Wales), Regulations 2009, No 3342, (W. 293).
  - The environmental Damage (Prevention and Remediation) (Wales), Regulations 2009, No. 995.
  - The environmental Offences (Fixed Penalties) (Wales), Regulations 2008, No. 663.
  - The Environmental Impact Assessment and Natural Habitats (Extraction of Minerals By Marine Dredging) (Wales), Regulations 2007, No 2610, (W. 253).
  - The Environmental Noise (Wales) Regulations 2006, No. 2629.
  - The environmental Impact Assessment (Uncultivated Land and Semi-Natural Areas), (Wales), Regulations 2002, No. 2127.

- Normativa marítima

  - Coast protection, Act 1943, c. 74
  - The Coast Protection, Regulations 2003, No 1847
  - Marine Navigation, Act 2013, c.23
  - Marine and Coastal Access, Act 2009, c.23.
  - Marine,&c., Broadcasting (offences), act 1967. C41
  - The Marine Licensing (Application Fess),(Amendment), Regulations 2014, No 950.

- Actividades de transporte

  - Convenio MARPOL, de 2 de noviembre de 1976, de prevención de la contaminación marina por buques.
  - Ministry of transport (Preliminary Procedure) Rules 120, No 200
  - The Railways and Other Guided Transport Systems, Regulations 2013, No. 950
  - The local Transport Act 2008, Order 2013, No. 685.
  - The road Transport, regulations 2012, No. 991.
  - The Welfare of Animals (Transport) (Wales), Order 2007, No. 1047.
  - The Merchant Shipping and Fishing Vessels, Regulations 2013, No. 1844.

- Protección de la fauna y la flora silvestre
  - Environmental Protection (Restriction on Use of Lead Shot), (Wales), Regulations 2002, No 1730.
  - Clean Air, Act 1993.
  - Environmental Act 2010
  - The Conservation of Habitats and Species, Regulations 2010, No. 490.
  - Natural environment and Rural Communities Act 2006
  - Planning Act 2008
  - Water Act 2003
  - Pollution Prevention and Control, Act 1999
  - Endangered Species, Act 1976, c. 72.
  - The offshore Marine Conservation, Regulations 2012, No. 1928.
  - The Conservation of Habitats and Species, Regulations 2012, No. 1927.
  - The Conservation of Water Habitats, Regulations 1999, No. 3160.
  - The Habitat Coastal Belt (Wales), Regulations 1996, No. 3074.
  - The Habitat Water Fringe, Regulations 1996, No. 1480.
  - Sea fisheries, Act 1992, c. 36.
  - Sea Fish (Conservation), Act 1992, c.60.

- Para garantizar la transparencia del procedimiento.

  - Environmental agency of Wales
  - Agency of Natural Resources of Wales
  - Welsh Government
  - Cardiff University
  - Bristol University
  - Bristol Harbour
  - Cardiff Harbour
  - Bristol channel Standing Environment Group
  - Bristish Geological Survey
  - BWEA
  - CCW

- BMAPA
- CEFAS
- The Crown State
- Gower Society
- Natural England
- Marine Photos
- JNCC
- MarLIN
- MCS
- NMW
- Marine Biodiversity Association

4.7. Localización

El área en el que se va a situar nuestro parque eólico offshore en Reino Unido va a estar emplazado en el canal de Bristol, esta zona se caracteriza por pertenecer a Gales, siendo esta área una con una alta conservación. Nuestro proyecto se situara finalmente a unos 20 km de la ciudad de Swansea, en las cercanías de la península de Gower, en la zona norte del canal de Bristol.

La zona se caracteriza por tener una baja profundidad, de forma que a altas distancias desde la línea de costa podemos encontrar profundidades de 40 o 50 metros, teniendo un lecho oceánico con una alta variedad en lo que se refiere a la geología y sustratos.

Respecto a los espacios ambientales que podemos encontrar hay que destacar la presencia de unas zonas de especial protección y áreas de especial conservación, finalmente hay que decir que este canal destaca por poseer una alta diversidad, dentro destacando la isla de Lundy.

4.8. Alternativas viables

Entre algunas de las alternativas viables para el proyecto se pueden plantear:

- Recolocación de los aerogeneradores para evitar mayores impactos
- Reducción de la potencia de la instalación
- Aumento de la distancia del parque
- Desplazamiento del parque eólico a otro emplazamiento en caso de que las afecciones sean muy grandes.

N
South Wales
Milford Haven
Carmarthen Bay
St Govan's Head
Swansea
Worms Head
Newport
Cardiff
Severn Estuary
Bristol
Outer Bristol Channel
Central Bristol Channel
Flat Holm
Inner Bristol Channel
Steep Holm
Lundy
Morte Point
Ilfracombe
Bridgwater
Barnstaple Bay
South West England
Kilometres

Habitad Study

4.9. Inventario ambienta

4.9.1. Clima

El clima del canal de Bristol corresponde con el la zona 9 de las distintas establecidas por el gobierno de Reino Unido, se caracteriza por que esta área está influenciada por el océano atlántico y por grandes centros de inestabilidad generando que en un mismo día puedan ocurrir muchos variaciones climáticas y por lo tanto que se experimenten muchos tipos de climas en cortos espacios de tiempos.

Nuestra zona debido a esta proximidad con el océano atlántico, se caracteriza por ser una zona con altas humedades, altos regímenes de vientos, las temperaturas raramente son extremas, por lo que esta zona es una de las más apacibles de Reino Unido.

Este clima esta generado fundamentalmente por presencia de borrascas, y por los vientos tropicales continentales que traen aire caliente a la zona, esto causa que en verano si estos vientos tienen altas fuerzas pueden causar grandes variaciones de temperatura respecto a esta zona y otras de Reino Unido que se sitúen más al norte.

Nuestra zona posee una de las temperaturas más templadas, respecto a las precipitaciones estas están causadas por estas variaciones climáticas por lo que lo convierte en una de las zonas más húmedas del país. A continuación se presentan variables climáticas para zonas del sur de Gales.

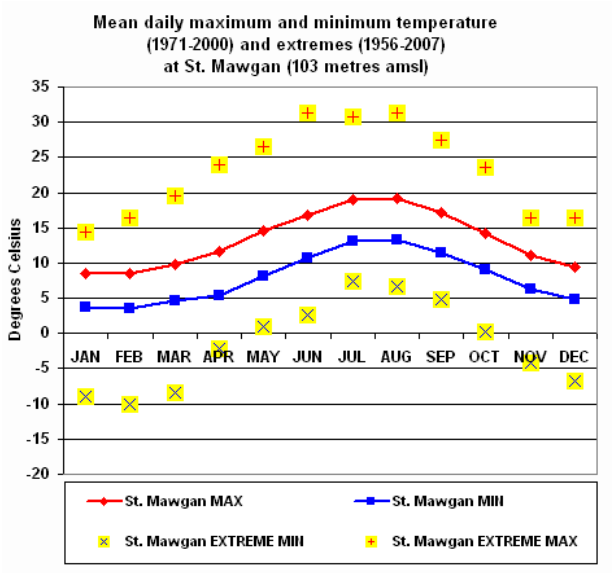


Figura 81: Precipitación media diaria en el canal de Bristol, fuente Outer Bristol Marine Habitad Study

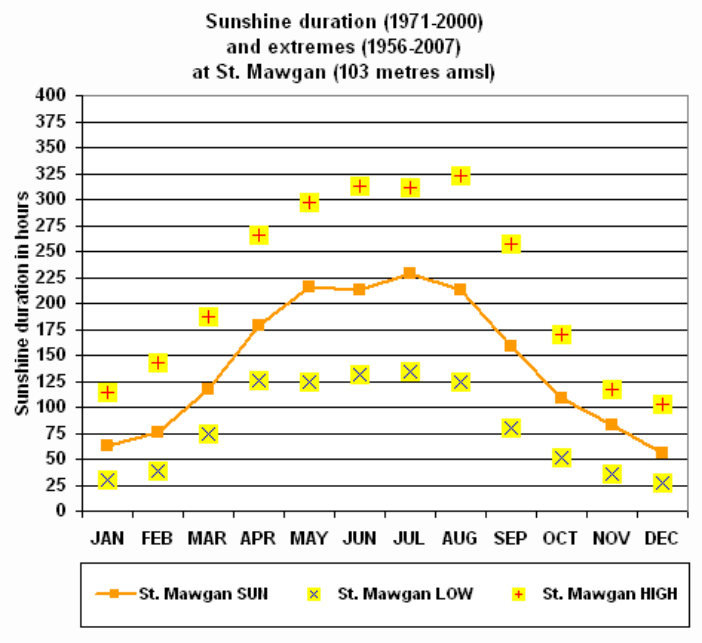


Figura 82: Duración media diaria, fuente Outer Bristol Marine Habitad Study

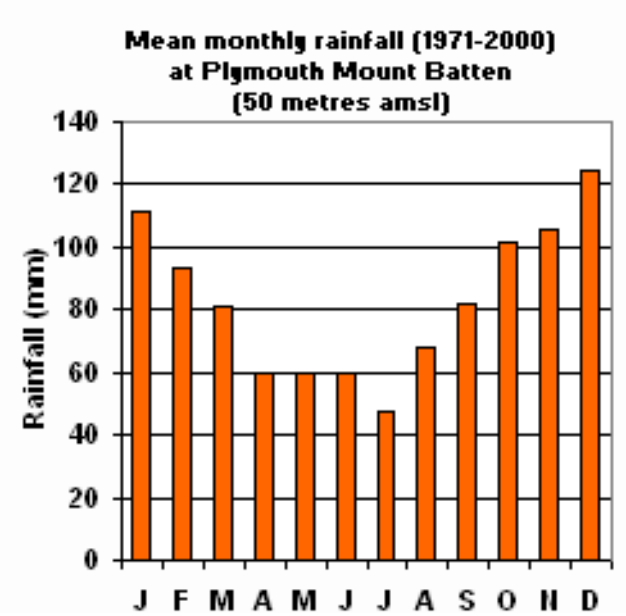


Figura 83: Precipitación media mensual en Plymouth MountBatten, *fuente Outer Bristol Marine Habitad Study*

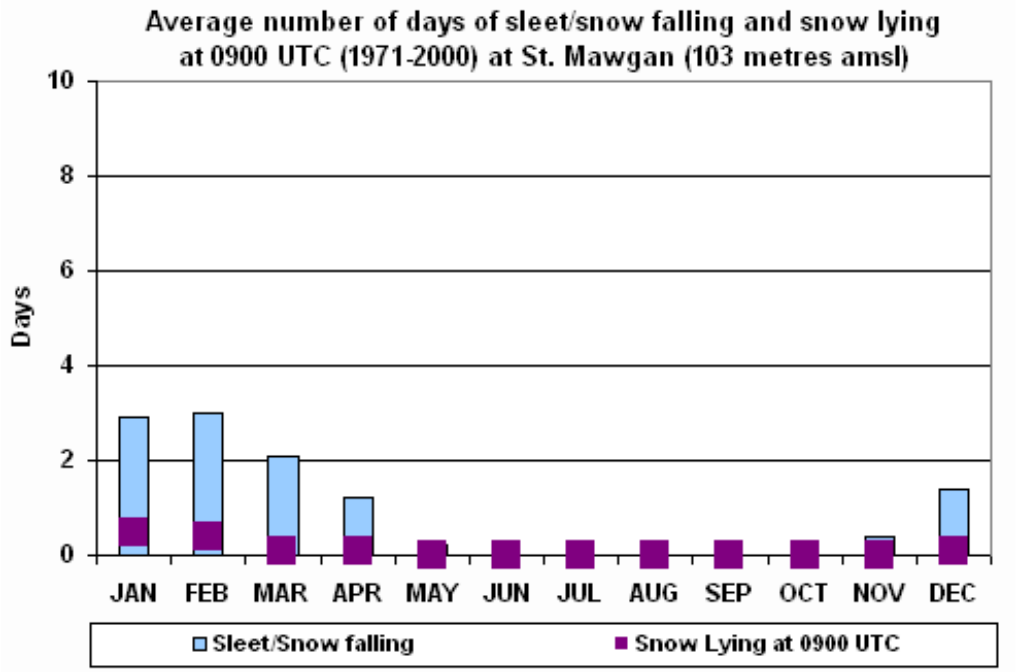


Figura 84: Número de días medios con nieve por mes, Fuente: Outer Bristol Study

4.9.2. Viento

La zona del sudeste de Inglaterra en la que se encuentra emplazada nuestro proyecto es una de las áreas más expuestas a este agente climático del Reino Unido, los vientos más fuertes están asociados a grandes depresiones que son creadas cerca de las islas británicas, siendo estas depresiones más comunes en los meses invernales, momentos en los que la velocidad media es mayor y cuando encontramos mayores ráfagas.

La dirección del viento es definida por la dirección por la que el viento está soplando, debido a las depresiones atlánticas, de forma que principalmente puede soplar del sur y del suroeste, pero más tarde el viento comienza a soplar del nordeste a medida que la depresión empieza a desplazarse, siendo estas las direcciones mayoritarias.

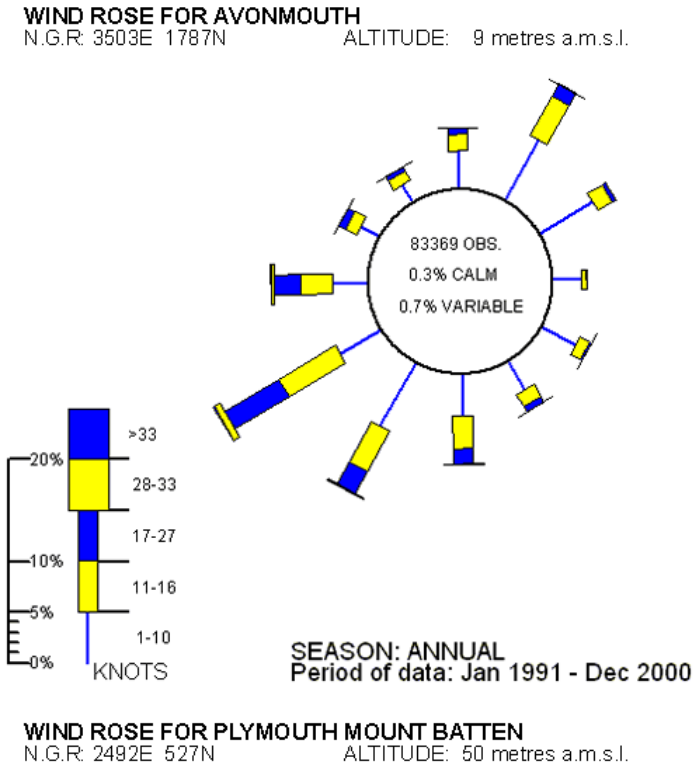


Figura: Rosa de los vientos de Avonmouth, Fuente: Outer Bristol Study

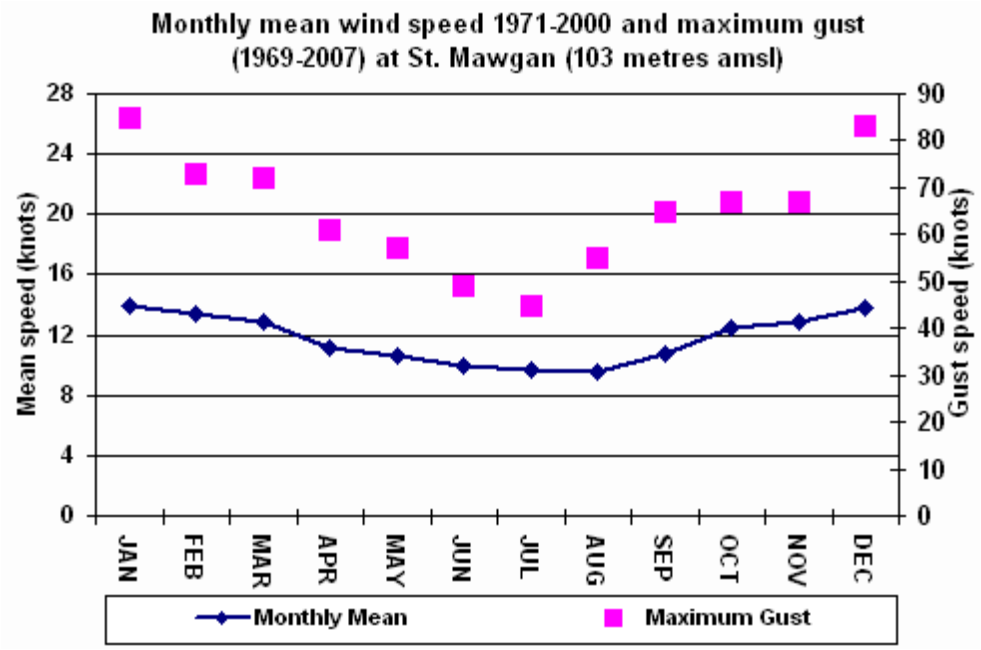


Figura 85: Velocidad media mensual del Viento, Fuente: Outer Bristol Study

4.9.3. Hidrología superficial

4.9.3.1. Dinámica de mareas

Unas de las características del canal de Bristol es su dinámica de mareas, siendo una de las más variables del mundo, ya que en verano la variación de las mareas puede alcanzar hasta los 12 metros, mientras que en las mareas muertas 6 metros. En la zona central del canal de Bristol la diferencia de alturas con las mareas es de 8 metros, mientras que en primavera puede alcanzar hasta los 4 metros.

Estas mareas son semidiurnas, produciéndose dos mareas altas y dos mareas bajas cada día de forma que entre cada marea las aguas pueden desplazarse entre 10 y 20 km a lo largo del canal, pero debido a estas dos mareas el movimiento del agua es prácticamente nulo.

Figura 86: Evolución de las mareas en el canal de Bristol, Fuente: Outer Bristol Marine Study

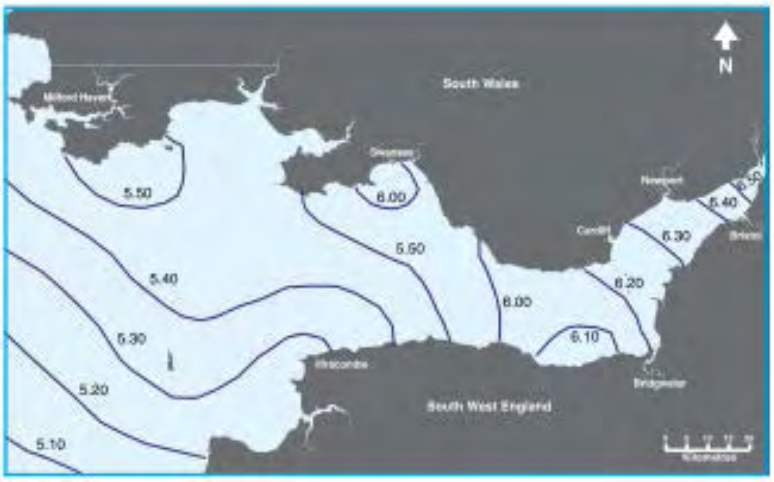


Figura 87: Evolución de las mareas en el canal de Bristol, Fuente: Outer Bristol Marine Study

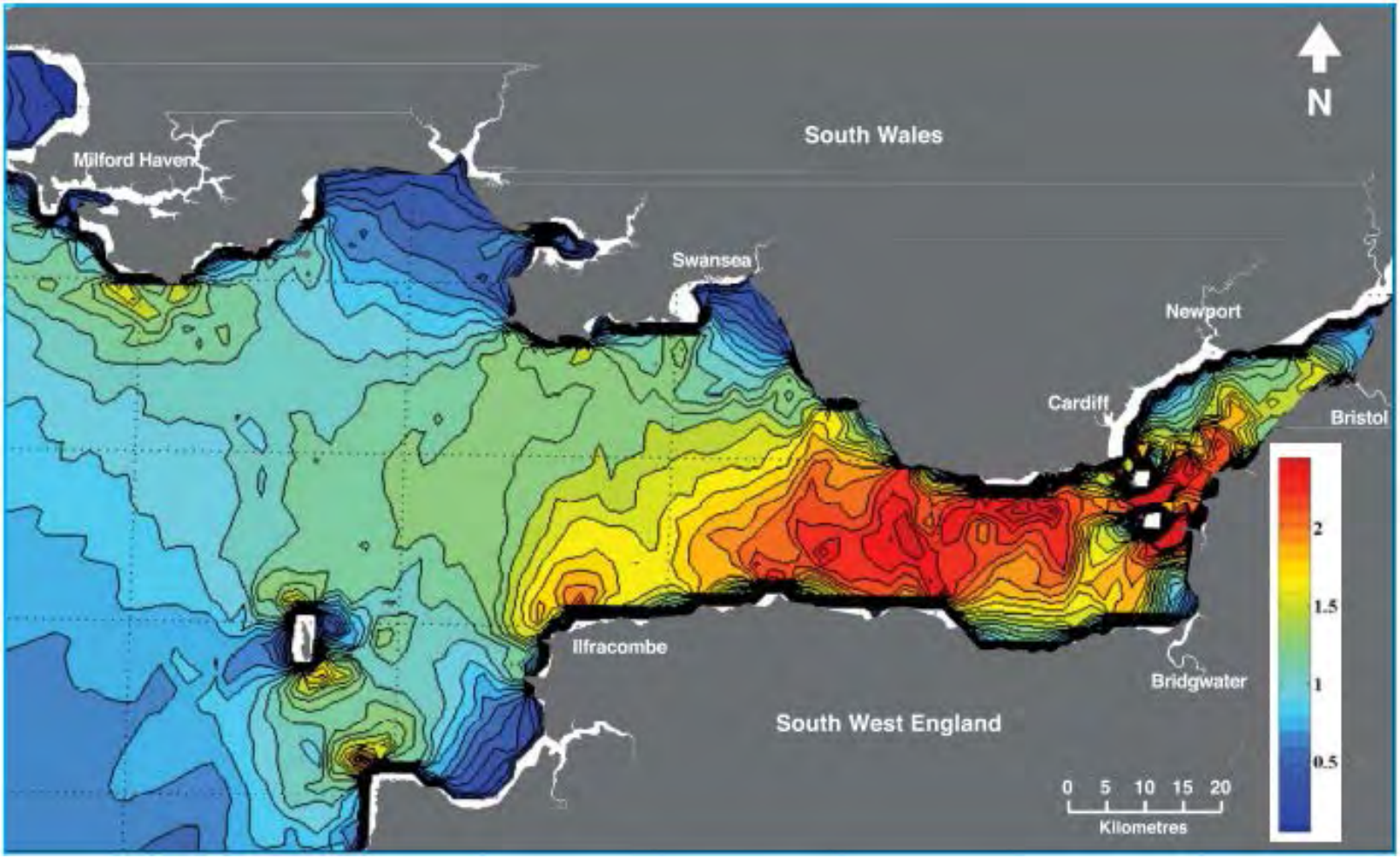


Figura 88: Desplazamiento medio de las mareas en el canal de Bristol, Fuente: Outer Bristol Marine study

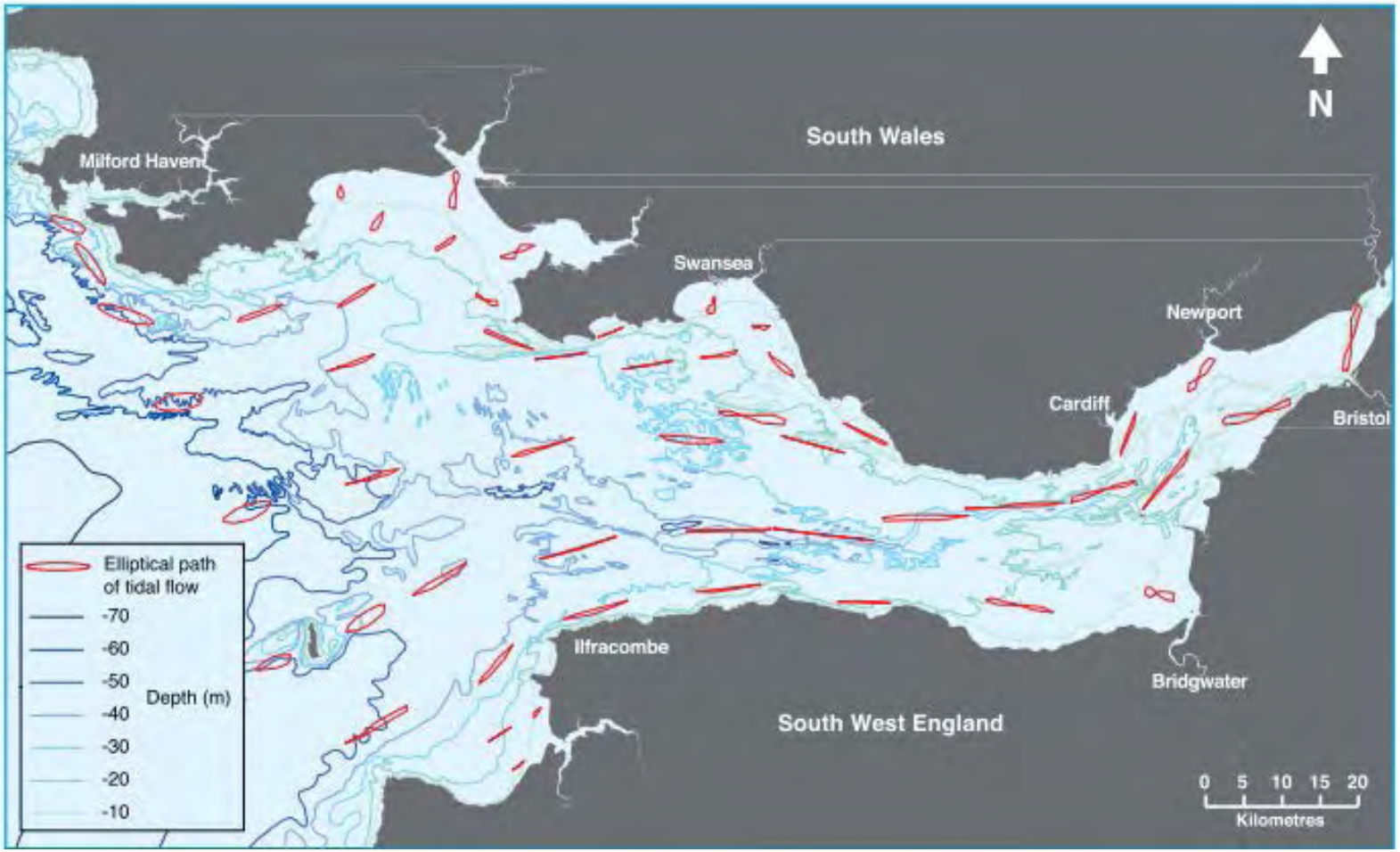


Figura 89: Variación de las corrientes en función de la profundidad en el canal de Bristol, Fuente: Outer Bristol Marine Study

4.9.3.2. Salinidad de las aguas:

Respecto a la salinidad de las aguas, hay que destacar que fundamentalmente el agua que recorre el canal es fundamentalmente agua dulce (el nivel de salinidad medio es de 14.5 ppt). Dentro del canal no hay una diferencia acentuada entre la costa norte y la costa sur, aunque sí que hay una gran diferencia entre la entrada y la salida del canal, concretamente de 5 ppt.

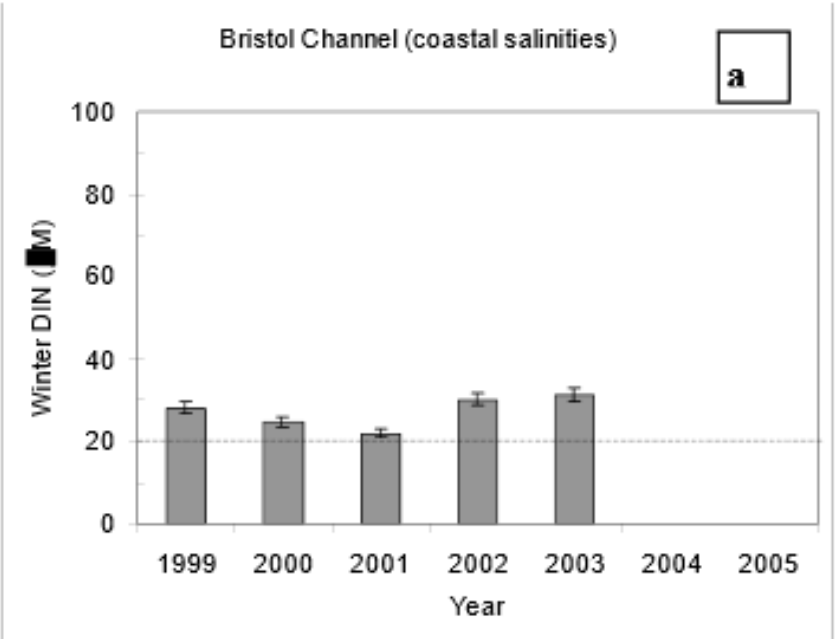


Figura 90: Salinidad en el canal de Bristol, Fuente: Outer Bristol Marine Study

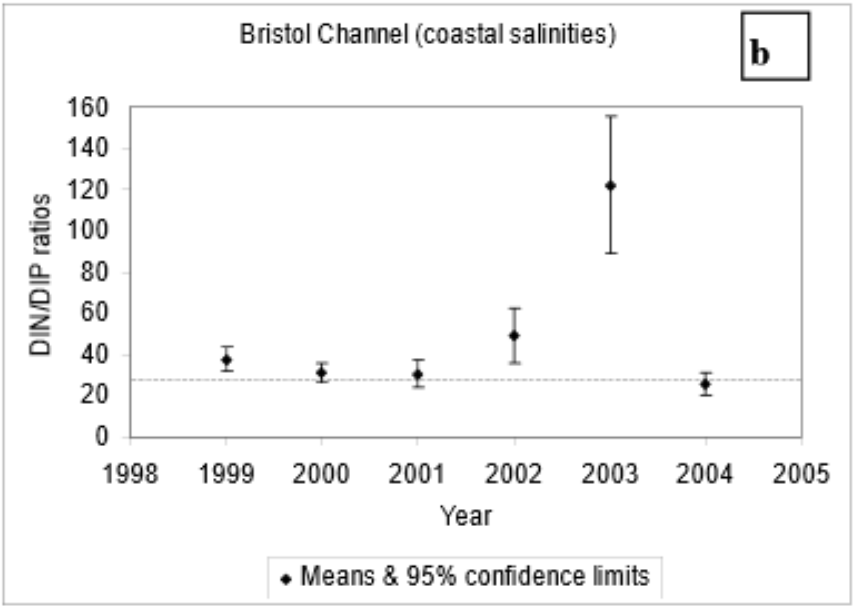


Figura 91: Salinidad en la costa de Bristol, Fuente: Outer Bristol Marine Study

Coastal salinity 30 – 34.5						
Threshold	**Data source**	**Year**	**Mean**	**No. of samples**	**Upper 95% CL**	**Assessment**
20 µM (salinity normalised to 32)	Spatial	1999	**28.0**	40	30.2	+
		2000	**24.6**	38	26.6	+
		2001	**21.9**	18	24.2	+
		2002	**30.1**	24	32.3	+
		2003	**31.2**	24	34.3	+
		2004	**31.5**	2	0.9	
		2005				
Nutrients assessment						+

Tabla: Salinidad de la costa por año, Fuente: Outer Bristol Marine Study

4.9.4. Geología

La zona central del canal de Bristol está formada por sistemas de valles submarinos que se extienden por todo el canal de Bristol, este sistema se generó durante finales del terciario y principios de cuaternario, concretamente entre glaciaciones y periodos entre estas. La evidencia de estas glaciaciones y de la presencia de estas, se encuentra en las marcas generadas por el hielo en el lecho oceánico y en las superficies rocosas. Además se produjeron procesos fluvioglaciales, que han quedado evidenciados en los distintos aportes de sedimentos y en el sistema de valles generados.

En el caso del lecho rocoso que se encuentra bajo los sedimentos oceánicos, son predominantemente del jurásico, este lecho rocoso alcanza la superficie terrestre de la costa de Somerset.

La zona del sur y las líneas de costa se encuentran fundamentalmente conformadas por rocas de sílice y areniscas, conformadas por en zonas estrechas por líneas de rocas triásicas. Las rocas triásicas formadas por rocas de lodos y de sílice actualmente conforma la base en gran medida del estuario del rio Serven, aunque en un determinado percentil podemos encontrar limos del carbonífero.

Respecto a la forma del lecho oceánico, hay que destacar que ha sido conformado por eventos de erosión y de deposición, que han dado lugar a estos valles submarinos. Estos sedimentos oceánicos están conformados por una gran variedad de litologías basadas en

lodos, arenas y a gravas, pero aun así podemos encontrar áreas extensas con roca expuesta que dan lugar al lecho oceánico. El grosor de estos sedimentos normalmente no supera un espesor de 10 metros, pero en bancos con grandes extensiones, si se puede superar.

En el caso de nuestro emplazamiento, la mayor parte del fondo oceánico está conformado por lechos rocosos, con franjas de gravas y de arenas, además de poder encontrar la presencia de olas de arenas aisladas.

Respecto a la batimetría de la zona, hay que destacar que las profundidades que podemos alcanzar son bajas, ya que la pendiente de la zona no es grande por lo que a grandes distancias encontramos zonas de baja profundidad entre 30 y 20 metros de profundidad.

Independientemente de esta baja profundidad, podemos encontrar en determinadas zonas, de la zona central zonas con una alta profundidad, dando lugar a fosos o desniveles muy acentuados.

Dinámica de los sedimentos a lo largo del canal de Bristol:

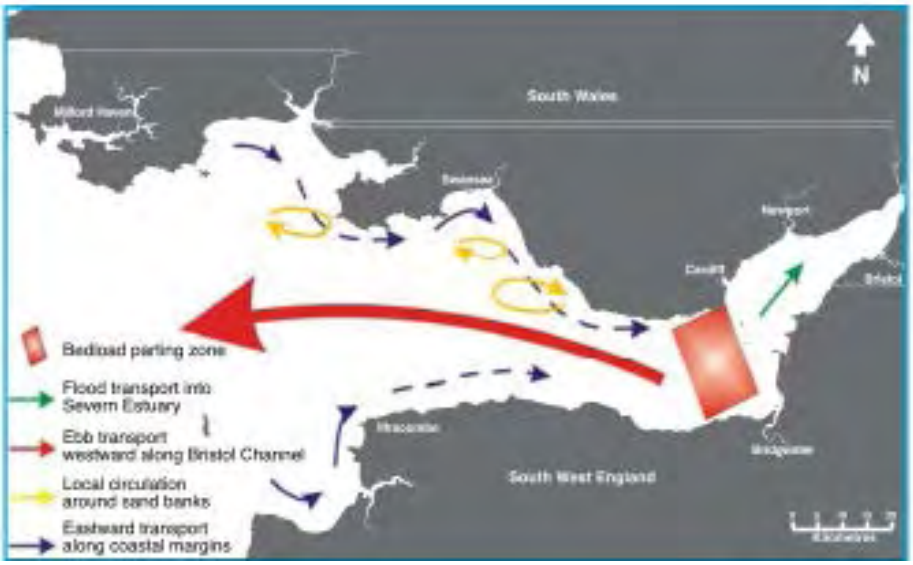


Figura 92: Desplazamiento de los sedimento en el canal de Bristol, Fuente: Outer Bristol Marine Study

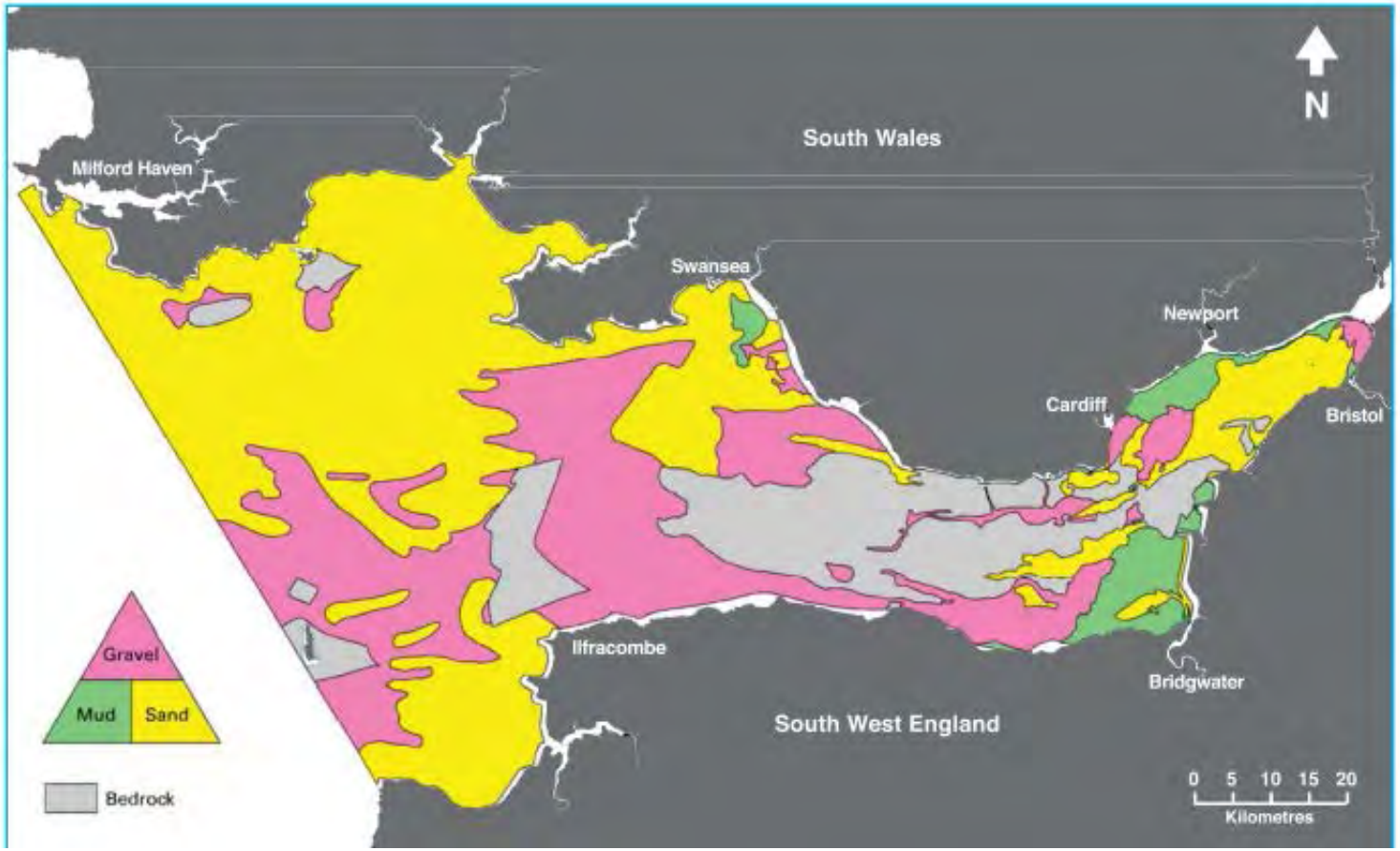


Figura 93: tipo de estrato marino, Fuente: Outer Bristol Marine Study

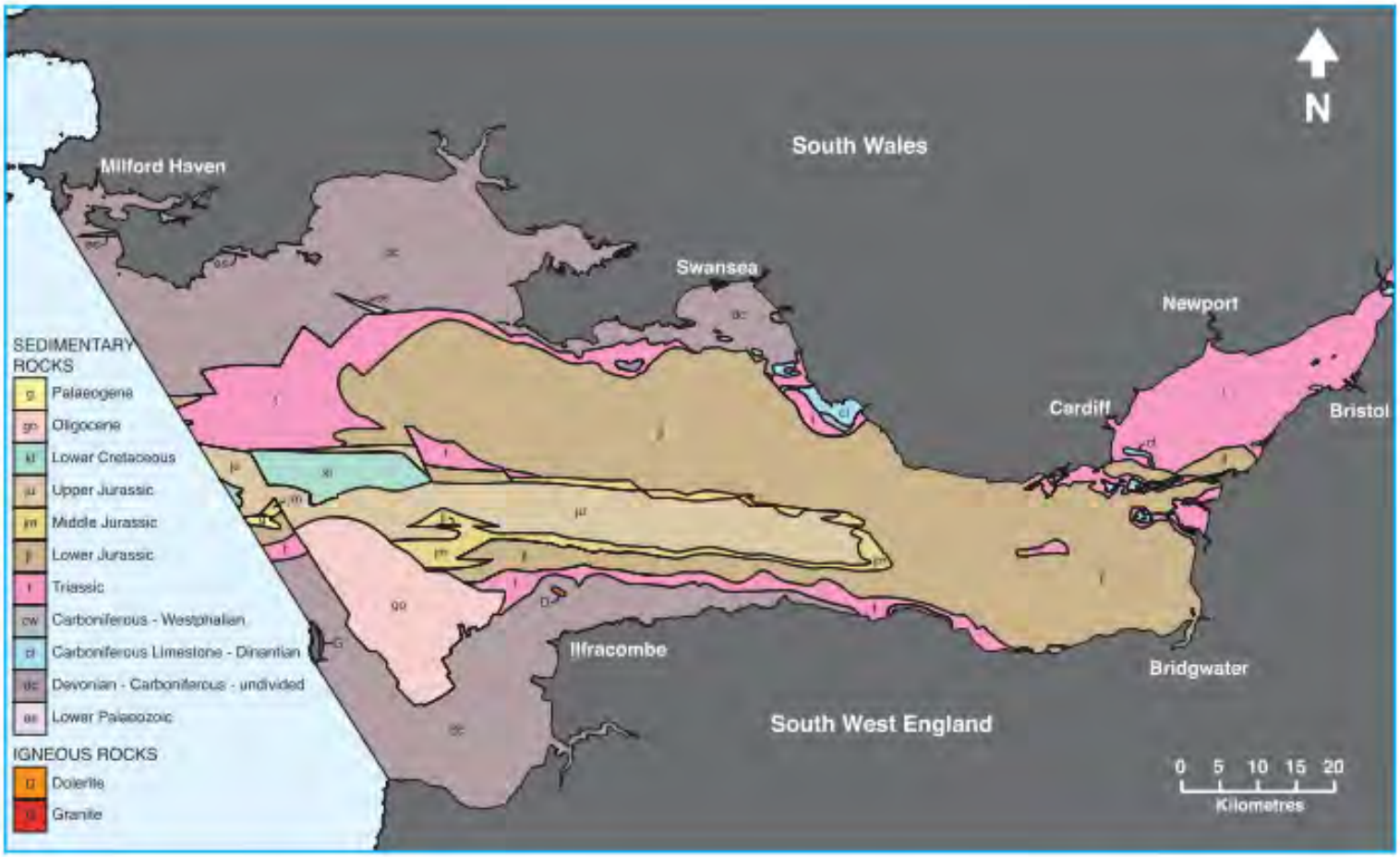


Figura 94: Geología de canal de Bristol, Fuente: Outer Bristol Marine Study

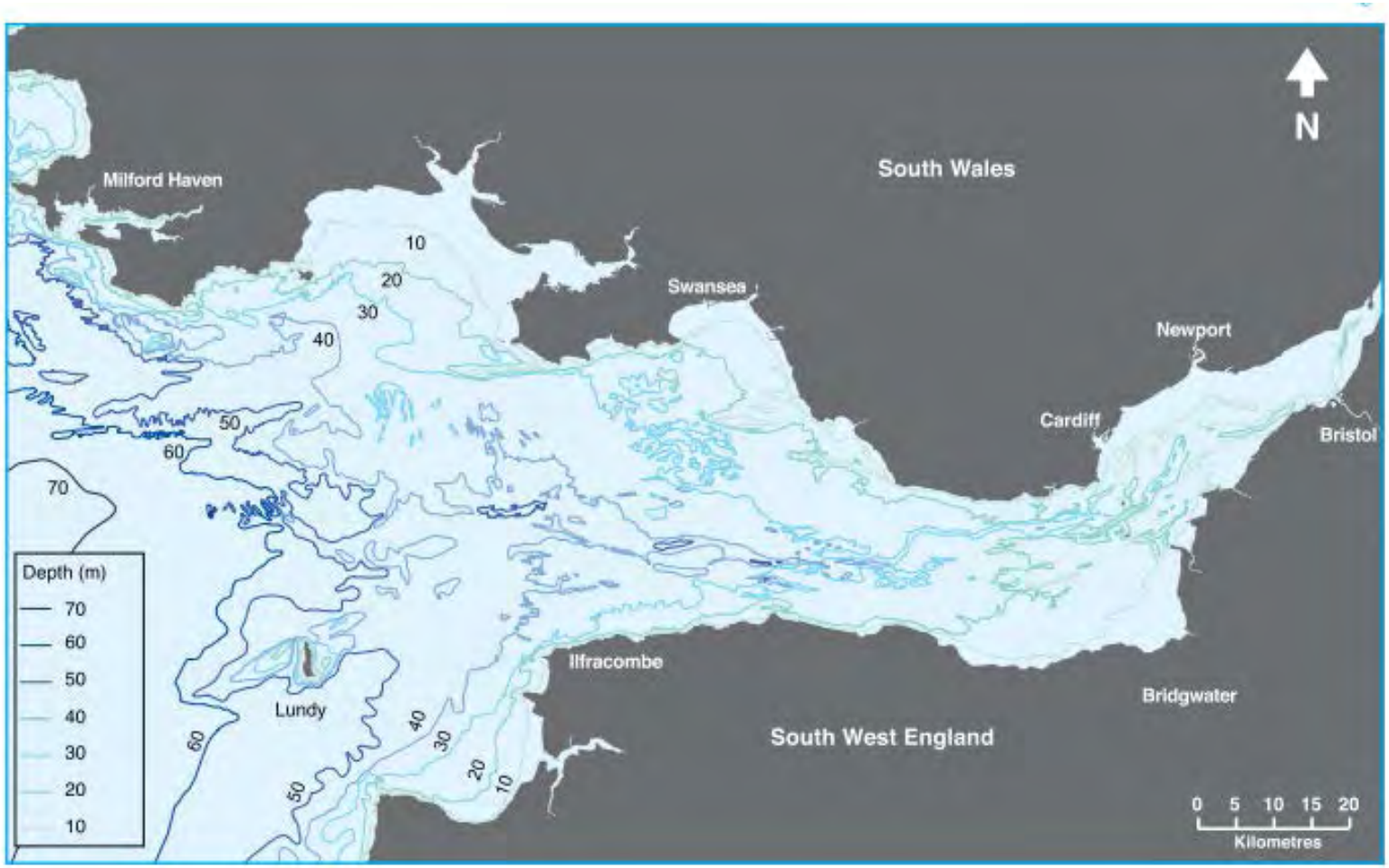


Figura 95: Batimetría del canal de Bristol, Fuente: Outer Bristol Marine Study

4.9.5. Fauna y flora

La zona de Bristol posee una gran riqueza de especies, por lo que las afecciones del parque eólico pueden afectar a estos componentes del medio ambiente, destacando fundamentalmente la fauna y la flora de la zona.

4.9.5.1. Fauna

Respecto a la fauna estudiaremos aquella se vea afectada por nuestro proyecto, siendo esta fauna marina o subacuática, y aves costeras o migratorias.

Vertebrados

Peces

Entre algunos de los peces que podemos encontrar en el canal de Bristol tenemos que destacar los siguientes: *Trisopteros luscus, Pleuronectes platessa, Reticulated dragonet, Ammodytes tobianus, Asitrigla cuculus, Gadus morhua, Molva molva, Pallachius virens, Dicentrarchus labrax.*

Estos peces se caracterizan por que se encuentran protegidos debido a su interés pesquero en el canal, siendo una fuente de actividad y de ocio para las personas del canal, y se conservan para así tener un stock productivo que permita mantener una pesca sostenible en el canal.

Peces cartilaginosos

Respecto a los distintos peces cartilaginosos que podemos encontrar tenemos que destacar la presencia de peces pelágicos y bentónicos, fundamentalmente rayas y tiburones, que se encuentran protegidos al igual que los peces debido a su interés para la pesca recreativa, y también debido a su interés ecológico para mantener las características del canal.

Entre las principales rayas que podemos encontrar: la raya rubia (*Raja brachyura),* raya punteada (*Raja montagui*), la raya de cuerno (*Raja clavata*), y la raya de ojos pequeños (*raja microcellata*).

Respecto a los principales tiburones que podemos encontrar tenemos que destacar la presencia de: *Squalus acanthias, Scyliorhinus stellaris, Galeorhinus galeus, Prionace glauca.*

Mamíferos

En el caso del canal de Bristol los principales mamíferos que podemos encontrar son la foca gris (*Halichoerus grypus*) y el delfín común (*Delphinus delphis*), siendo ambas especies de animales de alto interés tanto social como ambiental para las comunidades de la zona.

Reptiles

Entre los principales reptiles que podemos encontrar tenemos que destacar la tortuga de cuero negro (*Dermochelys coriacea*) que es una de las pocas especies que realiza movimientos migratorios en la zona.

Aves

Esta zona se caracteriza por poseer una alta diversidad de aves marinas, siendo características de las zonas rocosas que podemos encontrar en las costas, esta alta variedad de aves puede influenciar a la disposición del parque eólico, entre algunas de las aves que podemos encontrar son:

La gaviota tridáctila (*Rissa tridactyla*), fulmar boreal (*Fulmarus glacialis*), Petrel de la tormenta (*Oceanitinae hydrobatinae*), petrel de Leach´s (*Oceanodroma leucorhoa),* pardela pichoneta (*Puffinus puffinus*), gannet del norte (*Morus bassanus*), arao aliblanco (*Cepphus grylle*), alca común (*Alca torda*), frailecillo común (*Fratercula arctica*).

De entre todas estas hay que destacar el frailecillo común, siendo este un animal característico de este aire y un ave muy carismática para la población, siendo un atractivo de la zona, por lo que la conservación de esta ave será una prioridad.

Invertebrados

Equinodermos

Entre algunos de los invertebrados que podemos encontrar en la zona tenemos que destacar la presencia de diversas estrellas de mar: *Amphipholis squamata*, el erizo común purpura (*Spantagus purpureos*), la estrella de mar común (*Asteria Rubens*), o la estrella de mar quebradiza (*Brittle star*) y finalmente el erizo aguado (*Echinus escuelentus*).

Moluscos

También podemos encontrar diversas especies de moluscos como: caracol común (*Buccinum undatum), Laevicardium crassum,* Mejillón atlántico *(mytilus edulis),* Mejillón común (*Modilous modilous), Glycymeris glycymerys, Timoclea ovata,* chirla *(Chamalea gallina*), *Timoidea ovata* y *Abra alba*

Crustáceos

Algunas especies de crustáceos que podemos encontrar en la zona y que se encuentra en la zona son: el cangrejo ermitaño (*Pagarus bernhardus*), El cangrejo araña común (*Maja squinado*), el cangrejo miniatura (*Thia scutellata*), el cangrejo comestible (*cáncer pagarus*), el camaroón marrón (*Crangon crangon*).

4.9.5.2. Flora

Dentro de la flora podemos encontrar distintos tipos de especies que comprenden entre algas y anemonas: *Seturlaria sp*, *Flustra foliacia*, dedos del hombre muerto (*alcyonium digitatum*), la barba marina (*Nemertesia antennina*) o la *Hydraltmania falcata.*

A continuación se presentan los distintos hábitats y ecosistemas que podemos encontrar en la zona del canal de Bristol:

Biotope Code	Description (Full biotope definitions available at www.jncc.gov.uk/marinehabitatclassification)
Infauna	
SS.SSa.IFiSa.IMoSa	Infralittoral mobile clean sand with sparse fauna
SS.SSa.IFiSa.NcirBat	*Nephtys cirrosa* and *Bathyporeia* spp. in infralittoral sand
SS.SSa.IMuSa.FfabMag	*Fabulina fabula* and *Magelona mirabilis* with venerid bivalves and amphipods in infralittoral compacted fine muddy sand
SS.SSa.CMuSa.AalbNuc	*Abra alba* and *Nucula nitidosa* in circalittoral muddy sand or slightly mixed sediment
SS.SSa.OSa.OfusAfil	*Owenia fusiformis* and *Amphiura filiformis* in offshore circalittoral sand or muddy sand
SS.SCS.ICS.HeloMsim	*Hesionura elongata* and *Microphthalmus similis* with other interstitial polychaetes in infralittoral mobile coarse sand
SS.SCS.CCS.MedLumVen	*Mediomastus fragilis*, *Lumbrineris* spp. and venerid bivalves in circalittoral coarse sand or gravel
SS.SMx.OMx.PoVen	Polychaete-rich deep *Venus* community in offshore mixed sediment
Epifauna	
SS.SSa.IfiSa.ScupHyd	*Sertularia cupressina* and *Hydrallmania falcata* on tide-swept sublittoral sand with cobbles or pebbles
SS.SBR.PoR.SspiMx	*Sabellaria spinulosa* on stable circalittoral mixed sediment
SS.SMx.CMx.FluHyd	*Flustra foliacea* and *Hydrallmania falcata* on tide-swept circalittoral mixed sediment

Figura 96: Hábitats del canal de Bristol, Fuente: Outer Bristol Marine Study

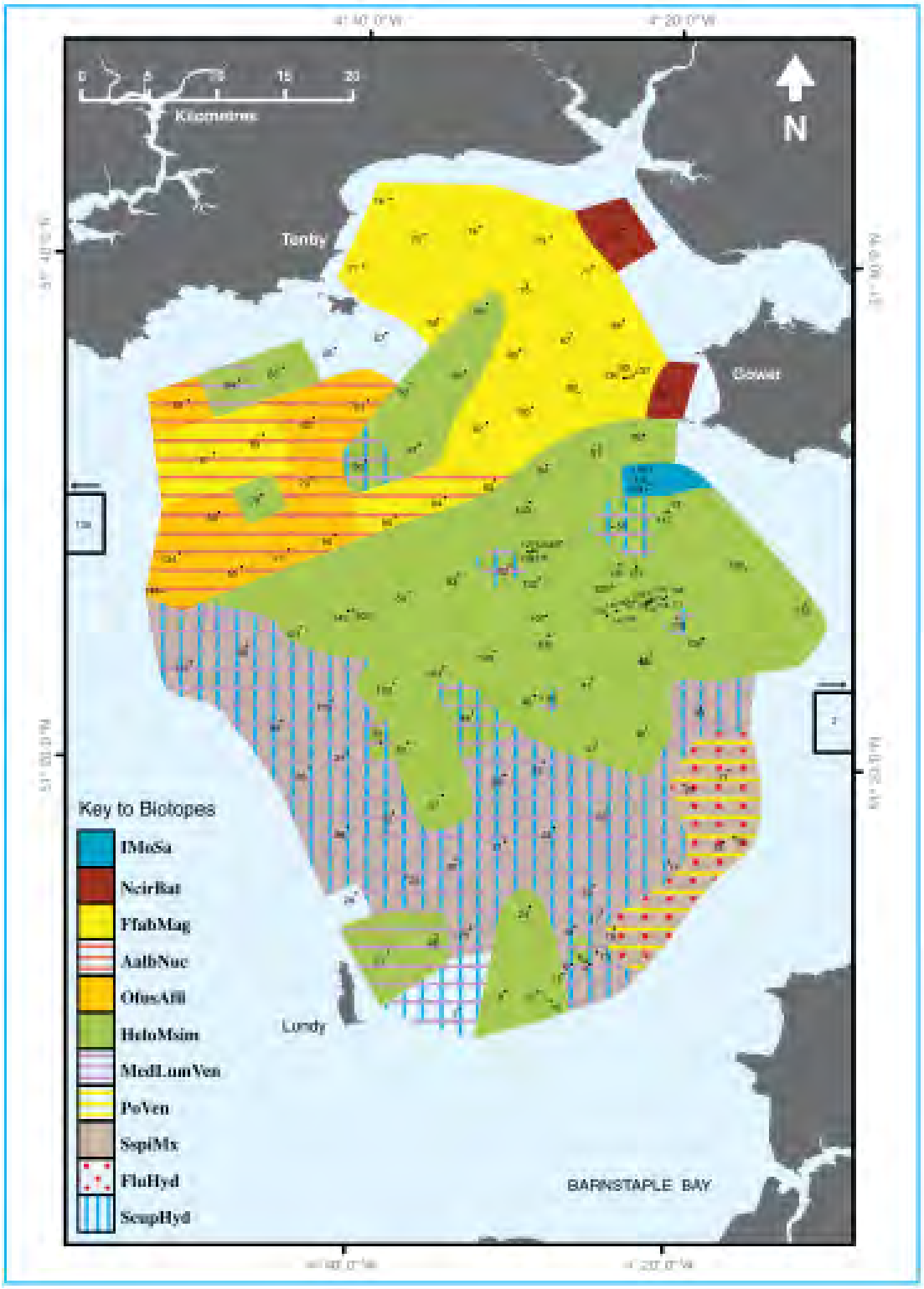


Figura 97: Mapa con los distintos hábitats del canal de Bristol, Fuente: Outer Bristol Marine Study

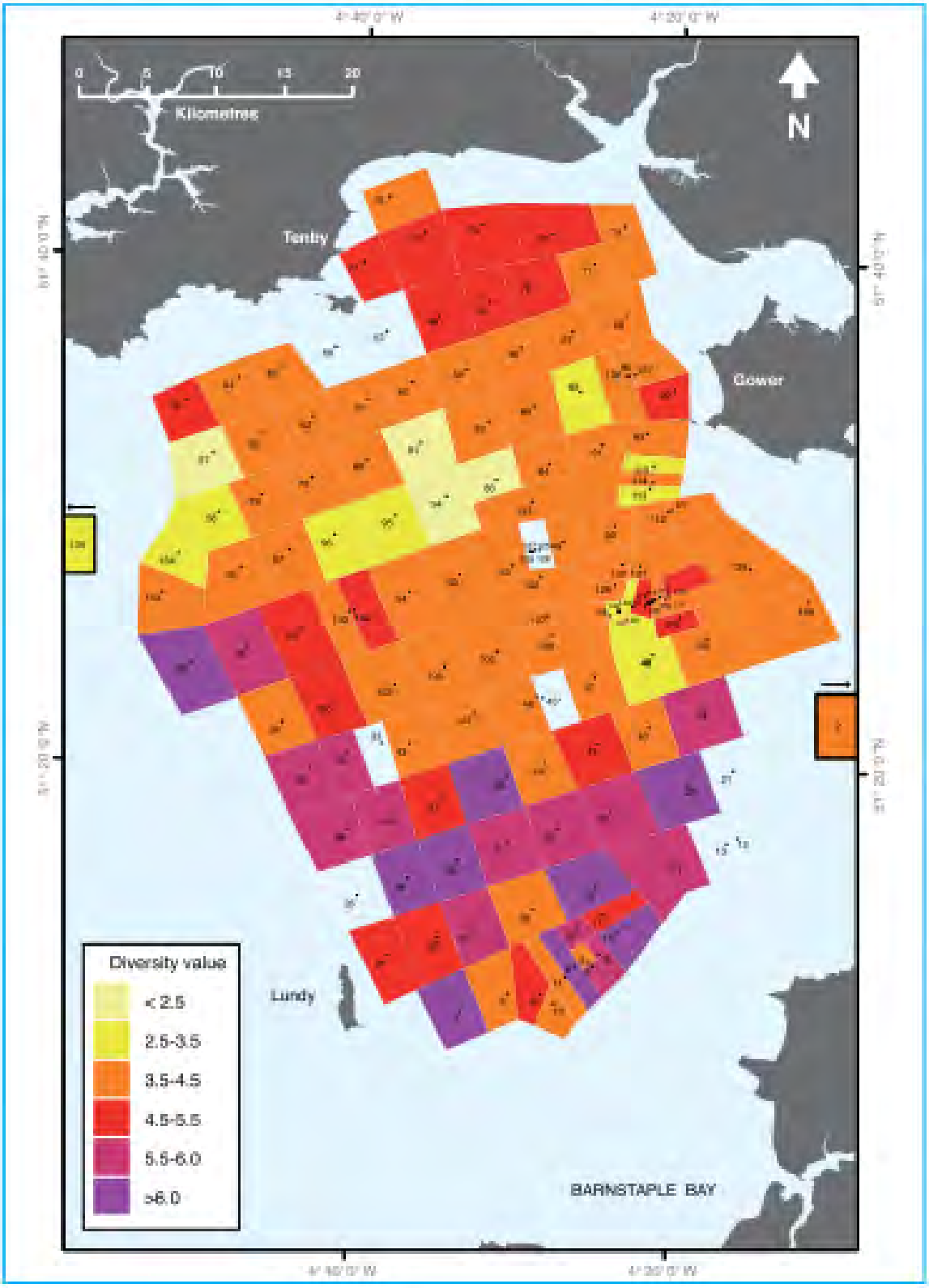


Figura 98: Variación de la diversidad por parcela en el canal de Bristol, Fuente: Outer Bristol Marine Study

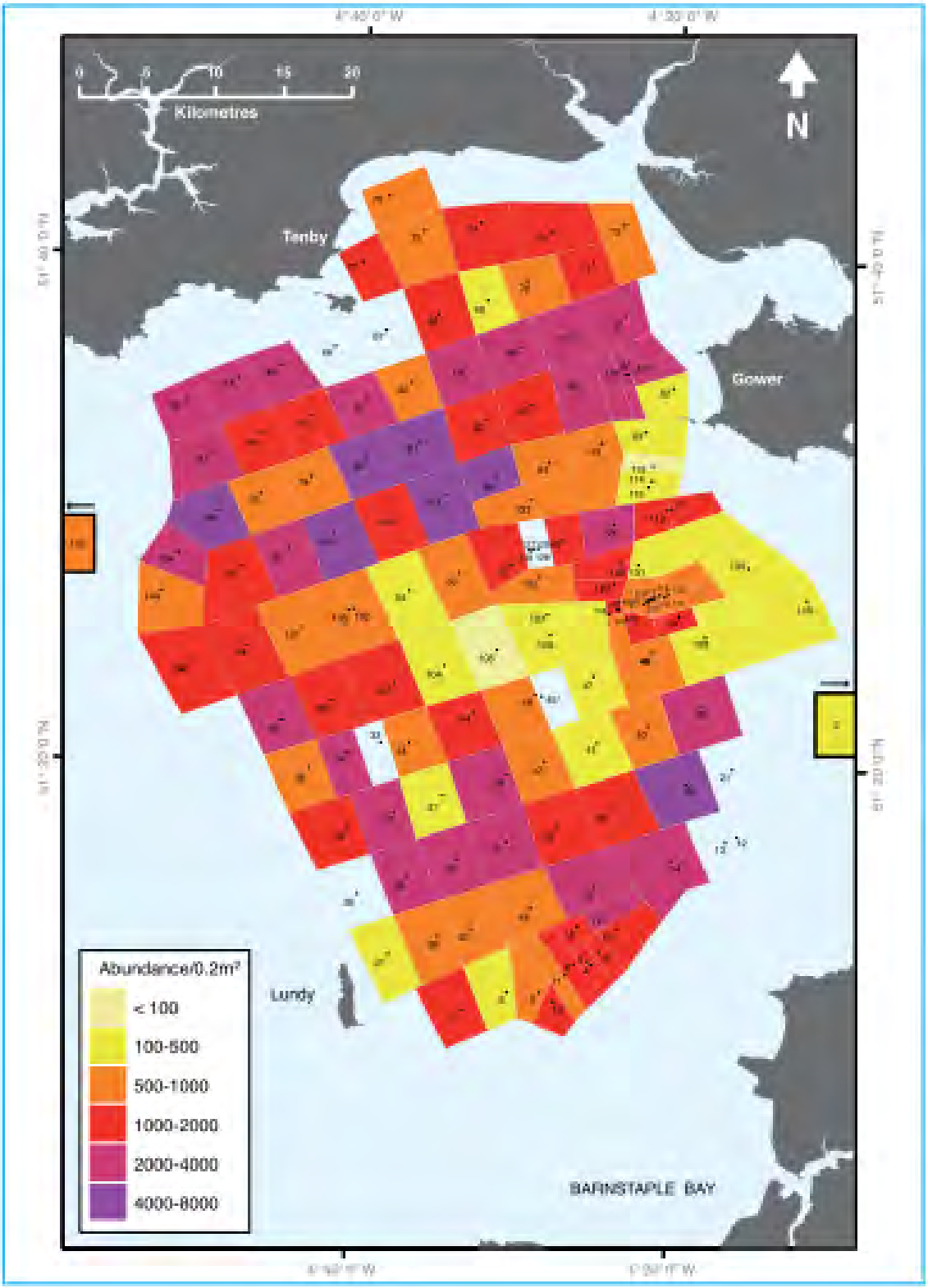


Figura 99: Abundancia en el interior del canal de Bristol¸ Fuente: Outer Bristol Marine Study

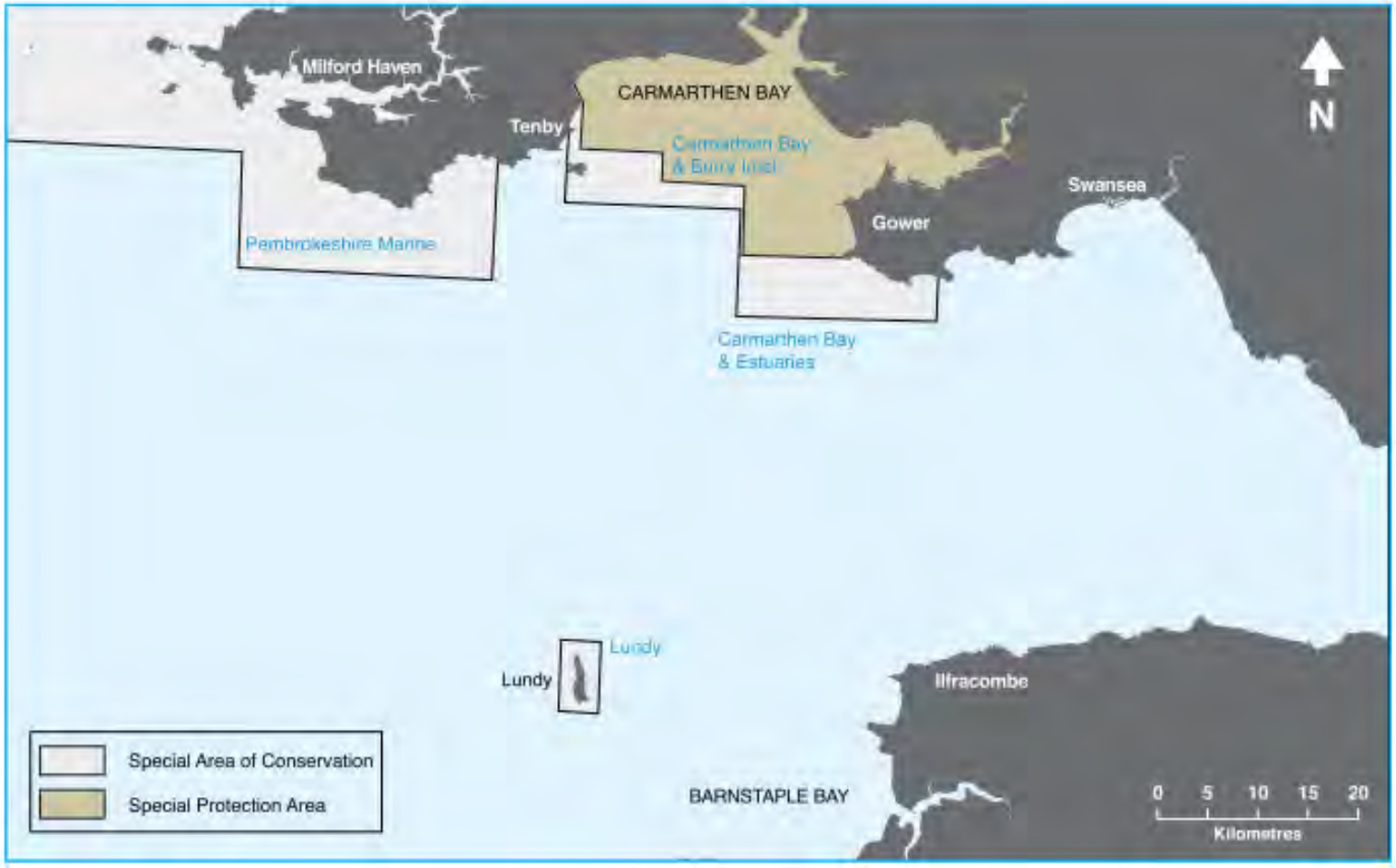


Figura 100: Principales figura de protección ambiental en el canal de Bristol, Fuente: Outer Bristol Marine Study

4.9.6. Paisaje

Fotos tomadas desde distintos puntos en las cercanías de nuestra futura instalación, estas se han tomado empleando google maps, y son de diferentes puntos de la bahía de Swansea.

Foto tomada desde Swansea:

Fotos tomadas desde el muelle de Swansea:

Foto tomada en la playa de Swansea:

Foto tomada desde la playa de Swansea (Universidad de Swansea):

Como se puede observar y al igual que en caso de Canarias, se obtiene una visión directa de la zona costera sin ningún impedimento, para evitar un alto impacto visual, que afecte a la concienciación de los ciudadanos de las poblaciones colindantes, la futura instalación se situara a una distancia en la que el impacto visual sea el mínimo, siendo esto también justificado económicamente, de forma que ambos factores se tengan en cuenta.

Por eso el parque se situara a una distancia de 20 kilómetros, ya que el impacto visual de es uno de los factores críticos más importantes de rechazo para la población del Reino Unido.

4.10. Acciones y matrices de impacto para ambos proyectos

Acciones:

Para poder realizar una mejor identificación de los impactos, se determinaran cuáles son las acciones y afecciones que se producirán en nuestra área de estudio, ya sea durante la fase de instalación del parque, la fase de operación de nuestra instalación y finalmente durante la fase de cierre o clausura.

Por esto, realizaremos una descripción de las acciones que puedan afectar las variables anteriormente recomendados

Acciones durante la fase de construcción:

- Realización de estudios del lecho marino: estudio batimétrico, extracción de muestras del lecho marino, etc.
- Movimiento y desplazamiento de barcos
- Preparación del suelo: nivelados, excavación, movimiento de tierras, etc.
- Obra civil
- Instalación de los anclajes
- Cableado
- Transporte marítimo de los aerogeneradores y anclaje

Durante esta fase podremos encontrar los siguientes impactos que pudieran afectar al medio ambiente:

- Emisión de sedimentos
- Generación de ruidos y vibraciones
- Cambios de relieve
- Extracción de tierras

- Ocupación del terreno
- Movimiento de maquinaria
- Vertidos accidentales
- Perdida de habitad
- Eliminación de vegetación
- Cambios en la columna de agua y dragados
- Voladuras
- Perturbación de animales

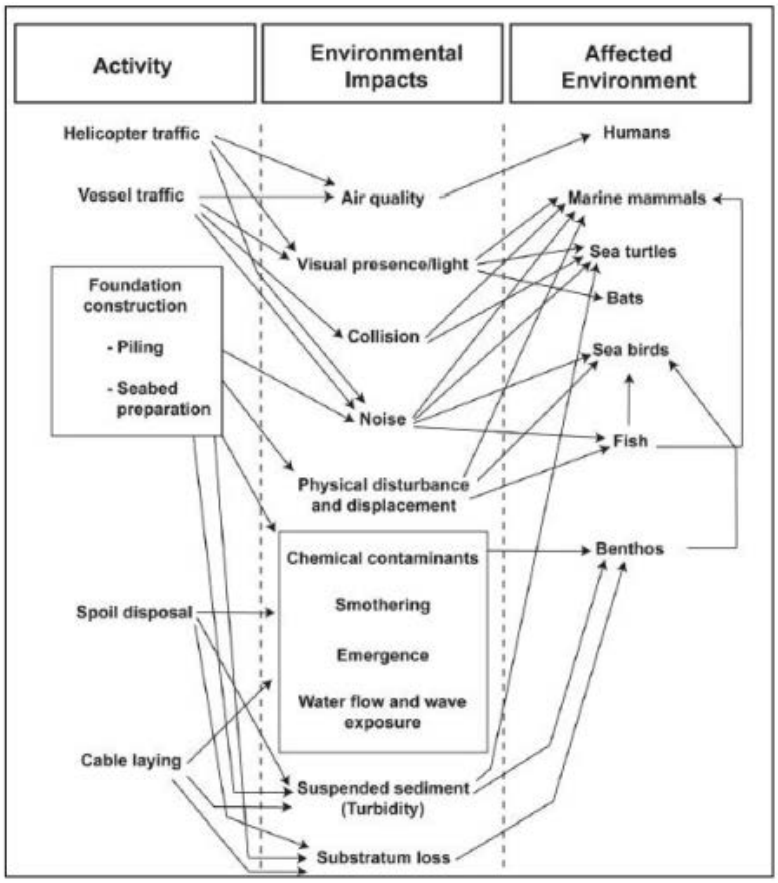


Figura 100: Impactos potenciales en la fase de construcción, fuente: Hiscock et al. 2002

Fase de operación y mantenimiento:

Durante esta fase solo se realizaran aquellas acciones que tengan que ver con el funcionamiento de la instalación, siendo estas las realizadas por la actividad normal del parque, y los impactos estarán causados por las labores de reparación y mantenimiento que se realicen.

Las actuaciones a considerar en esta fase son:

- Ocupación permanente de terrenos
- Movimiento y emisiones de vehículos
- Introducción de materiales extraños
- Efecto barrera por la presencia de estructuras
- Presencia de alumbrado
- Oportunidad de empleo local
- Reducción de gases de efecto invernadero y de productos fósiles
- Aumento de la turbulencia
- Menor presión pesquera
- Campos electromagnéticos procedentes de cables,
- Vertidos accidentales
- Turbulencias y vibraciones

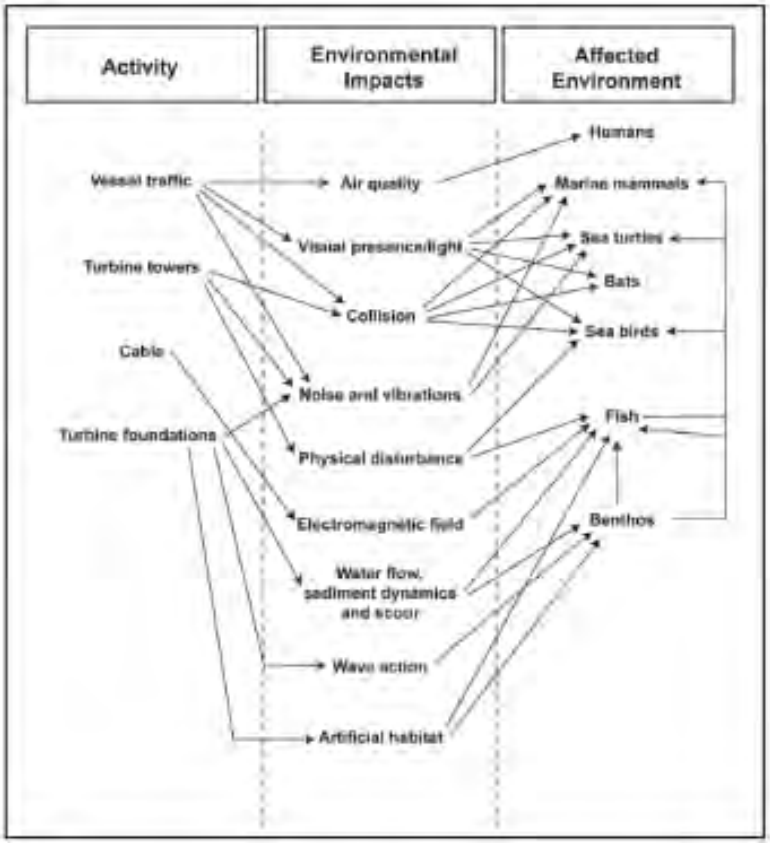


Figura 101: Impactos potenciales en la fase de operación, fuente: Hiscock et al. 2002

Fase de desmantelamiento

Debido a que es un análisis técnico económico del proyecto y debido a que tras el fin de la vida útil de los aerogeneradores estos pueden ser cambiados y sustituidos por otros, la fase de desmantelamiento no será contemplada, en caso de volver a instalarlos habría que volver a realizar un EIA.

Si por el contrario se decidiese desmantelarlo, habría que realizar una restauración del emplazamiento devolviendo al estado que tenía previamente a la perturbación

En este caso si se realizase es desmantelamiento los principales impactos que podríamos encontrar serian:

- Retira de los aerogeneradores, cimentaciones, cables y restos de infraestructuras asociadas
- Transporte a vertedero y/o reutilización de materiales
- Presencia de equipos, trabajadores y embarcaciones
- Abandono del emplazamiento.

Con los impactos realizaremos una matriz de identificación de impacto

	ACTUACIONES DEL PROYECTO	FACTORES AMBIENTALES														
		MEDIO ABIOTICO						MEDIO BIOTICO				MEDIO SOCIOECONOMICO				
		RUIDO	CALIDAD DEL AIRE	GEOLOGÍA GEOMORFOLOGÍA GEOTECNIA	HIDROLOGÍA SUPERFICIAL	HIDROLOGÍA PROFUNDA	EDAFOLOGÍA	VEGETACIÓN	FAUNA	PAISAJE	ESPACIOS NATURALES	SECTORES ECONÓMICOS*	ORDENACIÓN DEL TERRITORIO	PATRIMONIO CULTURAL	INFRAESTRUCTURAS EXISTENTES	ACEPTACIÓN SOCIAL*
FASE DE CONSTRUCCION	Ejecución del proyecto*	X										X	X		X	X
	Generación de ruidos y vibraciones	X														
	Emisión de sedimentos		X		X	X		X	X	X						
	Cambios de relieve	X		X	X	X	X									
	Perdida de habitad							X	X							
	Eliminación de la vegetación				X	X		X	X							
	Cambios de la columna de agua				X	X		X	X							
	Perturbación de animales								X							
	Voladuras	X		X		X	X		X							
	Extracción de tierras	X		X	X	X	X	X	X							
	Ocupación del terreno			X	X	X	X	X	X							
	Movimiento de maquinaria	X	X		X				X	X						
	Vertidos accidentales		X			X	X	X	X							
FASE DE EXPLOTACION	Ocupación permanente del terreno			X	X	X		X	X							
	Movimiento y emisiones de vehículos	X			X			X	X							
	Introducción de materiales extraños			X	X	X	X	X	X							
	Efecto barrera por la presencia de estructuras							X	X							
	Presencia de alumbrado							X	X							X
	Oportunidad de empleo local															X
	Reducción de gases de efecto invernadero		X													
	Aumento de la turbulencia		X		X	X		X								
	Menor presión pesquera							X	X							X
	Campos electromagnéticos							X	X							
	Vertidos accidentales		X	X	X	X	X	X	X							
	Turbulencias y vibraciones	X			X	X		X	X							

* La acción de proyecto "Ejecución del proyecto" engloba todos los impactos identificados para los factores ambientales del Medio Socioeconómico indicad

Tabla: Matriz de identificación de impactos, fuente: propia

4.11. Evaluación de los impactos

Tras realizar una identificación de los impactos, lo que procederemos a realizar a una valoración de los impactos según su importancia, de forma que podamos valorarlos, para ello realizaremos una ficha para cada uno de los factores ambientales anteriormente explicados, y además descripción de los impactos en cada uno de ellos, evaluaremos cada impacto para poder obtener el valor de importancia, de forma que se caracterizan los impactos siguiendo los criterios establecidos en el RD 1138/1988, estos son:

- Recuperabilidad: recuperable, irrecuperable
- Probabilidad: improbable, probable, cierto
- Extensión: difusa, puntual, amplia
- Efecto: indirecto, secundario
- Reversibilidad: reversible, irreversible
- Duración: temporal, alterno, permanente
- Carácter: simple, acumulado, sinérgico
- Aparición: Corto, medio o largo plazo
- Importancia: positiva, negativa

4.11.1. Ruido

El ruido será uno de los principales impactos que podamos encontrar en nuestro proyecto, este será causado fundamentalmente debido al desplazamiento de los barcos y de la maquinaria que emplearemos durante el proceso de construcción de la instalación.

Otra fuente de ruido importante será el causado por las voladuras y las obras realizadas durante la obra civil, que causaran una alta cantidad de este.

Finalmente durante la fase de explotación de la instalación el empleo de los aerogeneradores y las turbulencias generadas, darán lugar a la generación de ruidos que podrán afectar al área adyacente

4.11.2. Fauna

La fauna se verá afectada durante la fase de construcción debido a la generación de ruidos y perturbaciones, que afectaran a las distintas especies de animales marinos y aves de la zona pudiendo causar estrés a los animales o incluso la muerte de algunos individuos debido a las voladuras, además los vertidos y la generación de emisiones también realizar perturbaciones en los animales.

Además durante la fase de explotación también se dará una pérdida de habitad que afectara a los animales pudiendo causar un desplazamiento de los mismos, debido a la pérdida del habitad.

Durante la fase de explotación nuestra instalación en si podrá causar un alto efecto barrera, limitando el movimiento y los sucesos migratorios de los animales de la zona, las vibraciones y los campos magnéticos también afectaran a los animales que estén cerca de cables y aerogeneradores, y finalmente el ruido generado por los aerogeneradores podrá causar perturbaciones en los animales.

4.11.3. Flora

La flora sufrirá varios impactos, debido fundamentalmente a que se procederá a su eliminación para poder realizar las labores de nivelado, además debido a la ocupación permanente del habitad por las cimentaciones las plantas de la zona perderán nichos y área donde vivir.

Además tanto los vertidos como los sustratos emitidos pueden generar deposiciones sobre las hojas de las distintas plantas, dando lugar a la muerte ya que pueden impedir la realización de la fotosíntesis de las plantas. Por otro lado el cambio en las corrientes debido a las vibraciones generadas y al efecto barrera causado por los aerogeneradores puede causar impedimentos a la hora de la propagación de las esporas.

4.11.4. Paisaje

En este caso durante la fase de construcción del parque el impacto paisajístico estará causado por la alta afluencia de embarcaciones y por la instalación de los aerogeneradores, durante la fase de explotación el impacto será mayor debido al alto número de aerogeneradores que podremos encontrar en la zona, causando un alto efecto.

4.11.5. Hidrología superficial

El flujo de las corrientes superficiales se verá afectado debido al alto número de aerogeneradores, que afectara a los flujos superficiales de las corrientes, afectando a la dinámica litoral.

4.11.6. Geología

La geología se verá afectada fundamentalmente por las cimentaciones y las voladuras, de forma que sustratos que anteriormente no estaban en contactos con el agua, además los sustratos podrán verse afectados por las deposiciones y los vertidos de contaminantes o aceites, además de los efecto causado por las sedimentaciones de materiales durante las voladuras.

4.11.7. Impacto socioeconómico

El impacto socioeconómico será grande debido a la alta cantidad de trabajo que llevara a las islas, debido a la obra civil y a la alta mano de obra que demandara reduciendo así la tasa de desempleo.

Además del desempleo también afectara a la factura de la luz, ya que el empleo de este tipo de tecnología reducirá el coste de la energía.

Independientemente del empleo que traiga a las islas, el emplazamiento del parque eólico afectara a las rutas marinas y a la pesca en esas aguas, afectando también al movimiento de los aviones en la zona.

FACTOR AMBIENTAL: PAISAJE																								
ACCIONES DEL PROYECTO		RECUPER		PROBABILIDAD			EXTENSIÓN			EFECTO		REVERSIB.		DURACIÓN			CARÁCTER			APARICIÓN			IMPORT.	
		r	ir	im	Pr	Ci	d	P	A	IN	D	R	IR	T	AL	P	S	A	SI	C	M	L	+	-
Fase de construcción	Ejecución de proyecto																							
	Generación de ruidos y vibraciones																							
	Emisiones de sedimentos	X				X		X			X	X		X			X			X				X
	Cambios de relieve																							
	Perdida de habitad																							
	Eliminación de la vegetación																							
	Cambios de la columna de agua																							
	Perturbación de animales																							
	Voladuras																							
	Extracción de tierras																							
	Ocupacion del terreno																							
	Movimiento de maquinaria	X				X	X				X	X		X			X			X				X
	Vertidos accidentales																							
Fase de explotación	Ocupacion permanente del terreno																							
	Movimiento y emisiones de vehiculos																							
	Introducción de materiales extraños																							
	Efeco barrera por la presencia de infraestructuras																							
	Presencia de alumbrado																							
	Oportunidad de empleo local																							
	Reducción de gases de efecto invernadero																							
	aumento de la turbulencia																							
	menor presión pesquera																							
	Campos electromagneticos																							
	vertidos accidentales																							
	turbulencias y vibraciones																							

Fichas de valoración de los impactos para cada uno de los medios evaluados, fuente: propia

4.12. Matriz de valoración de impactos

Finalmente se establece la matriz de valoración preliminar, en la que se establece la severidad de cada impacto y su naturaleza, dividiéndose en:

- compatible
- Moderado
- severo
- incompatibles

Y según su naturaleza:

- Positivo
- Negativo

Como se puede apreciar, no encontramos ningún impacto considerado como incompatible, por lo que el proyecto es viable, pero por otro lado habrá que establecer unas medidas compensatorias, correctivas y preventivas para evitar así la generación de mayores impactos.

En la siguiente tabla se puede apreciar los tipos de impactos según su clase, a continuación se presenta la leyenda:

Leyenda	
compatible	
moderado	
severo	
incompatible	

ACTUACIONES DEL PROYECTO		FACTORES AMBIENTALES														
		MEDIO ABIOTICO						MEDIO BIOTICO				MEDIO SOCIOECONOMICO				
		Ruido	Calidad del aire	Geologia geomorfologia	Hidrologia superficial	Hidrologia de aguas profundas	Edafologia	Vegetación	Fauna	Paisaje	Especies naturales protegidos	Sectores económicos	Ordenación del territorio	Patrimonio cultural	Infraestructuras existentes	aceptación
FASE DE CONSTRUCCION	Ejecución de proyecto	🟢										+				+
	Generación de ruidos y vibraciones	🟢														
	Emisiones de sedimentos		🟢		🟢	🟢		🟡	🟢	🟢						
	Cambios de relieve	🟢		🟢	🟢	🟢	🟢									
	Perdida de habitad							🟡	🟢							
	Eliminación de la vegetación				🟢	🟢		🟢	🟡							
	Cambios de la columna de agua		🟢		🟡	🟡		🟢	🟢							
	Perturbación de animales								🔴							
	Voladuras	🟢		🟢		🟢	🟢		🔴							
	Extracción de tierras	🟢		🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢							
	Ocupacion del terreno			🟢	🟢	🟢	🟡	🟢	🟢							
	Movimiento de maquinaria	🟢	🟢		🟢				🟢	🟡						
	Vertidos accidentales					🟢	🟢	🟡	🟢							
FASE DE EXPLOTACION	Ocupacion permanente del terreno			🟢	🟢	🟡		🟡	🟡							
	Movimiento y emisiones de vehiculos	🟢			🟢			🟢	🟢							
	Introducción de materiales extraños			🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢							
	Efeco barrera por la presencia de infraestructuras							🟡	🟡							
	Presencia de alumbrado							🟢	🟢							🟢
	Oportunidad de empleo local															+
	Reducción de gases de efecto invernadero		+													
	aumento de la turbulencia		🟢		🟡	🟢		🟢								
	menor presión pesquera							+	+							🟢
	Campos electromagneticos							🟡	🟡							
	vertidos accidentales		🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟡	🟢							
	turbulencias y vibraciones	🟢			🟢	🟢		🟢	🟢							

Tabla: Matriz de valoración de los impactos, fuente: propia

4.13. Medidas atenuadoras de los impactos

Las medidas atenuadoras se realizan con objeto de evitar, disminuir, modificar, corregir o compensar el efecto de proyecto sobre el medio ambiente. Se sigue el principio de integración ambiental para así aprovechar las oportunidades del medio y aumento el éxito del proyecto.

Se diferenciarán para cada factor ambiental estudiado medidas preventivas, es decir, aquellas que evitan la aparición del efecto, y correctoras que son aquellas que intentan anular, atenuar, corregir o modificar las acciones de proyecto que producen impacto negativo

Estas medidas han de realizarse en todos los medios del proyecto, pero en nuestro caso pondremos algunas a modo de ejemplo, realizándose estas sobre los impactos más influyentes:

Fauna

La fauna es una de los factores ambientales que agrupan los impactos más influyentes, en este caso se emplearan distintas medidas para así reducir el efecto del proyecto sobre este factor:

- Fase Construcción: En esa fase los impactos obtenidos son de tipo severo, compatibles y moderados compatibles por lo que las medidas a tomar serán preventivas, correctivas y atenuadoras para disminuir el efecto del impacto:

  - Medidas preventivas:
    - Evitar los periodos de soba y cría de peces para evitar modificar los ciclos.
    - Evitar realizar las voladuras cuando haya flujos migratorios de cetáceos.
    - Evitar la realización de las voladuras durante horas nocturnas para disminuir el impacto sobre los animales y el estrés

  - Medidas compensatorias:
    - Creación o regeneración de áreas degradas para fomentar la cría de peces y la generación de nuevos habitas
    - Empleo de los anclajes como zonas de cría de peces o para fomentar nuevos ecosistemas

- Medidas correctivas:
  - Movimiento de la arena superficial para la reutilización de futuros hábitats
  - Intentar emplear el menor área posible y realización de los proceso en el menor tiempo posible.

- Fase de explotación:
  - Medidas preventivas: en esta fase los impactos que se producen son de menor importancia aunque hay que destacar los campos magnéticos generador que pueden afectar a la fauna.
    - Empleo de aislantes eficientes que disminuyan el impacto de los campos magnéticos.
    - Situación de los campos magnéticos a la suficiente profundidad como para disminuir el efecto de los campos magnéticos

Vegetación

- Fase de construcción
  - Medidas preventivas:
    - Empleo de la arena oceánica trasladada para la regeneración de las zonas afectadas.
    - Intentar respectar los pasos de forma que no se invada más área de la necesaria.
  - Medidas correctoras
    - Revegetación con especies autóctonas de las zonas donde no estén concretamente las infraestructuras y zonas circundantes.
    - Revegetación con plantas fijadoras del sustrato, o precursoras del resto de especies de la zona a fin de incentivar los correctos hábitats o series ecológicas.

Paisaje

- Fase de construcción

  - Medidas preventivas:

    - Empleo de los límites establecidos por el IDAE para reducir el impacto visual y paisajístico de la instalación

  - Medidas correctoras

    - Integración paisajística de los materiales y de las infraestructuras construidas.

Socioeconómicas

- Fase de construcción

  - Medidas preventivas:

    - Construcción durante los meses de baja afluencia de visitantes para así reducir el impacto sobre el turismo

  - Medidas compensatorias:

    - Empleo de mano de obra local para incentivar el desarrollo de la instalación de las energías renovables

4.14. Plan de vigilancia ambiental

Es un sistema que trata de garantizar el cumplimiento de las indicaciones y medidas protectoras y correctoras, propuestas anteriormente.

En este apartado, se plantearán diferentes actuaciones, en función de los factores ambientales y de las medidas que se han aplicado para evitar los impactos, con el fin de asegurar la mínima alteración de dichos factores.

Para ello, se realizarán fichas donde se analizarán los indicadores de estado, frecuencia de actuación y medidas complementarias que aseguren que el impacto se está minimizando. Se trata de un método sistemático sencillo para poder realizar la vigilancia de manera eficaz.

Fichas de control

- *Vegetación*

FACTOR AMBIENTAL: VEGETACIÓN Respetar la vegetación ya existente	
Objetivo	
En los espacios libres, en los que no sea necesario su acondicionamiento, se respetará la vegetación existente.	
Indicador	**Frecuencia**
Supervivencia de las plantas.	Un par de veces por semana durante la duración de la obra. Y puntualmente una vez esta haya acabado.
Valor umbral	
Cuando la supervivencia de las plantas sea inferior al 50%.	
Momento de análisis del valor umbral	**Medidas complementarias**
Cuando la supervivencia se vea afectada o pueda ser lo, como por ejemplo como consecuencia de la obra y del paso continúo del transporte.	Vigilancia de la vegetación para asegurar su supervivencia.

FACTOR AMBIENTAL: VEGETACIÓN Eliminación de las disposiciones de materiales sobre las plantas	
Objetivo	
Reducir la disposición de sedimentos sobre las hojas de las algas para así reducir el efecto sobre sus ciclos.	
Indicador	**Frecuencia**
Capas de sedimento sobre las plantas	A la semana de la realización de una voladura o de la obra civil para la instalación de anclajes
Valor umbral	
Cuando se encuentren plantas altamente cubiertas por sedimentos	
Momento de análisis del valor umbral	**Medidas complementarias**
Una semana tras la realización de la voladura o la obra civil.	Vigilancia de la vegetación para asegurar su supervivencia.

- *Fauna*

FACTOR AMBIENTAL: FAUNA Control de los campos electromagnéticos	
Objetivo	
Control de los campos electromagnéticos generados durante la fase de explotación	
Indicador	**Frecuencia**
Aparición de huecos en el vallado perimetral que pudiera permitir el acceso de la fauna a las instalaciones.	Una única vez
Valor umbral	
Valor que afecte al desarrollo de las especies y de la vegetación	
Momento de análisis del valor umbral	**Medidas complementarias**
Tras la puesta en marcha del proyecto	Adición de tierra sobre los cables a modo de pantalla

FACTOR AMBIENTAL: FAUNA Generación de nuevos hábitats para los animales	
Objetivo	
Regeneración de las zonas afectadas para favorecer el retorno de los animales	
Indicador	**Frecuencia**
Alto grado de degradación de las zonas impactadas	Dos veces al año
Valor umbral	
Cuando el habitad se haya degrado hasta un 75% de su capacidad	
Momento de análisis del valor umbral	**Medidas complementarias**
A los seis meses de la regeneración	Favorecimiento del retorno de animales mediante la generación de guaridas.

FACTOR AMBIENTAL: FAUNA Empleo de anclajes que favorezcan la generación de guaridas	
Objetivo	
Favorecer la generación de guaridas para así conseguir un retorno y una regeneración del ecosistema	
Indicador	**Frecuencia**
Número de anclajes que sean utilizados	3 veces al año
Valor umbral	
Cuando el 50% de los anclajes no sean usados como guarida	
Momento de análisis del valor umbral	**Medidas complementarias**
A los 3 meses de la instalación del anclaje	Deposición de alimentos para favorecer a los animales

Logística en La Palma de Gran Canaria

Selección de Puertos

En este apartado se analizara el método de transporte de los equipos hasta el emplazamiento final. El transporte necesariamente será de tipo marítimo debido a que canarias es una isla y un transporte en avión es inviable, por lo que se deberá analizar cuáles son los puertos más

cercanos y cuáles son las características esenciales que han de tener para poder llevar a cabo el trabajo, entre todas las características son:

- Proximidad del puerto al sitio
- Espacio de carga, descarga y almacenaje
- Instalaciones necesarias para llevar a cabo el trabajo
- Dimensiones necesarias para realizar el montaje
- Distancia del emplazamiento al centro de montaje
- 7 metros de profundidad de agua en marea baja
- 137 m mínimos de atraque
- 40 m de apertura en el canal del puerto
- Ninguna limitación de altura en el puerto

Entre algunos de los puertos que podemos encontrar en la zona que cumplen estas características:

- El puerto de las Palmas de Gran Canarias
- El puerto de Arinaga
- Puerto de Salinetas

Puerto de las Palmas de Gran Canaria o Puerto de la Luz

Situación:

- Longitud 15° 25´ Oeste
- Latitud 28° 09´ Norte

Descripción:

Este puerto es el principal puerto de la isla, se caracteriza por realizar el mayor transporte de mercancías y materiales en la isla, es el 4º puerto a nivel nacional, el 18º a nivel europeo y el 898º a nivel mundial en el tráfico de contenedores, esto es causado a su posición estratégica y a que es un nexo de unión entre Europa, África y América.

En el año 2007 el puerto obtuvo un total de 907782 pasajeros un 16% más que en el año 2006, además en el año 2007 recibió un total de 11262 buques.

En cuanto al movimiento de TEUs realizados, Las palmas de Gran Canaria ostenta el primer puesto de África Occidental con cerca de 600000 TEUs. El puerto está conectado a 180 puertos de todos los continentes a través de una treintena de líneas marítimas.

Entre otras de las principales características del puerto es la presencia en la zona de Astican, el área que poseen en el puerto son unos muelles dedicados a la reparación de barcos

Figura 102: Características de los muelles de Astican, Fuente: http://www.astican.es/company.asp

Posee 7 líneas de atraque para la reparación de barcos, y diques secos de forma que podríamos emplearlo para el montaje de nuestros aerogeneradores y así de esta forma fletarlos directamente al mar.

Finalmente este puerto tiene una buena conexión con el resto de vías de comunicación de la isla, pero se encuentra a una distancia de unos 40 km del emplazamiento final.

Ventajas:

- Alta cantidad de espacio para la construcción de la infraestructura
- Buena área para el almacenamiento de materiales
- Presencia de ASTICAN
- Presencia de un dique seco para la construcción de los aerogeneradores
- Alta facilidad para desplazar los materiales debido al gran flujo de barcos
- Buenas interconexiones y vías de acceso con el resto de la isla

Desventajas

- Gran distancia del punto de construcción al destino final
- Disponibilidad de espacio incierta
- Alto coste del espacio requerido.

Figura 102: Vista aérea del puerto de Las Palmas de Gran Canaria (Puerto de la Luz), fuente: google maps

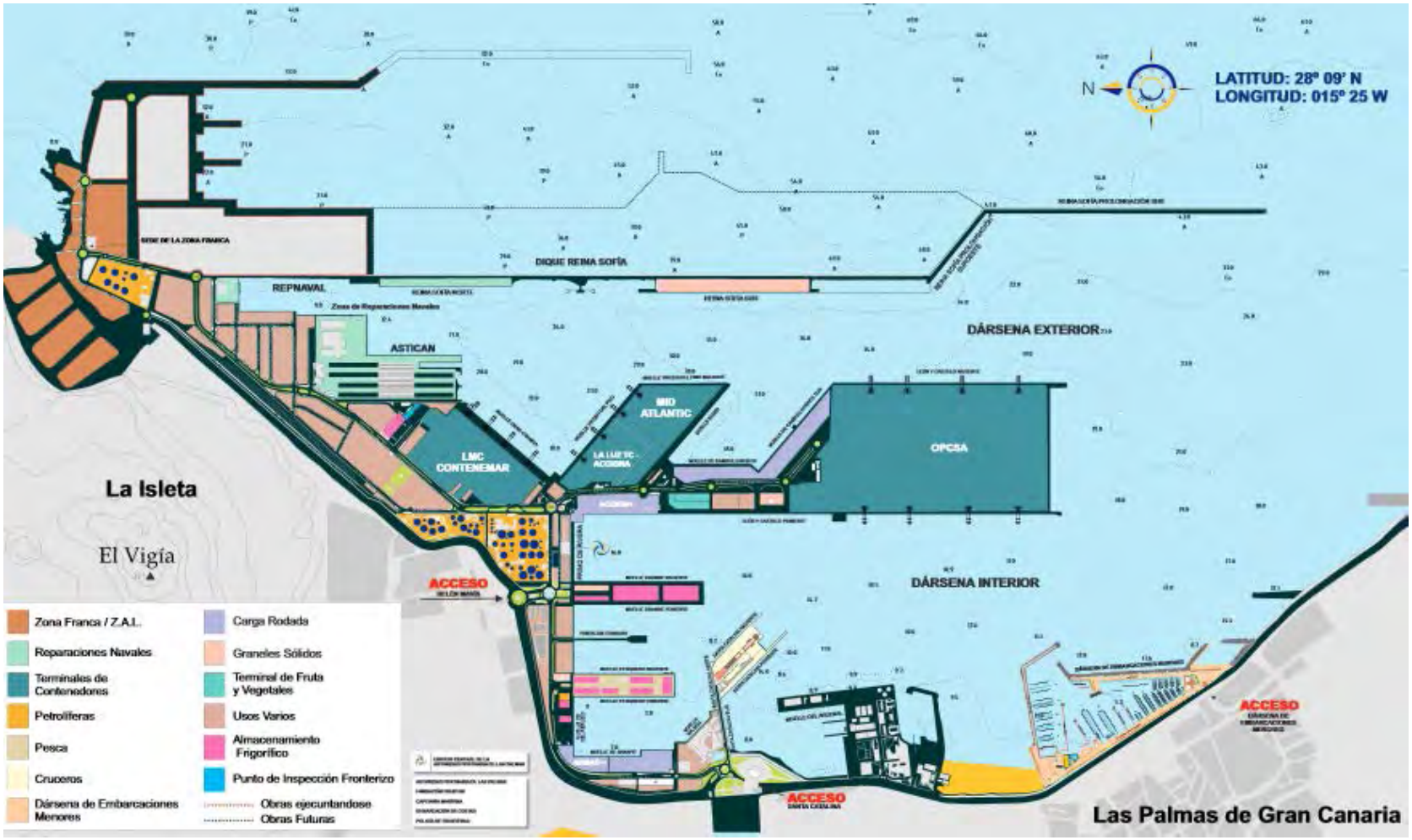


Figura 103: Mapa del puerto de Las Palmas de Gran Canaria, Fuente: Entidad de puertos de Las Palmas

Puerto de Salinetas

Situación:

- Latitud: 27° 58´ Oeste
- Longitud:15° 22´ Norte

Descripción:

El puerto de Salinetas se encuentra en el barrio de Salinetas, dirigido por la Autoridad portuaria de Las Palmas, se encuentra situado en la costa este de la isla a una 10 millas al sur del puerto de Las Palmas.

Este puerto está especializado en la recepción de gráneles líquidos (tanto combustible y alcoholes) debido a la presencia en las cercanías de Disa, que cuenta con este puerto como principal instalación de almacenamiento en las islas, teniendo en este área una capacidad de almacenamiento de 155000 m^3. Las infraestructuras de este puerto están conectadas directamente con otras infraestructuras que requieran de este combustible: la central Térmica de San Bartolomé de Tirajana, el aeropuerto de las Palmas, o la central potabilizadora.

El puerto se sitúa a 22 km del destino final, por otro lado no dispone casi de un área disponible para el almacenamiento de los materiales y para la construcción de los aerogeneradores, además la profundidad mínima del puerto es de 5 metros.

Figura 104: Vista aérea del puerto de Salinetas, Fuente: Google maps

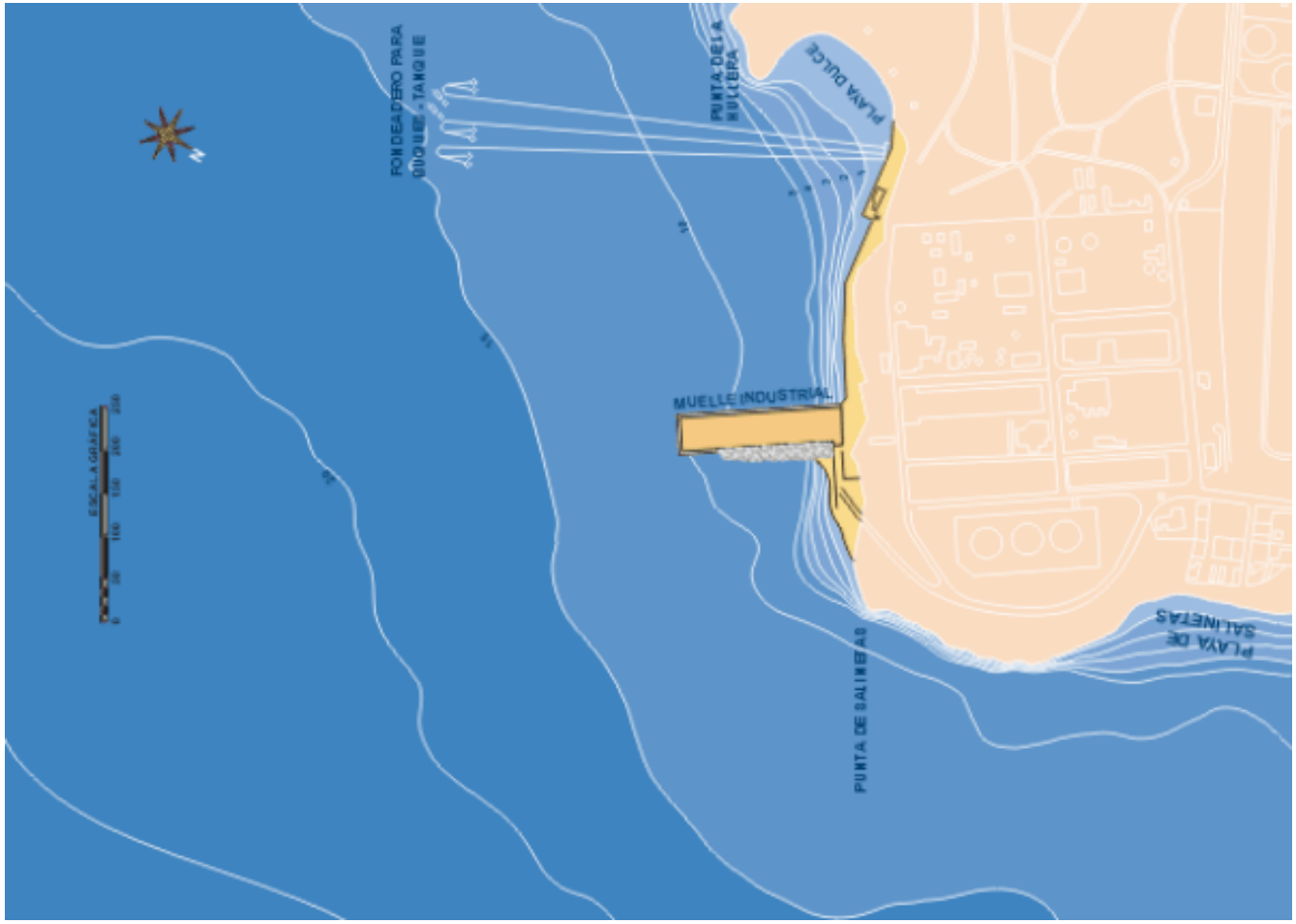
Ventajas:

- Menor precio
- Mayor cercanía
- Mayor disponibilidad

Desventajas:

- Bajas líneas de comunicación
- Menor calado para los barcos
- Área de materiales explosivos y comburentes lo que puede aumentar el peligro
- Baja área disponible

Figura 105: Vista aérea del puerto de Salinetas, Fuente: Google maps


ESCALA GRAFICA
0
50
100
150
200
250
FONDEADERO PARA BUQUES - TANQUE
PUNTA DE LA KULEBRA
PLAYA DULCE
MUELLE INDUSTRIAL
PUNTA DE SALINETAS
PLAYA DE SALINETAS

fuente, entidad de puertos de las palmas

Puerto de Arinaga

Situación:

- Latitud: 27° 50´ Oeste
- Longitud: 15° 24´ Norte

Descripción:

Este puerto se encuentra situado en la costa Sureste y a 18 millas al Sur del Puerto de las Palmas.

Se proyectó un muelle para atender las distintas necesidades de las industrias situadas en el Polígono Industrial de Arinaga y de esta forma complementar la oferta de puerto de Las Palmas, además está proyectado un aumento de este puerto para un futuro tráfico de materiales a granel y ro-ro.

A pesar de todo esto su uso está siendo prácticamente nulo, provocando así una gran controversia en las islas acerca de su futuro.

Se encuentra a 10 km del destino final, dispone de un área relativamente grande para la construcción y montaje de los aerogeneradores en el propio puerto y en el exterior del puerto tenemos un área importante de almacenaje.

Además para complementar en las cercanías del puerto se encuentran una gran cantidad de parques eólicos y en el mismo puerto Gamesa tiene instalada una turbina offshore de 5 MW con la que está realizando pruebas, por lo que la construcción de aerogeneradores de este calado ya está probada en este puerto.

Figura 107: Vista aérea del puerto de Arinaga, Fuente: Google maps

Ventajas:

- Alta cercanía al emplazamiento final (10 km)
- Gran disponibilidad
- Experiencia de construcción de aerogeneradores probada
- Bajo coste
- Cumple las condiciones necesarias
- Gran área disponible para la construcción
- Área de almacenamiento en las cercanías viable

Desventajas:

- Baja afluencia de embarcaciones
- Mala comunicación con el resto de la isla

Figura 108: Mapa del puerto de Arinaga, Fuente: Estudio de Impacto ambiental del puerto de Arinaga

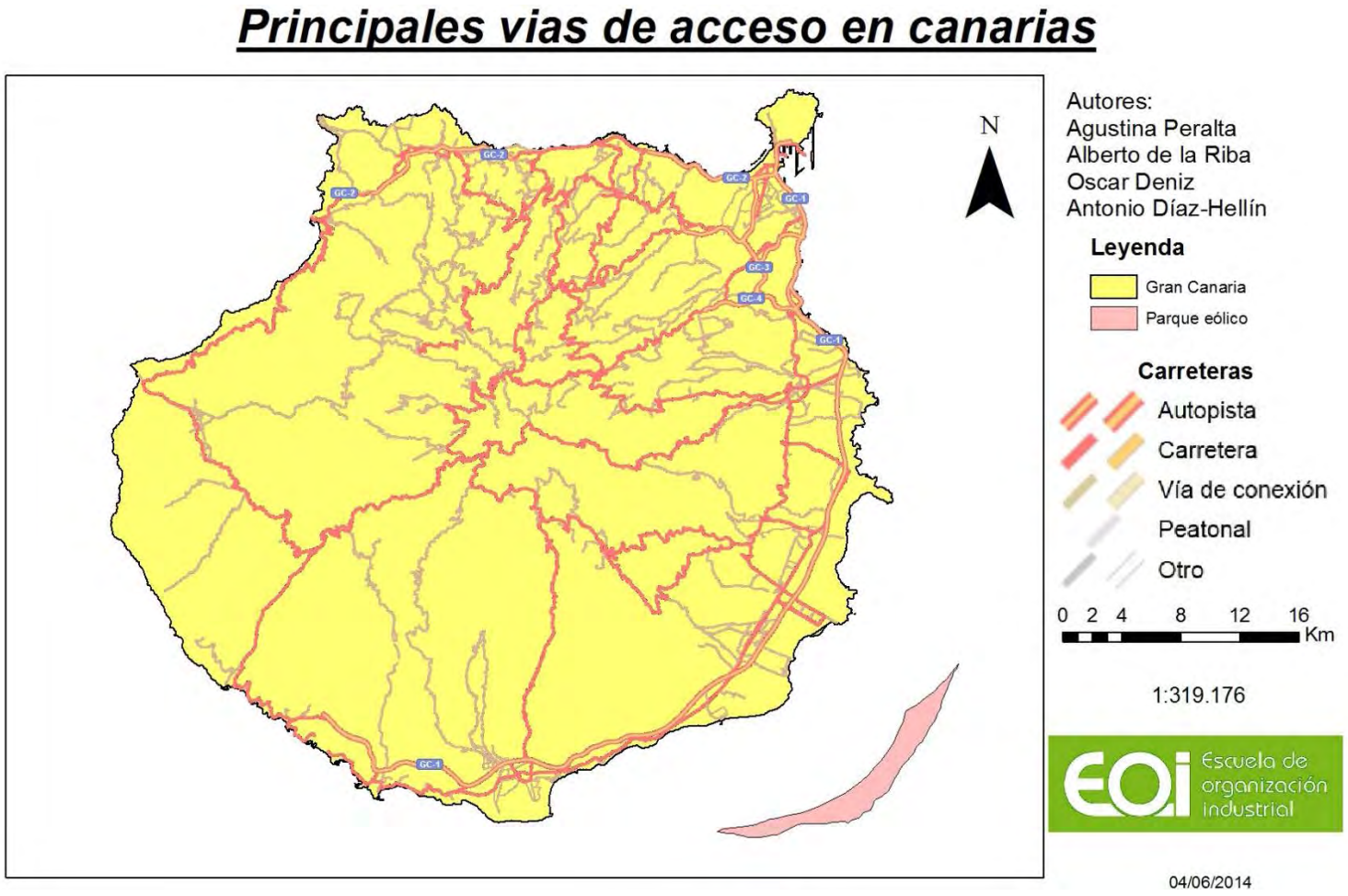


Figura 109: Principales vías de acceso en La Palma, Fuente: Propia

Conclusiones:

Finalmente el puerto empleado será el puerto La Luz, fundamentalmente debido a gran cantidad de espacio, su disponibilidad, la presencia de Asticam y de disponer de un área adyacente para el almacenamiento de los materiales.

Logística del transporte y almacenamiento:

Debido a las características de nuestro emplazamiento realizaremos el transporte de los componentes por barco desde los distintos puntos de envió, de forma que realizaremos el transporte en un barco que permita el transporte de este tipo de componentes.

Se habilitara una zona adyacente para poder realizar el almacenamiento de los componentes, de forma que podamos guardar el material en la zona de forma que podamos almacenar ya el material en vista de posibles emergencias y para el futuro mantenimiento del parque.

Ya que el fabricante es siemens, los componentes de los aerogeneradores serán construidos y almacenados hasta el momento de la entrega en Dinamarca, realizando un transporte de 5 máquinas por buque, realizando un total de 10 viajes.

Con la llegada de las máquinas al destino, estas se irán almacenando he instalado, para evitar la congestión de piezas en el área de almacenamiento, además así emplearemos el tiempo de manera correcta evitando así congestiones, retrasos o que se den climas adversos para la construcción de los aerogeneradores.

Por otro lado necesitaremos la contratación de tres grúas de cadenas capaces de levantar el peso de los componentes para su construcción, la carga, la descarga y también para realizar el almacenamiento, de forma que no haya impedimentos en la construcción y se optimicen los tiempos.

Figura 110: Transporte de palas en barco, Fuente: http://static.panoramio.com/photos/large/88340204.jpg

Figura 111: Almacenamiento de palas, fuente: http://www.leonoticias.com/frontend/leonoticias/Iberdrola-Desarrolla-Un-Proyecto-Logistico-En-Chozas-Para-Al-vn42752-vst218

Figura 112: Ejemplo de grúa para la construcción, fuente: https://gruasytransportes.wordpress.com/tag/grua-flotante/

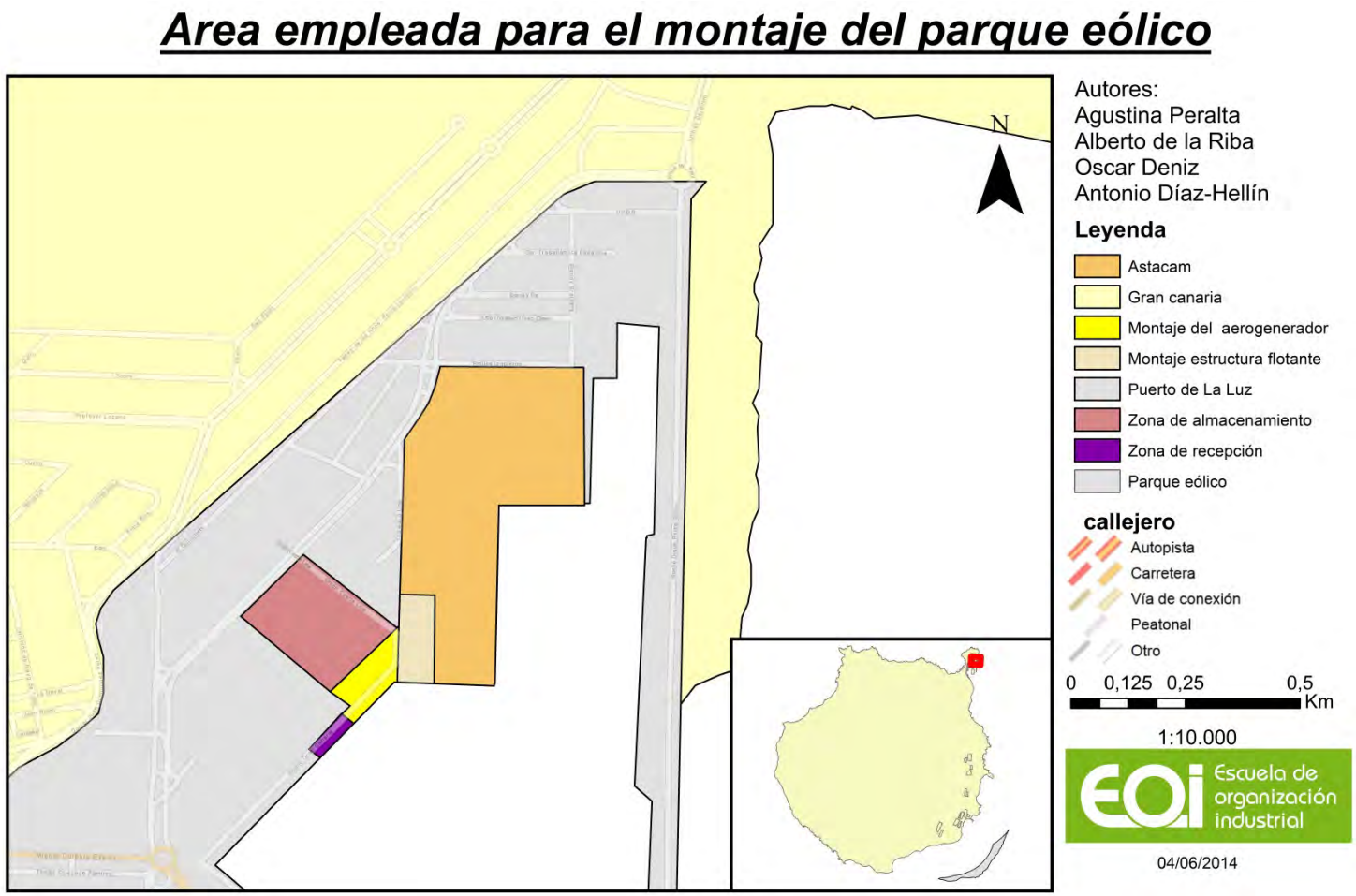


Figura 113: Área empleada para la construcción y almacenamiento de los aerogeneradores, fuente: propia.

Logística en Reino Unido:

Selección de puertos

En esta situación al igual que en La Palma, el método de transporte debido a la condición de isla de Reino Unido es el transporte mediante un barco, de forma que necesitaremos buscar un puerto en el que poder almacenar los componentes.

Los puertos de la zona corresponden a los puertos pertenecientes al área 21 de Reino Unido, pudiendo encontrar los siguientes puertos:

Figura 114: Principales puertos de Briston, fuente: http://www.bristol.gov.uk/page/transport-and-streets/ports-and-harbours

Entre los principales puertos que podemos encontrar en la región que cumplan con nuestros requisitos son:

- El puerto de Cardiff
- El puerto de Bristol
- Newsport (Sur de Gales)

Puerto de Cardiff

Posición:

- Latitud: 51° 27´ Norte
- Longitud: 03° 09 Oeste

Características:

El puerto de Cardiff se sitúa en el lado sur del estuario del rio Serven, se caracteriza por ser uno de los principales puertos de la región encargándose del comercio de carbón, piedras o mármol en la región, además se caracteriza por que debido a su situación en la zona oeste de la isla su acceso facilita la llegada de barcos provenientes del océano atlántico y del canal de la Mancha.

Dispone de una alta cantidad de vías de tren lo que le permite distribuir una alta cantidad de bienes, distribuyendo conteiners, acero y diferentes depósitos.

Este puerto dispone de un área de almacenamiento de materiales y contenedores, por lo que disponemos de un área de almacenamiento de materiales y de grúas para la carga y descarga del barco.

El problema de este puerto son los grandes flujos de mareas que se producen que hacen necesaria la presencia de pontones y de esclusas para mantener un mínimo de agua en el interior del puerto.

Además tas esclusas permiten un ancho máximo para las embarcaciones de 10 metros de eslora, lo que dificulta los procesos a realizar, pudiendo solo entrar al muelle de la Reina Alexandra, ya que al resto de muelles nos es imposible el acceso.

Ventajas:

- Cercanía al puerto
- Disponibilidad de grúas para la descarga del puerto
- Alta conectividad con el resto de regiones

Desventajas

- Presencia de diques que dificultan la entrada
- Altos costos de alquiler del área

Figura 115: zona del puerto de Cardiff para barcos de gran calado, fuente: google maps

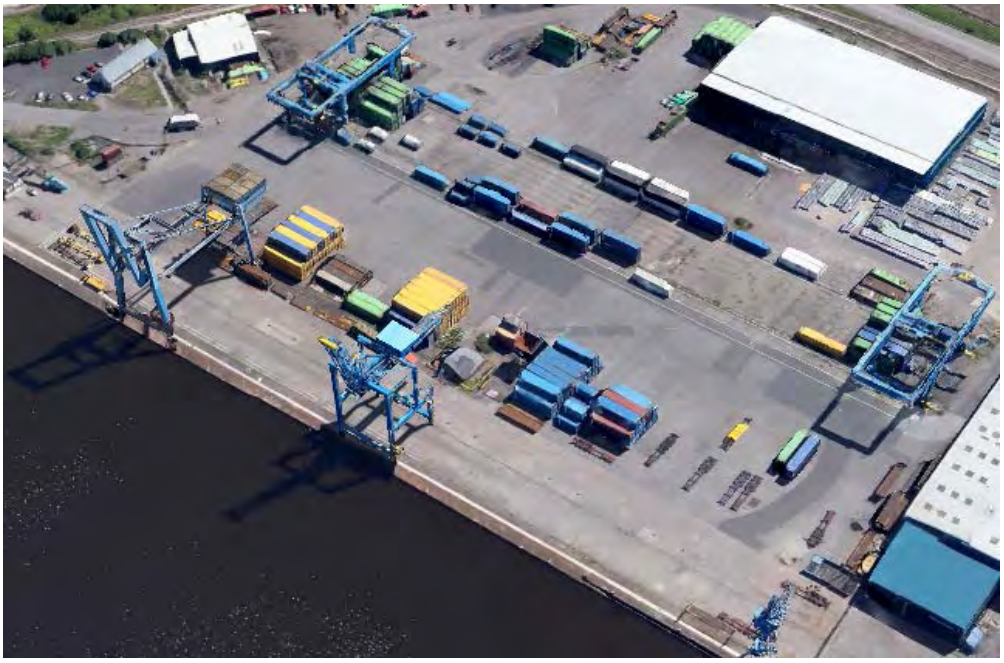


Figura 116: Área para almacenamiento de componentes, fuente: google maps

Bristol (Avonmouth)

Situación

- Longitud: 51° 29´ Norte
- Latitud: 02° 42´ Oeste

Descripción:

El puerto de Bristol es mayor puerto de agua profunda de gales. Este puerto se sitúa en la desembocadura del rio Avonmouth. El puerto está diseñado para aceptar un total de 130.000 toneladas de peso muerto, y además está conectado interiormente por tren de forma que el traslado de mercancías es más sencillo.

Ventajas:

- Puede almacenar puertos de mayor calado que el del resto de puertos de la zona
- Es el puerto más económico de estados unidos
- Tiene el mejor acceso para transporte rodado facilitando el desplazamiento de los materiales.
- Tiene un área total de 1826.8 m^2 de espacio dedicado a fines industriales.
- Disponibilidad de área para almacenamiento y depósito de componentes de los aerogeneradores.

Desventajas:

- Dique de 30 metros de ancho, impidiendo el acceso a determinadas embarcaciones.
- Altas mareas que dificultan el acceso a los barcos.
- Mayor distancia al emplazamiento final

Figura 117: Área destinada para el almacenamiento de materiales, fuente: google maps

Figura 118: Área destinada al almacenamiento de los componentes, fuente: google maps

Figura 119: principales vías de comunicación con el puerto de bristol, fuente: Google maps

Newport (Sur de gales):

Localización:

- Latitud: 51° 34´ Norte
- Longitud: 02° 59´ Oeste

Descripción:

Es el puerto que más al este se encuentra de todos los puertos de Gales, se encuentra situado idealmente para servir las principales industrias y áreas comerciales de Gales. El puerto es capaz de manejar un amplio rango de mercancías como: vehículos, combustibles sólidos, productos forestales, chatarra, cargas generales y proyectos de carga. Dispone de conexiones en tranvía con distintos emplazamientos, facilitando el transporte de mercancías. La carga máxima que puede soportar de embarcaciones es de 40000 toneladas

- Desventajas:
- Flujo de mareas alto imposibilitando del calado de algunas embarcaciones.
- Mayor distancia respecto de los puertos de los anteriores.
- Alta disponibilidad
- Calado máximo de 30 metros.
- Los usos industriales no corresponden con nuestros intereses

Figura 120: Principal muelle para grandes embarcaciones en el puerto de Newport, Fuente: google maps

Conclusiones:

Debido a las características de cada uno de los puertos se ha seleccionado el puerto de Bristol como nuestro centro de operaciones, debido a que dispone de una gran capacidad de conexión con otras zonas, dispone de una gran infraestructura industrial que nos permite el almacenamiento de materiales y de los componentes para nuestro parque eólico offshore.

Además es el puerto que permite un mayor calado y un mayor ancho para las embarcaciones.

Logística de transporte y almacenamiento:

En este proyecto al igual que en el proyecto realizado en La Palma de Gran Canarias, realizaremos un transporte de los componentes por mar, de forma que traeremos un los componentes de Dinamarca, realizando un total de 10 viajes, y en cada viaje transportaremos materiales suficientes como para instalar 5 aerogeneradores.

Respecto al almacenamiento lo realizaremos en un área adyacente de la zona de carga, en el puerto de Bristol, zona en la que cargaremos y descargaremos parte de los componentes y procederemos al montaje de cada una de las partes. Para su posterior instalación en el emplazamiento final.

5. DISEÑO DEL PARQUE

5.1. Análisis del recurso eólico y características hidrológicas del emplazamiento

Para determinar el potencial del recurso eólico, registrando y midiendo las variaciones del viento se están desarrollando tecnologías distintas a las estaciones de medición habituales. Específicamente para el análisis Offshore se sitúan boyas medidoras que evitan el costoso proceso de establecer una estación convencional. Además la versatilidad de estas boyas promete grandes avances.

Los SEAWATCH viento boya Liar representan la próxima generación de usos múltiples de boyas a medida para la industria de la energía renovable. La boya debe determinar con precisión la velocidad y dirección del viento a través del diámetro de los rotores de turbinas de viento, mientras que los sensores proporcionan parámetros oceanográficos como las olas del mar y los perfiles actuales.

Características:

- Recopila los datos de evaluación de los recursos eólicos y/o de los criterios de diseño de ingeniería

- Boya mediciones del perfil del viento en el mástil de 2,5m, 4m y 5m.

-Mediciones configurables LiDAR eólicos perfil en 10 niveles, desde 12,5 m hasta 300m.

-Mediciones de olas oceánicas y marinas configurables perfiles actuales

-En pensión completa el procesamiento de todos los datos medidos

-Enlace de comunicación de dos vías para la transferencia de datos y el control

-La transferencia de datos en tiempo real y la presentación

-Configuración flexible de los sensores y recopilación de datos

-Casco modular para facilitar el transporte y la asamblea local

-Manipulación y utilización segura y fácil

-Robusto y fiable en todas las condiciones meteorológicas y las temperaturas extremas

-Posición de seguimiento para una mayor seguridad

-La plataforma boya Wavescan tiene un historial de éxito en todo el mundo desde 1985

Figura 121: Boya de medición

Es la primera boya individual compacta capaz de medir:

- Altura de las olas del océano y la dirección
- Perfiles actuales del océano de la superficie al fondo del mar
- Parámetros Meteorológicos
- Otros parámetros oceanográficos como sea necesario

Los SEAWATCH de viento boya Lidar más pequeños son una solución de monitoreo para el océano probada, que son fácilmente desplegadas y trasladadas (por arrastre o levantadas desde barcos a bordo), que permite la recopilación de datos desde múltiples ubicaciones. Esta es una alternativa más rentable que las soluciones ya existentes de perfiles, tales como mástiles fijos o las grandes boyas flotantes.

5.2. Emplazamiento de las Islas Canarias (Gran Canaria)

CLIMA

Gran Canaria presenta una gran diversidad climática, que se caracteriza por no estar determinada por la cercanía con el continente africano , presentando condiciones climática especiales que depende de factores como son: de las estribaciones más orientales de la corriente del Golfo, y del efecto causado por los vientos alisios de dirección noroeste, siendo estos factores junto con la dinámica atmosférica de las regiones subtropicales, el relieve abrupto de las islas los principales agentes que causan el clima particular de Gran Canaria.

Fundamentalmente durante el invierno Gran Canaria se encuentra bajo la influencia de una célula anticiclónica que se sitúa sobre Madeira, mientras que durante el periodo estival este anticiclón se sitúa sobre las Azores, generándose centros de bajas presiones que dan lugar a los alisios. Estos vientos tienen mayores frecuencias en los meses de verano (65%) e intensidad, mientras que cuando nos desplazamos hacía meses invernales esta frecuencia disminuye (25%).

Estos vientos alisios dan lugar a una estratificación atmosférica dando lugar a una inversión térmica en alturas comprendidas entre los 1000 y 1500 metros de altura, aunque esta puede variar con la estaciones, esta estratificación da lugar a un fenómeno denominado "mar de nubes" debido a la bajada de las temperaturas que ocurre a estas alturas.

Finalmente la cercanía del desierto de Sahara afecta al clima canario, aunque los efectos son poco frecuentes, que se traducen en invasiones de aire seco provenientes del continente debido al efecto del viento y a las masas de aire que podemos encontrar entre el archipiélago ye l continente.

Además la alta presencia de agua ayuda a atenuar los efectos climáticos, ya que las temperaturas de estas se encuentran comprendidas entre los 18ºC en invierno y los 23ºC en veranos, y por lo que los cambios bruscos de temperatura se atenúan al igual que las variaciones climatológicas.

VIENTOS

Como se ha explicado anteriormente el régimen de vientos viene condicionado por el anticiclón que afecta en mayor medida a nuestro archipiélago y a la formación de los vientos alisios, que es el anticiclón de las azores, siendo los vientos formados de componente NE, y en ocasiones debido a la vecindad con el continente americano podemos encontrar vientos de aire caliente con componentes S-SE e incluso E y NE, aunque estos afectaran más a las islas más cercanas a este continente.

En nuestra zona de estudio al estar situada en el mar, encontraremos velocidades de viento superiores a los 8 m/s y con bajas rugosidad, por lo que la velocidad será alta. En el siguiente mapa de vientos podemos observar la zona elegida, de mayor viento, al sureste de Gran Canaria:

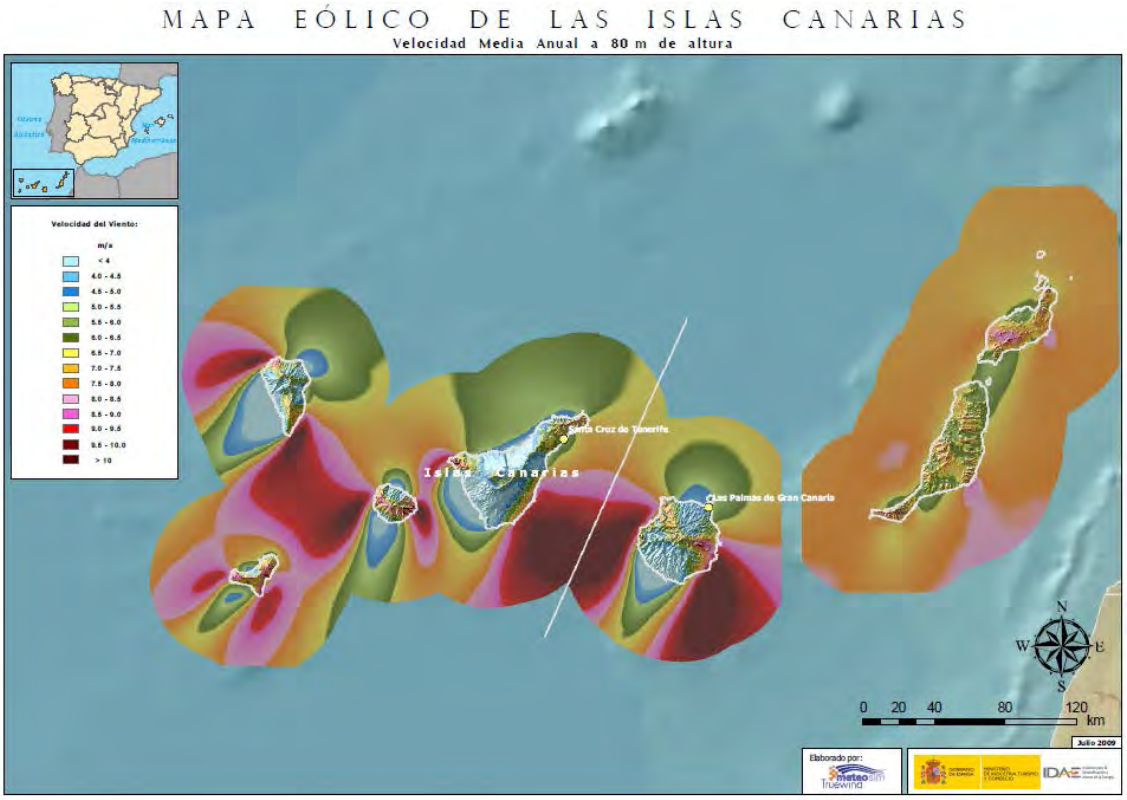


Figura 122: Recurso eólico I.Canarias

A continuación, se representa la rosa de los vientos de nuestra zona de estudio, con las distribución de vientos de un año y la probabilidad de ocurrencia con las diferentes velocidades medias, la velocidad media para un año de estudio, y un histograma con la ocurrencia probabilística de las diferentes velocidades medias, estas se obtuvo de las boyas del estado y de la página de puertos del estado.

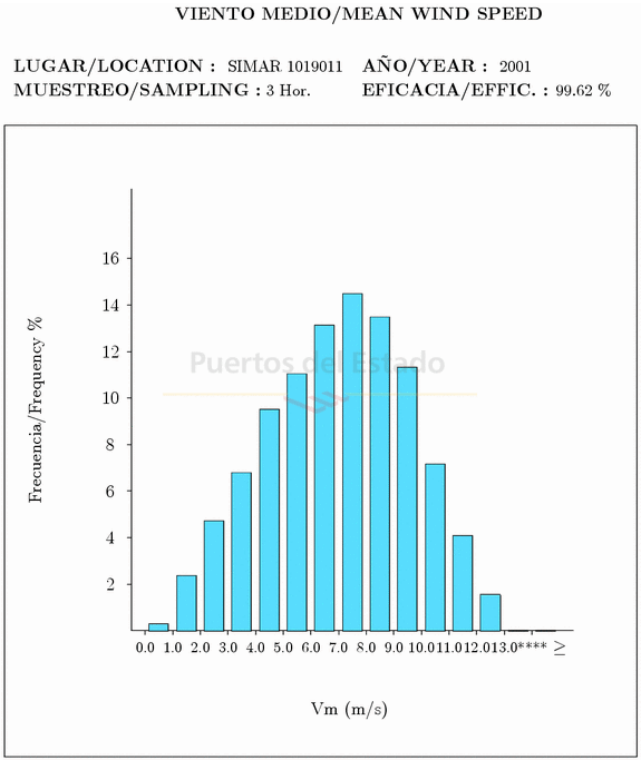


Figura 123: Frecuencia de vientos

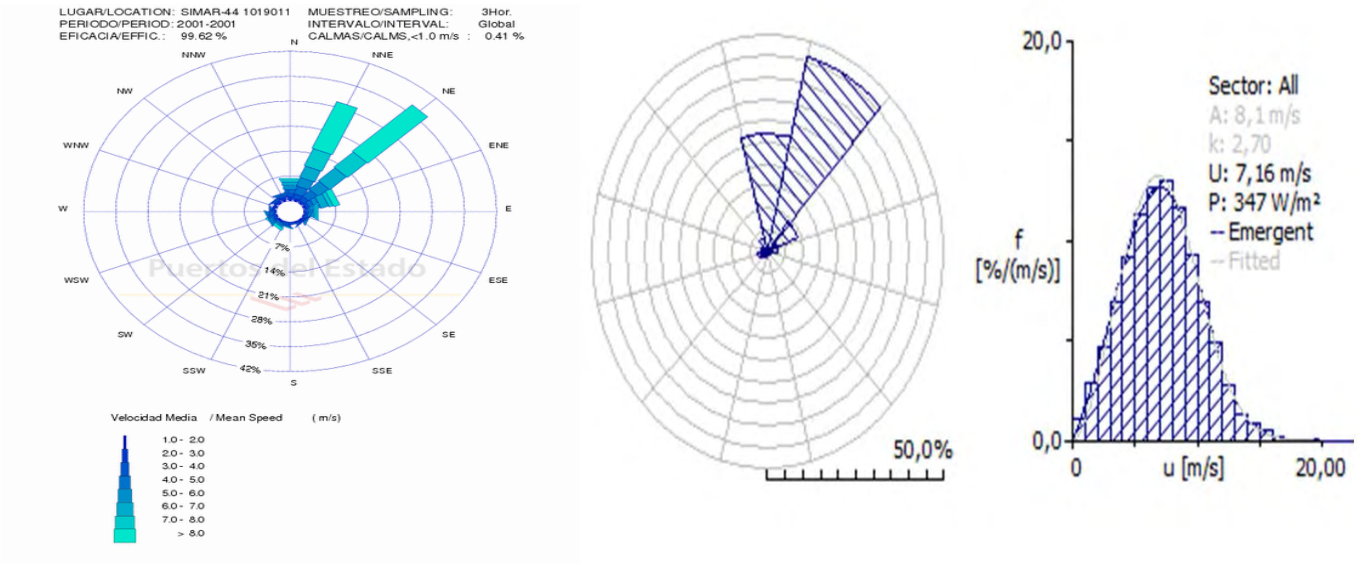


Figura 124:Rosa de vientos

Vm:	Intensidad del Viento Medio/*Mean Wind Speed*	m/s
Dir:	Direccion media de procedencia/*Mean Direction, "coming from"*	0= Norte/*North*; 90= Este/*East*

Punto SIMAR-44 1019011 Año 2001 / *1019011 SIMAR-44 Point, Year 2001*				
Mes/*Month*	Vm Max./*Max. Vm*	Dir	Dia/*Day*	Hora/*Hour*
Enero/*January*	12.8	48	30	06
Febrero/*February*	11.2	19	23	03
Marzo/*March*	13.3	34	28	18
Abril/*April*	12.2	39	30	21
Mayo/*May*	11.9	43	01	00
Junio/*June*	12.4	34	27	06
Julio/*July*	12.3	26	19	21
Agosto/*August*	12.0	40	05	03
Septiembre/*September*	10.2	32	07	06
Octubre/*October*	10.7	39	10	03
Noviembre/*November*	10.8	47	27	21
Diciembre/*Dececember*	12.1	228	23	09

HIDROLOGÍA

El elemento más importante en este caso es la masa oceánica que rodea canarias, aunque estas son de una alta calidad con temperaturas comprendidas entre los 18ºC y 23ºC, estas se encuentran afectadas por vertidos de origen antrópico.

TEMPERATURA MÁXIMA DEL AGUA

Ts:	Temperatura Superficial Media del Agua/*Surface Mean Temperature of Water*	° C

Boya de Gran Canaria Año 2013 / *Gran Canaria Buoy Year 2013*			
Mes/*Month*	Ts Max./*Max. Ts*	Dia/*Day*	Hora/*Hour*
Enero/*January*	20.6	05	18
Febrero/*February*	19.5	02	02
Marzo/*March*	20.3	21	23
Abril/*April*	21.0	25	18
Mayo/*May*	21.0	07	18
Junio/*June*	20.8	05	20
Julio/*July*	22.8	28	15
Agosto/*August*	23.8	27	18
Septiembre/*September*	25.2	30	18
Octubre/*October*	24.9	02	00
Noviembre/*November*	23.0	13	17
Diciembre/*Dececember*	22.2	05	18

Generado por/*Generated by* Puertos del Estado Fecha/*Date* 22 Jun 2014

SALINIDAD

La salinidad media que podemos encontrar en las aguas colindantes de las costas de Gran Canaria se caracterizan por estar comprendidas entre os 34 y los 38 psu, destacar que en los últimos años ha habido una alta variación de los datos obtenidos.

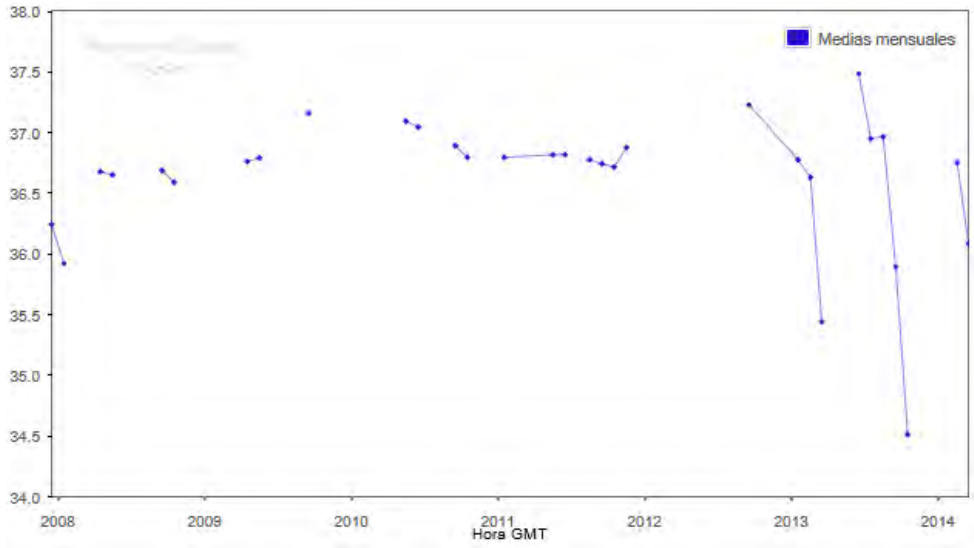


Figura 125: Salinidad

OLEAJE

El régimen de oleaje sirgue la misma orientación y distribución de los vientos alisios que podemos encontrar en nuestra zona de estudio, siguiendo una componente NE, la altura significativa de las olas que podemos encontrar se encuentra entre 1 y 2 metros fundamentalmente, y la altura máxima de ola la vamos a encontrar durante los meses de invierno, siendo esta de 5 metros de altura.

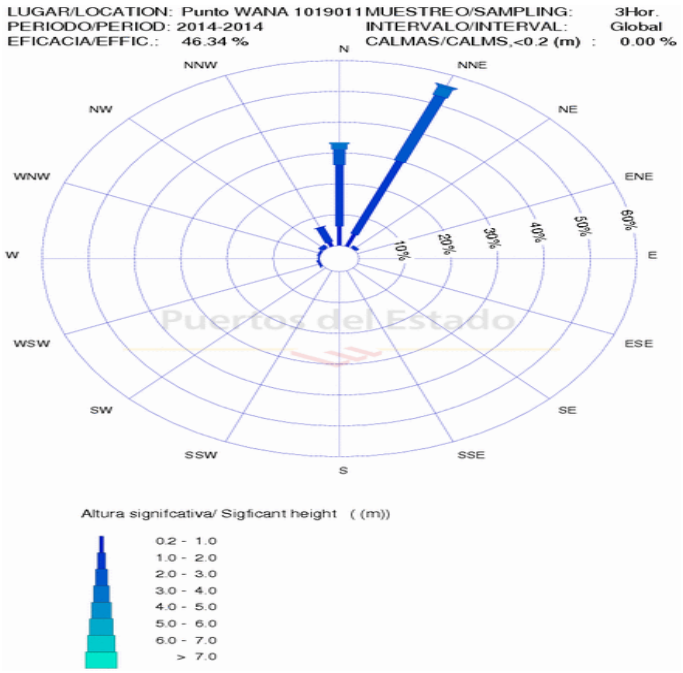


Figura 126: Oleaje

Hs:	Altura Significante de Oleaje/*Waves Significant Height*	metros/*meters*
Tp:	Periodo de Pico/*Peak Period*	segundos/*seconds*
Dir:	Direccion media de procedencia/*Mean Direction, "coming from"*	0= Norte/*North*; 90= Este/*East*

Punto WANA 1019011 Año 2014 / *WANA Point 1019011 Year 2014*					
Mes/*Month*	Hs Max./*Max. Hs*	Tp	Dir	Dia/*Day*	Hora/*Hour*
Enero/*January*	5.2	11.0	26	24	10
Febrero/*February*	4.3	9.4	05	16	07
Marzo/*March*	3.8	9.7	21	05	05
Abril/*April*	2.8	7.1	31	24	23
Mayo/*May*	3.2	8.6	21	09	21
Junio/*June*	2.5	8.3	17	02	12

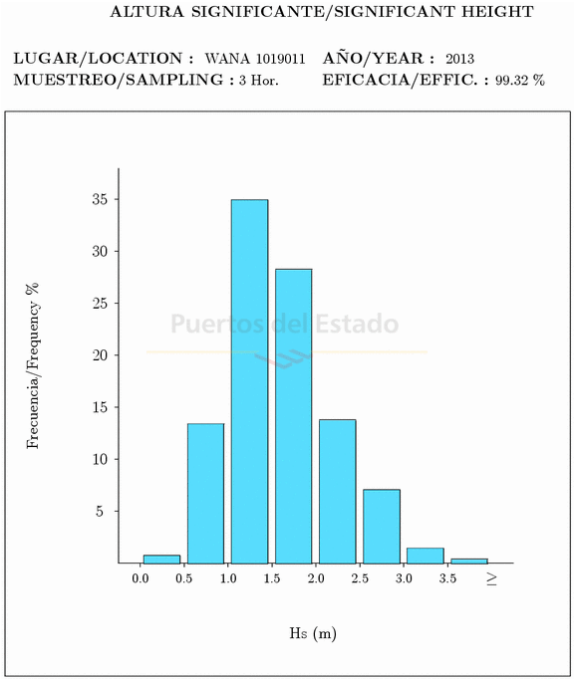


Figura 127: Altura ola

En la siguiente tabla se muestran las frecuencias con las olas que se repiten las distintas alturas de ola:

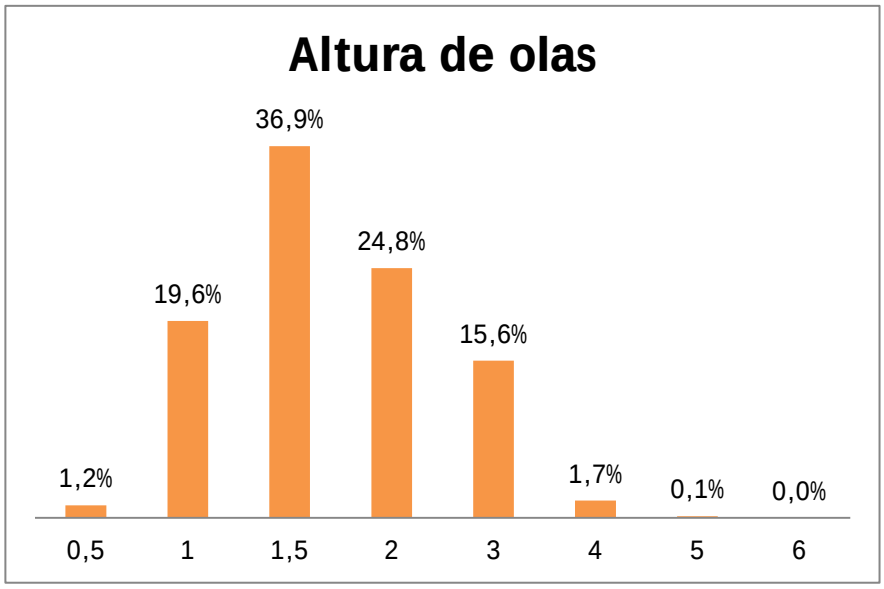


Figura 128: frecuencia altura ola

GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA:

Se realizó un análisis del fondo oceánico de nuestra zona de estudio, de forma que se pudiese determinar la naturaleza del tipo de sustrato que íbamos a encontrar, la zona de estudio se caracteriza por ser una zona producto de las regresiones y levantamientos marinos que ha sufrido la isla a lo largo de su historia geológica. Esta llanura marina se origina a unos 4 km de la zona de costa presentando una ligera pendiente hasta que alcanza la profundidad de los 100m, momento en el que aumenta considerablemente la profundidad del fondo oceánico. Respecto a la geología de la zona está formada fundamentalmente por llanuras arenosas, gravas, rocas y por restos de coladas basálticas procedentes de afloramientos volcánicos (series Pleistocénico y Holocénico).

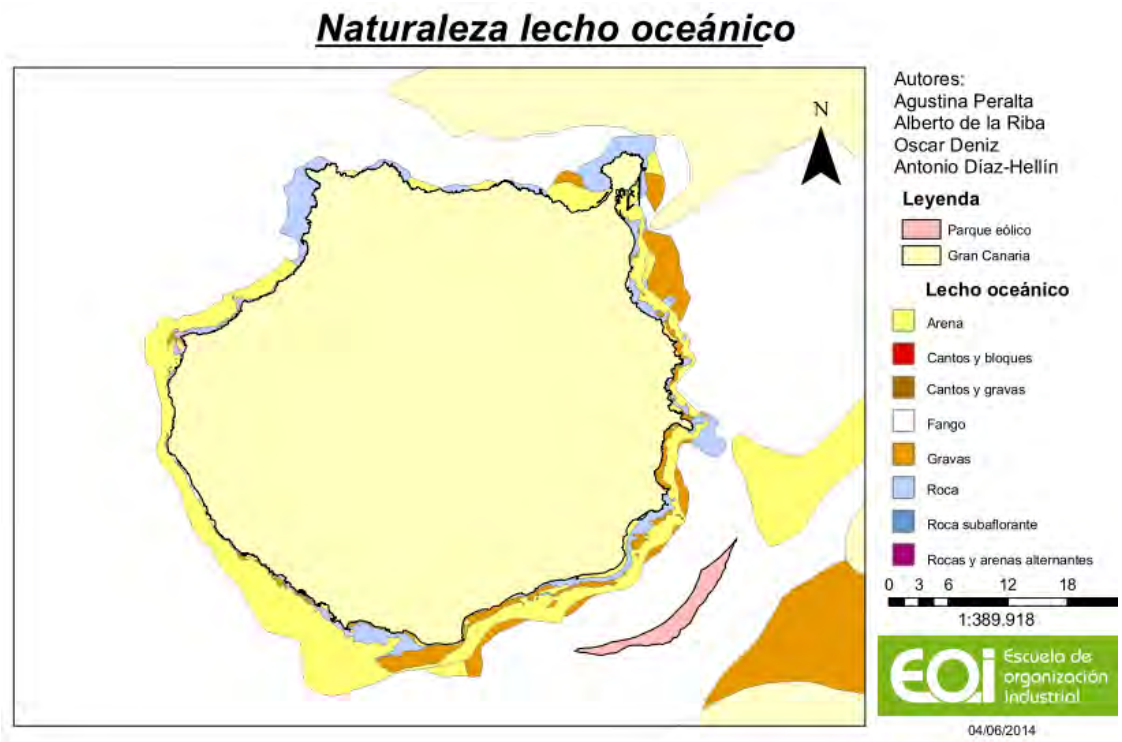


Figura 129: Geología Lecho oceánico

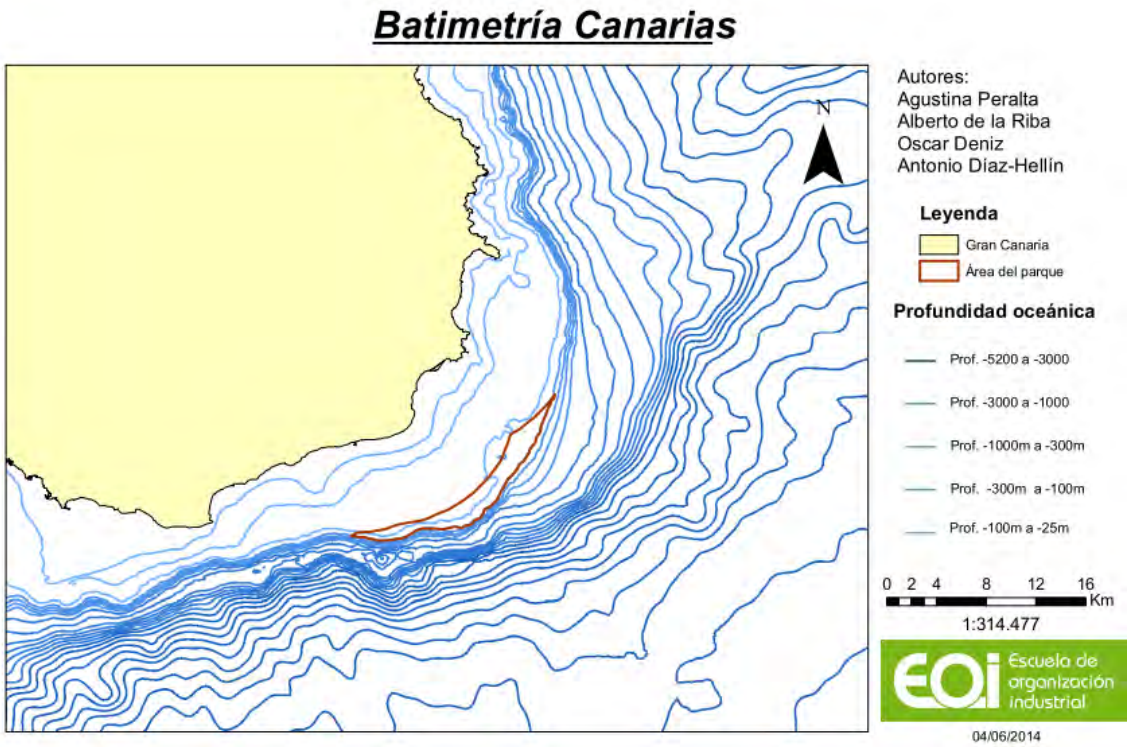


Figura 130: Batimetría Canarias

5.3. Emplazamiento Reino Unido (Gales)

El área en el que se va a situar nuestro parque eólico offshore en Reino Unido va a estar emplazado en el canal de Bristol, esta zona se caracteriza por pertenecer a Gales, siendo esta área una con una alta conservación. Nuestro proyecto se situara finalmente a unos 20 km de la ciudad de Swansea, en las cercanías de la península de Gower, en la zona norte del canal de Bristol.

La zona se caracteriza por tener una baja profundidad, de forma que a altas distancias desde la línea de costa podemos encontrar profundidades de 40 o 50 metros, teniendo un lecho oceánico con una alta variedad en lo que se refiere a la geología y sustratos.

Respecto a los espacios ambientales que podemos encontrar hay que destacar la presencia de unas zonas de especial protección y áreas de especial conservación, finalmente hay que decir que este canal destaca por poseer una alta diversidad, dentro destacando la isla de Lundy.

CLIMA

El clima del canal de Bristol corresponde con el la zona 9 de las distintas establecidas por el gobierno de Reino Unido, se caracteriza por que esta área está influenciada por el océano atlántico y por grandes centros de inestabilidad generando que en un mismo día puedan ocurrir muchos variaciones climáticas y por lo tanto que se experimenten muchos tipos de climas en cortos espacios de tiempos.

Nuestra zona debido a esta proximidad con el océano atlántico, se caracteriza por ser una zona con altas humedades, altos regímenes de vientos, las temperaturas raramente son extremas, por lo que esta zona es una de las más apacibles de Reino Unido.

Este clima esta generado fundamentalmente por presencia de borrascas, y por los vientos tropicales continentales que traen aire caliente a la zona, esto causa que en verano si estos vientos tienen altas fuerzas pueden causar grandes variaciones de temperatura respecto a esta zona y otras de Reino Unido que se sitúen más al norte.

Nuestra zona posee una de las temperaturas más templadas, respecto a las precipitaciones estas están causadas por estas variaciones climáticas por lo que lo convierte en una de las zonas más húmedas del país.

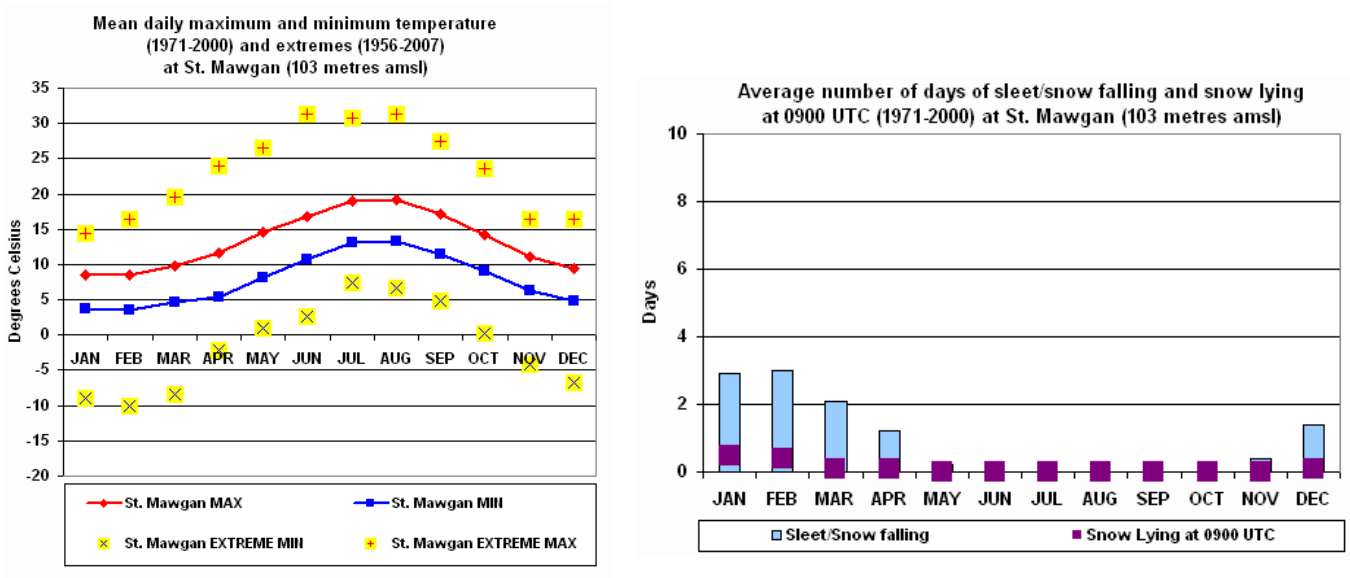
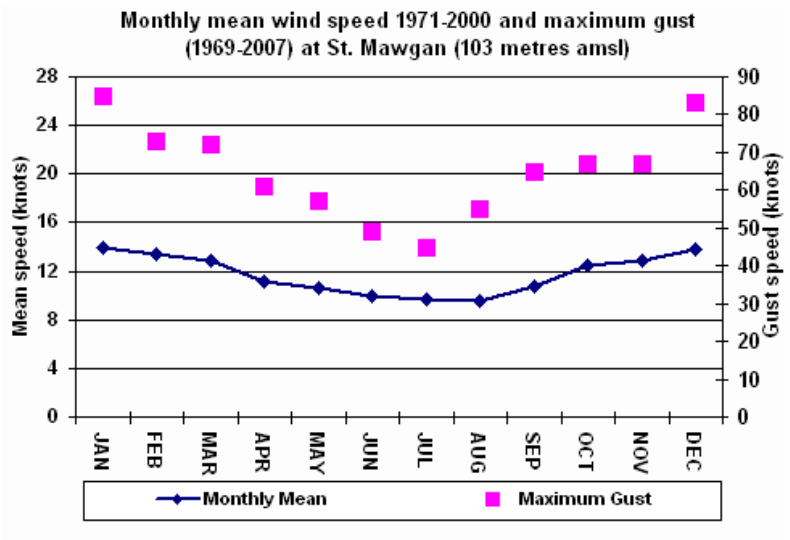


Figura 131: Clima

VIENTO

La zona del sudeste de Inglaterra en la que se encuentra emplazada nuestro proyecto es una de las áreas más expuestas a este agente climático del Reino Unido, los vientos más fuertes están asociados a grandes depresiones que son creadas cerca de las islas británicas, siendo estas depresiones más comunes en los meses invernales, momentos en los que la velocidad media es mayor y cuando encontramos mayores ráfagas.

La dirección del viento es definida por la dirección por la que el viento está soplando, debido a las depresiones atlánticas, de forma que principalmente puede soplar del sur y del suroeste, pero más tarde el viento comienza a soplar del nordeste a medida que la depresión empieza a desplazarse, siendo estas las direcciones mayoritarias.



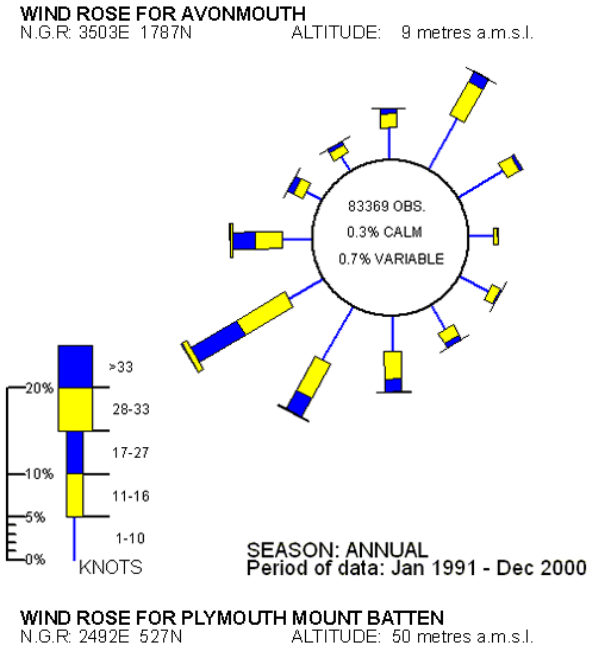


Figura 132: Caract. Viento

HIDROLOGÍA SUPERFICIAL

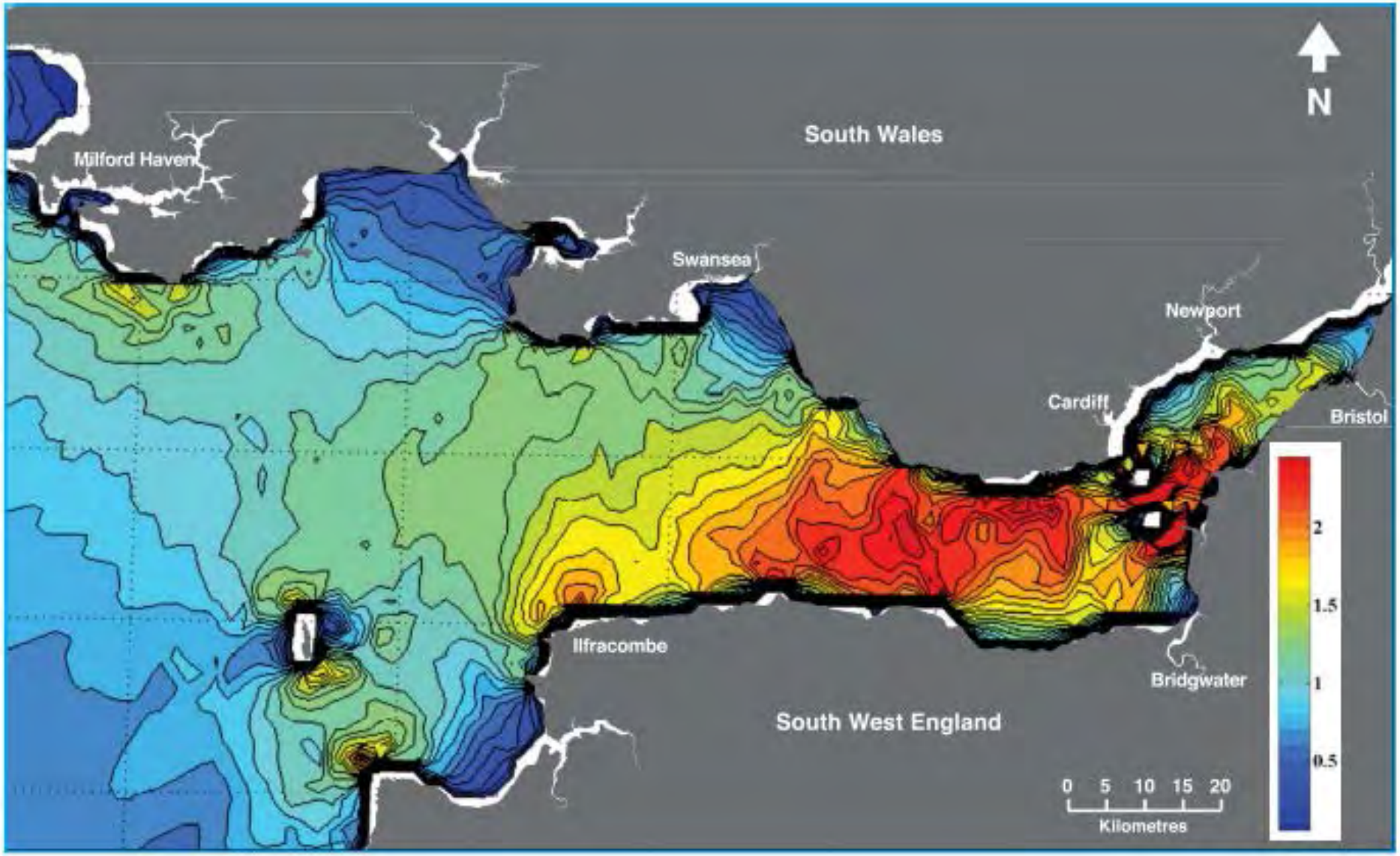
Dinámica de mareas:

Unas de las características del canal de Bristol es su dinámica de mareas, siendo una de las más variables del mundo, ya que en verano la variación de las mareas puede alcanzar hasta los 12 metros, mientras que en las mareas muertas 6 metros. En la zona central del canal de Bristol la diferencia de alturas con las mareas es de 8 metros, mientras que en primavera puede alcanzar hasta los 4 metros.

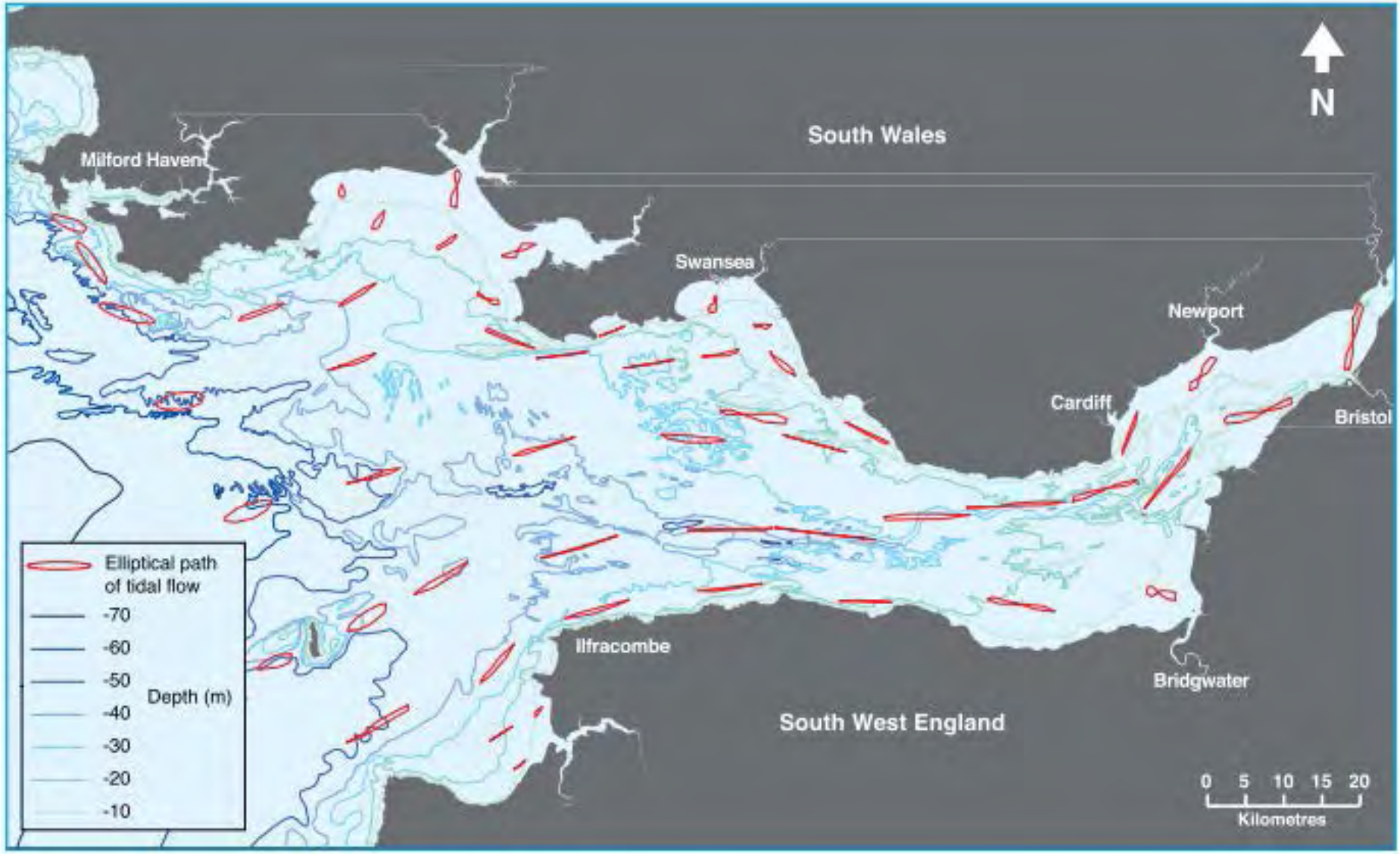
Estas mareas son semidiurnas, produciéndose dos mareas altas y dos mareas bajas cada día de forma que entre cada marea las aguas pueden desplazarse entre 10 y 20 km a lo largo del canal, pero debido a estas dos mareas el movimiento del agua es prácticamente nulo.

Figura 133: Hidrología superficial

Máxima amplitud de la profundidad media, con la corriente actual de primavera:

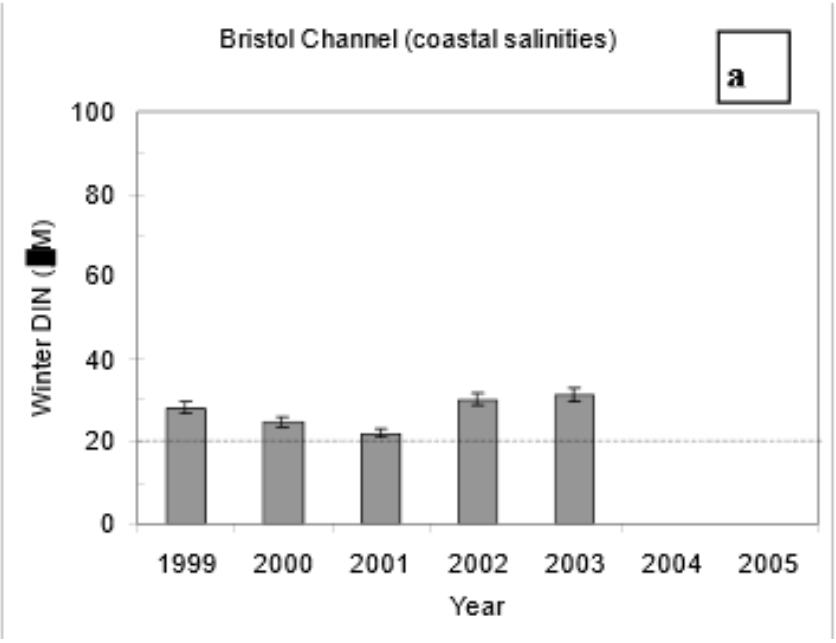


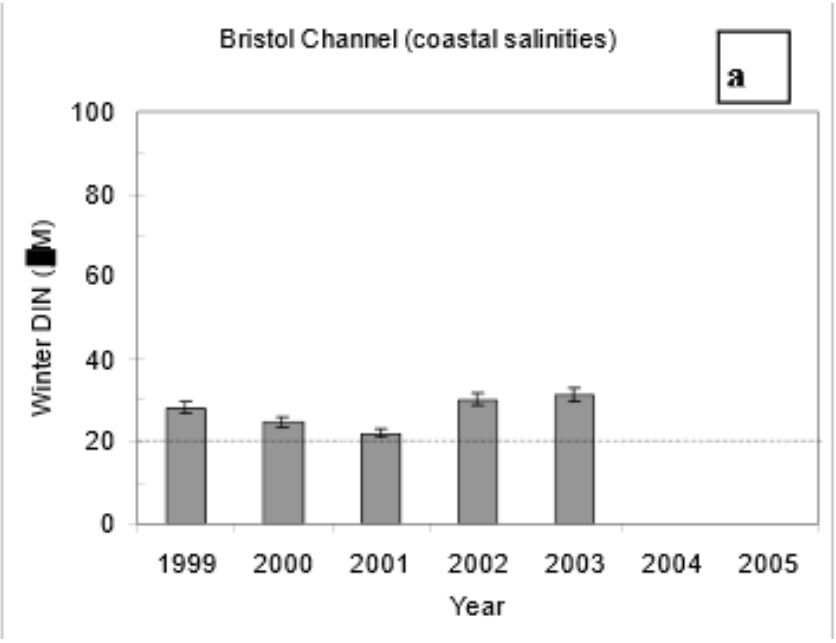
Variación de corrientes en la zona del canal de Bristol



SALINIDAD DE LAS AGUAS

Respecto a la salinidad de las aguas, hay que destacar que fundamentalmente el agua que recorre el canal es fundamentalmente agua dulce (el nivel de salinidad medio es de 14.5 ppt). Dentro del canal no hay una diferencia acentuada entre la costa norte y la costa sur, aunque sí que hay una gran diferencia entre la entrada y la salida del canal, concretamente de 5 ppt.





Coastal salinity 30 – 34.5						
Threshold	**Data source**	**Year**	**Mean**	**No. of samples**	**Upper 95% CL**	**Assessment**
20 µM (salinity normalised to 32)	Spatial	1999	**28.0**	40	30.2	+
		2000	**24.6**	38	26.6	+
		2001	**21.9**	18	24.2	+
		2002	**30.1**	24	32.3	+
		2003	**31.2**	24	34.3	+
		2004	**31.5**	2	0.9	
		2005				
Nutrients assessment						+

GEOLOGÍA

La zona central del canal de Bristol está formada por sistemas de valles submarinos que se extienden por todo el canal de Bristol, este sistema se generó durante finales del terciario y principios de cuaternario, concretamente entre glaciaciones y periodos entre estas. La evidencia de estas glaciaciones y de la presencia de estas, se encuentra en las marcas generadas por el hielo en el lecho oceánico y en las superficies rocosas. Además se produjeron procesos fluvioglaciales, que han quedado evidenciados en los distintos aportes de sedimentos y en el sistema de valles generados.

En el caso del lecho rocoso que se encuentra bajo los sedimentos oceánicos, son predominantemente del jurásico, este lecho rocoso alcanza la superficie terrestre de la costa de Somerset.

La zona del sur y las líneas de costa se encuentran fundamentalmente conformadas por rocas de sílice y areniscas, conformadas por en zonas estrechas por líneas de rocas triásicas. Las rocas triásicas formadas por rocas de lodos y de sílice actualmente conforma la base en gran medida del estuario del rio Serven, aunque en un determinado percentil podemos encontrar limos del carbonífero.

Respecto a la forma del lecho oceánico, hay que destacar que ha sido conformado por eventos de erosión y de deposición, que han dado lugar a estos valles submarinos. Estos sedimentos oceánicos están conformados por una gran variedad de litologías basadas en lodos, arenas y a gravas, pero aun así podemos encontrar áreas extensas con roca expuesta que dan lugar al lecho oceánico. El grosor de estos sedimentos normalmente no supera un espesor de 10 metros, pero en bancos con grandes extensiones, si se puede superar.

En el caso de nuestro emplazamiento, la mayor parte del fondo oceánico está conformado por lechos rocosos, con franjas de gravas y de arenas, además de poder encontrar la presencia de olas de arenas aisladas.

Respecto a la batimetría de la zona, hay que destacar que las profundidades que podemos alcanzar son bajas, ya que la pendiente de la zona no es grande por lo que a grandes distancias encontramos zonas de baja profundidad entre 30 y 20 metros de profundidad.

Independientemente de esta baja profundidad, podemos encontrar en determinadas zonas, de la zona central zonas con una alta profundidad, dando lugar a fosos o desniveles muy acentuados.

Dinámica de los sedimentos a lo largo del canal de Bristol:

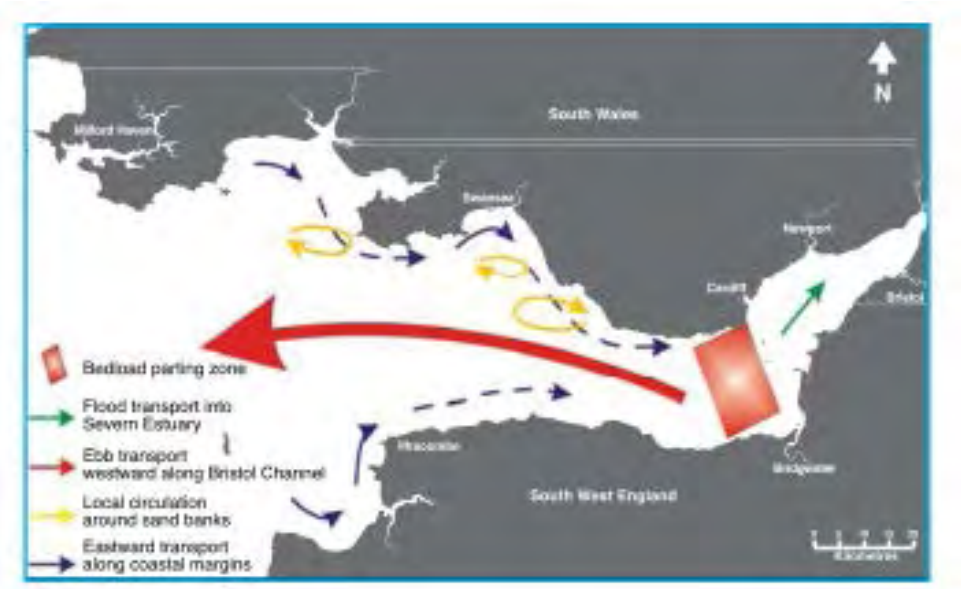
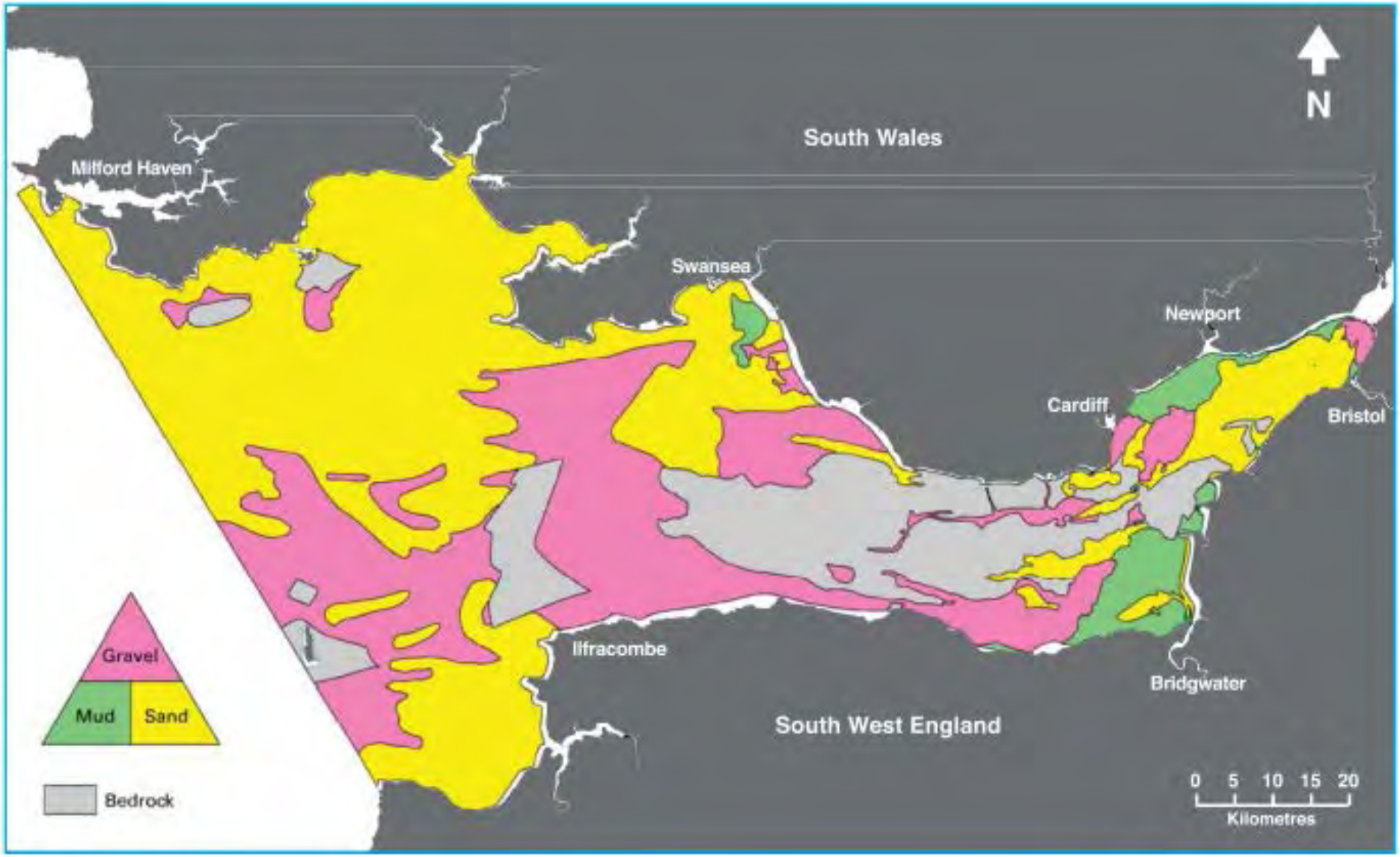
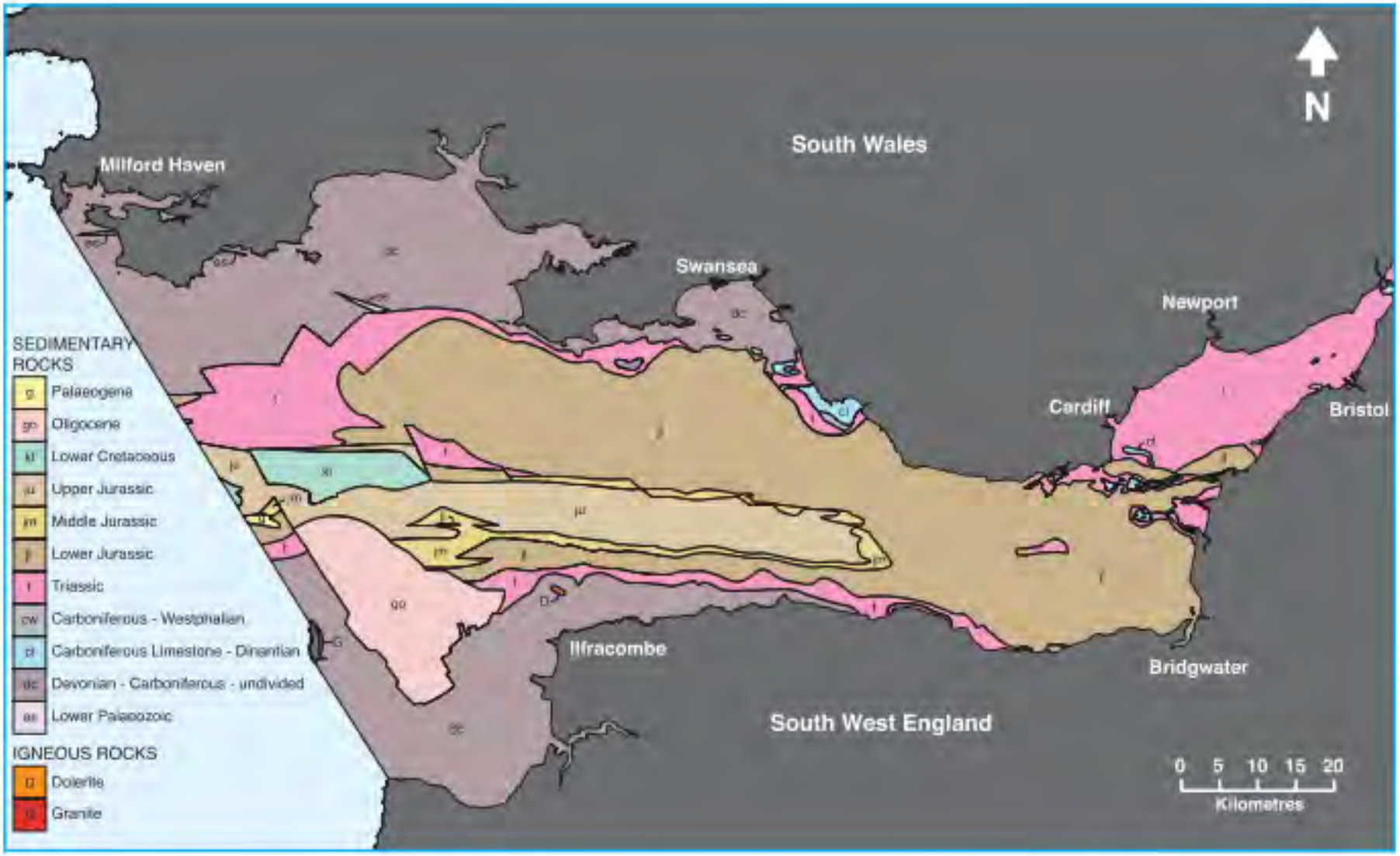


Figura 134: Dinámica sedimentos C.Bristol

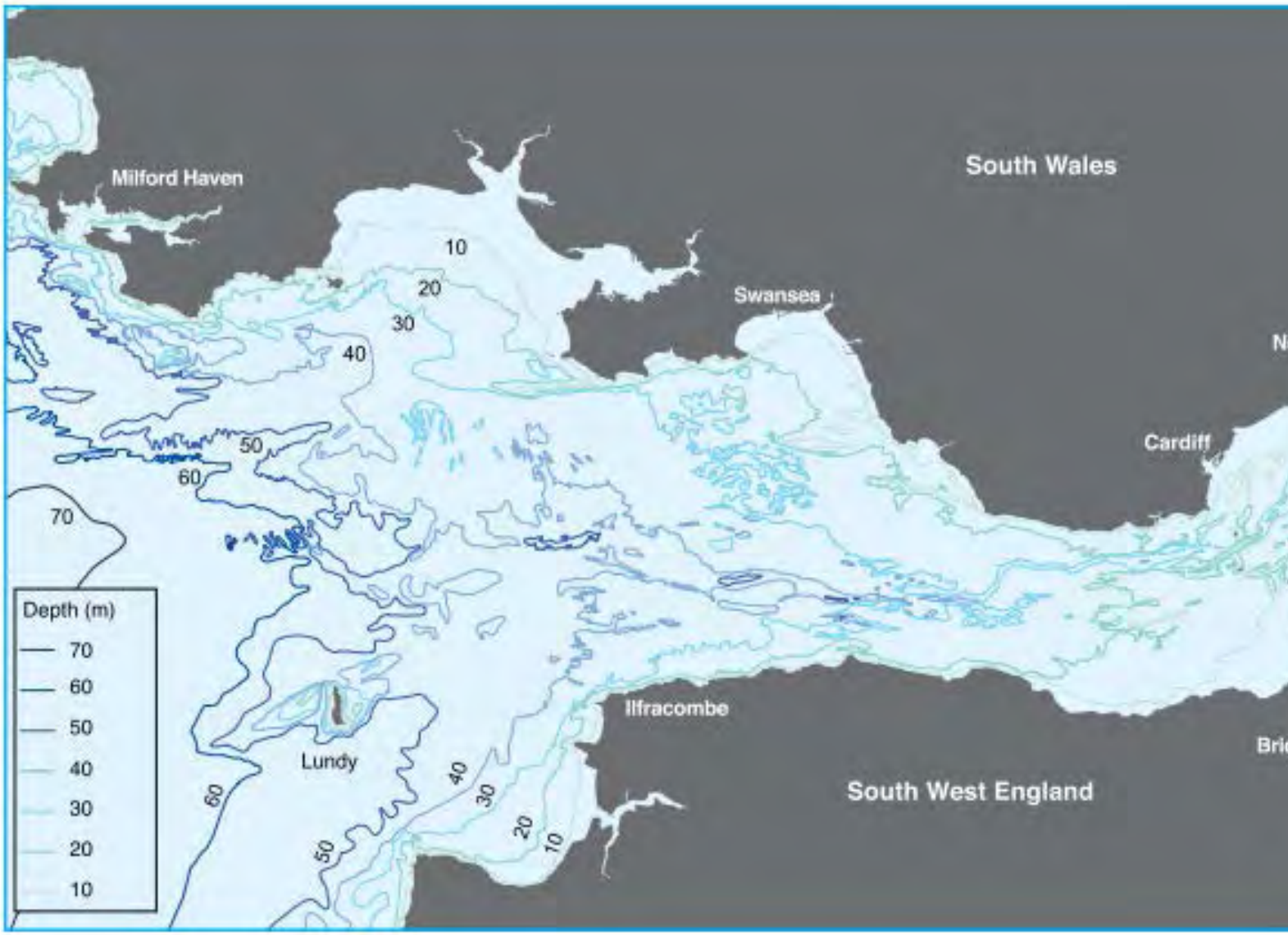
Mapa de sedimentos del canal de Bristol:



Mapa geológico del canal de Bristol:



Mapa de Batimetría del canal de Bristol:



6. LAYOUT

Para la configuración de los parques offshore se han realizado estudios con diferentes configuraciones buscando la mayor producción y menor coste en cuando a cableado y dimensionamiento se refiere.

A continuación, mostramos las diferentes configuraciones estudiadas en ambos emplazamientos:

6.1. Islas Canarias (Gran Canaria)

En este caso, existe una única solución posible debido a la batimetría del fondo marino e impacto visual generado. Se va a respetar el impacto visual (8km) y ajustar el parque intentando no salirnos de la de 100 metros de profundidad. En las siguientes figuras observamos la posible zona de implantación y la configuración del parque de Gran Canaria:

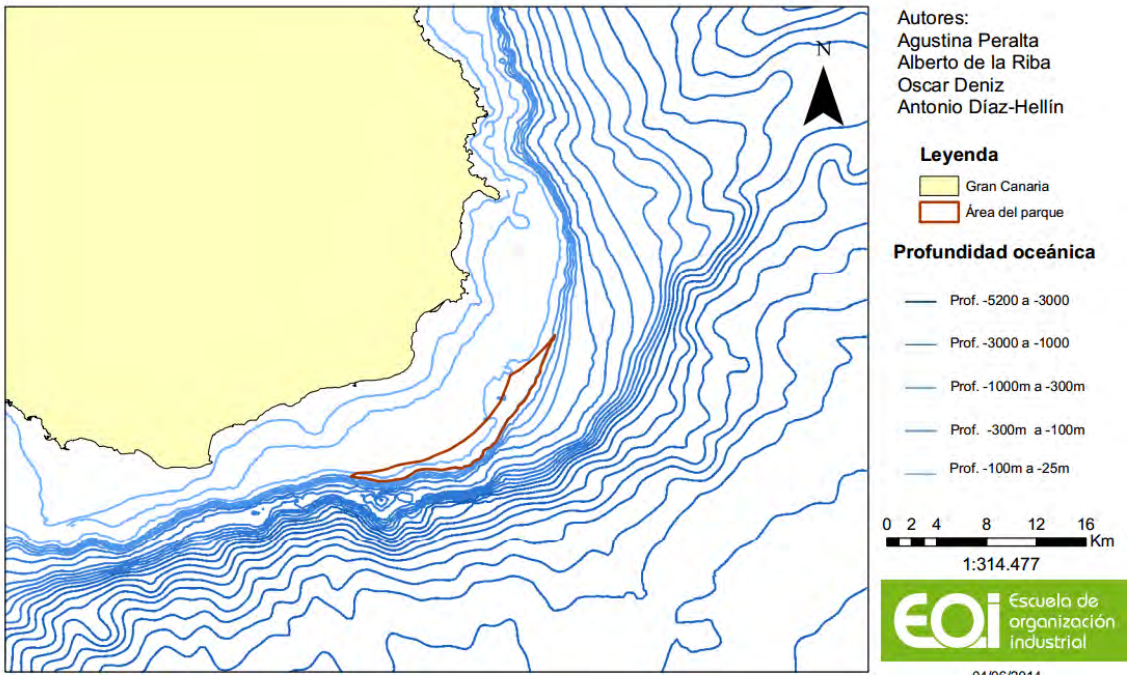


Figura 135: Locaclización parque eólica

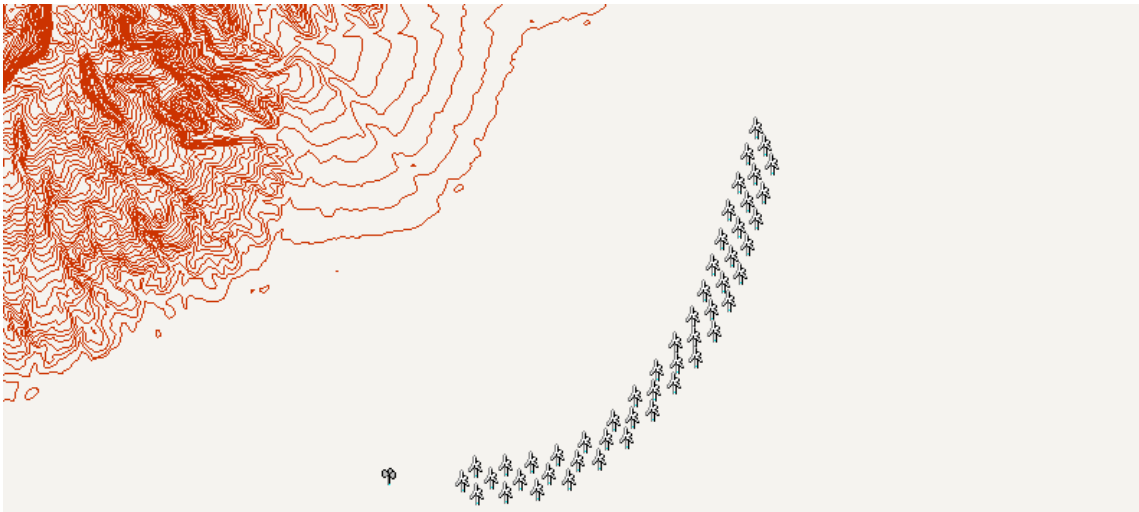


Figura 136: Configuración Canarias

Se respetará una distancia de 10 veces el diámetro del rotor en la dirección predominante del viento y una distancia de 5 veces el diámetro en la dirección perpendicular. La distribución del parque es de 5 circuitos de 7 aerogeneradores y 1 circuito de 8 (el circuito más cercano a la subestación offshore). Se explicará más detalladamente en la parte eléctrica del proyecto.

La producción neta la mostramos a continuación en una figura extraída directamente del WasP:

Net AEP [GWh]	821,089	16,422	15,186	18,406
Gross AEP [GWh]	923,126	18,463	18,426	18,478
Wake loss [%]	11,05	-	-	-

Obteniendo 4105 horas netas y unas pérdidas del 11,05%. Siendo esta configuración la establecida.

6.2. Reino Unido (Gales)

En este caso se han estudiado dos configuraciones ya que la batimetría del emplazamiento lo permite.

1ª Configuración

Se han colocado los aerogeneradores de modo que aprovechen el viento predominante minimizando las pérdidas por efecto estela.

De este modo tenemos 2 circuitos de 10 aerogeneradores, 2 circuitos de 8 y 2 de 7 aerogeneradores.

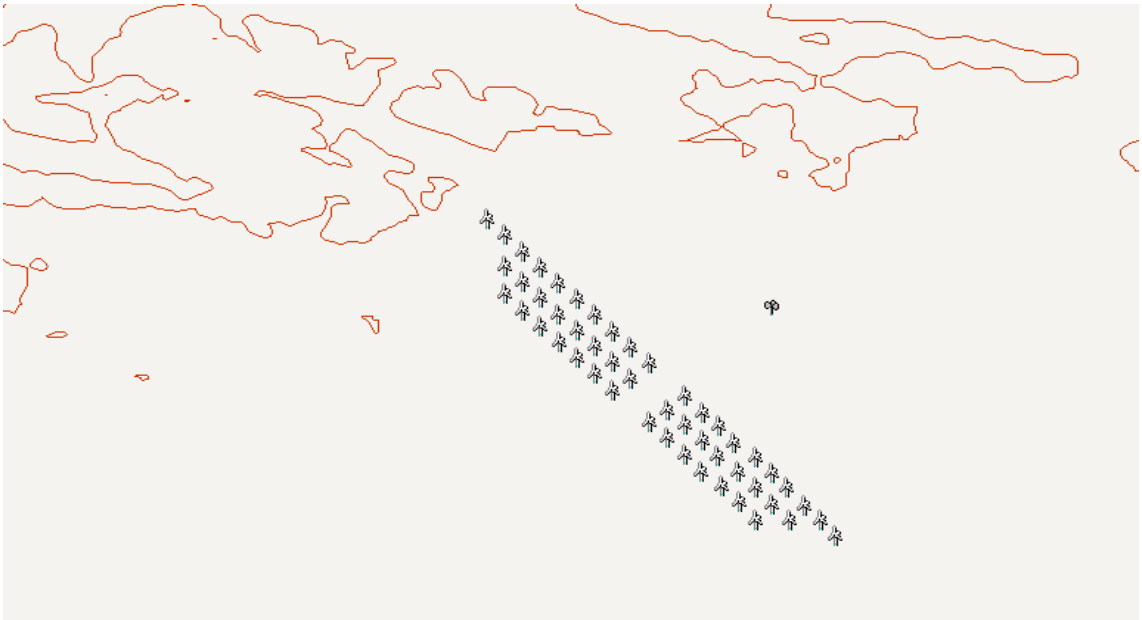


Figura 138: 1ª Configuración Gales

Existe una distancia entre filas de 10 diámetros de rotor y de 5 entre aerogenerador del mismo circuito.

La producción neta la mostramos a continuación en una figura extraída directamente del Wasp:

Parameter	Total	Average	Minimum	Maximum
Net AEP [GWh]	663,698	13,274	12,726	14,555
Gross AEP [GWh]	741,715	14,834	14,829	14,855
Wake loss [%]	10,52	-	-	-

Obteniendo 3318,5 horas netas y unas pérdidas del 10,52%.

2ª Configuración

Se colocan dos grupos de aerogeneradores distribuidos de forma simétrica y orientados de forma perpendicular a la dirección predominante.

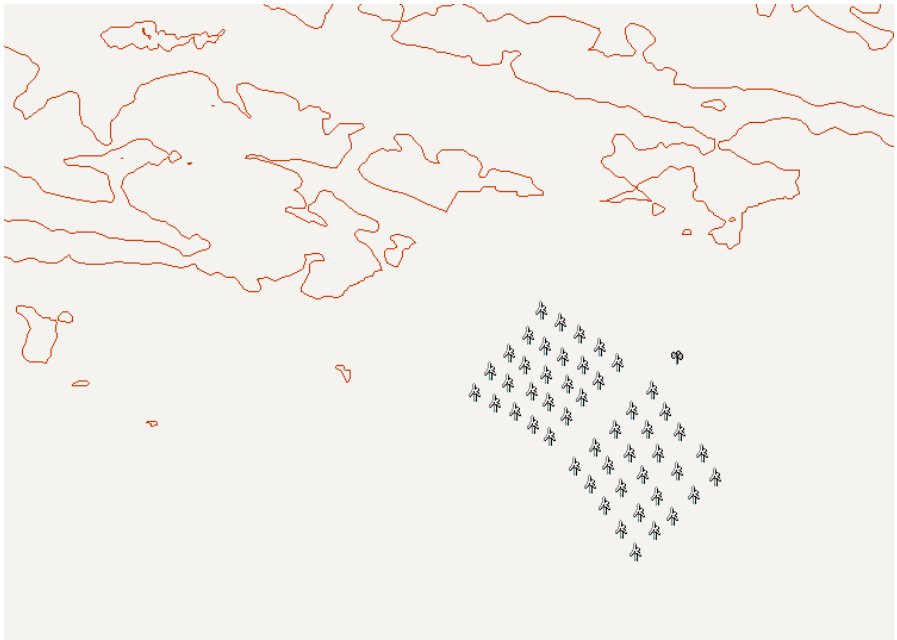


Figura 139: 2ª Configuración Gales

Al igual que el caso anterior, se respetan los 10 diámetros de rotor de distancia entre aeros en la dirección predominante del viento y los 5 diámetros entre aeros de cada fila.

Parameter	Total	Average	Minimum	Maximum
Net AEP [GWh]	667,656	13,353	12,641	14,349
Gross AEP [GWh]	741,698	14,834	14,829	14,838
Wake loss [%]	9,98	-	-	-

Obteniendo 3338,28 horas netas y unas pérdidas del 9,98%.

Como podemos observar en la segunda configuración tenemos más horas y menos pérdidas. Debido a esto y a que favorece la instalación eléctrica escogemos la segunda opción.

7. CIMENTACIÓN

La principal función de las fundaciones es transmitir los esfuerzos creados por el aerogenerador al fondo marino. El diseño de cimentación a utilizar viene definido por las condiciones específicas de cada emplazamiento. Este diseño viene por las condiciones de vientos y olas, la profundidad y la geología del lecho marino.

Estas condiciones hacen que la instalación de un parque eólico offshore represente un reto para el sector industrial, que debe encontrar soluciones innovadoras para resolver el problema de la profundidad. Mucha de la tecnología de cimentaciones de parques eólicos offshore viene gracias a la antes desarrollada en el sector de oil & gas.

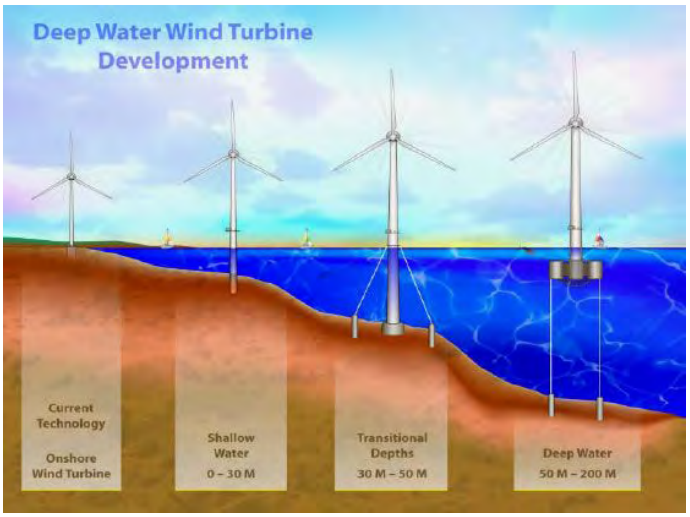


Figura 140: Tecnología de cimentación

Hoy en día existen *5 tipos* de cimentaciones:

Monopilote: Usado estrictamente para profundidades de hasta 30 metros.

Figura 141: Monopilote

Trípode: Usados para aguas con profundidades menores a 50 metros, siendo poco competitivas en aguas poco profundas frente al monopilote.

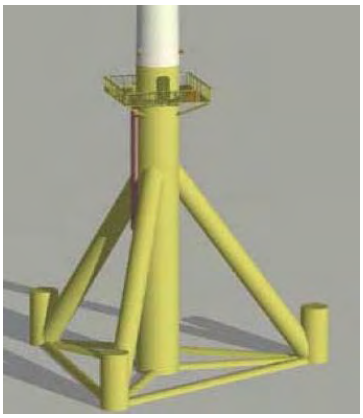


Figura 142: Tripode

Por gravedad: Se hace muy cara su instalación a partir de 10 metros debido a que se eleva mucho la cantidad de hormigón.

Figura 143: Gravedad

Jackets: Se utiliza en profundidades menores a 50 metros al igual que la cimentación de trípode. Mayor complejidad y cantidad de material que éstos.

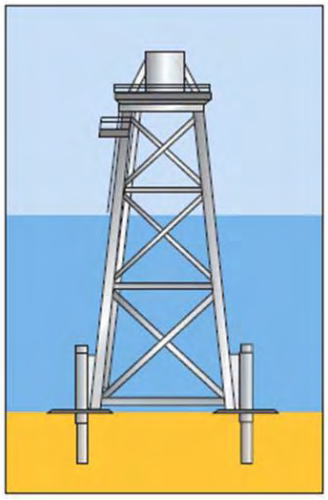


Figura 144: Jacket

Flotantes: Permiten trabajan a grandes profundidades. Se trata de plataformas flotantes, sólo fijadas al fondo marino por cables que mantienen la plataforma en un lugar.

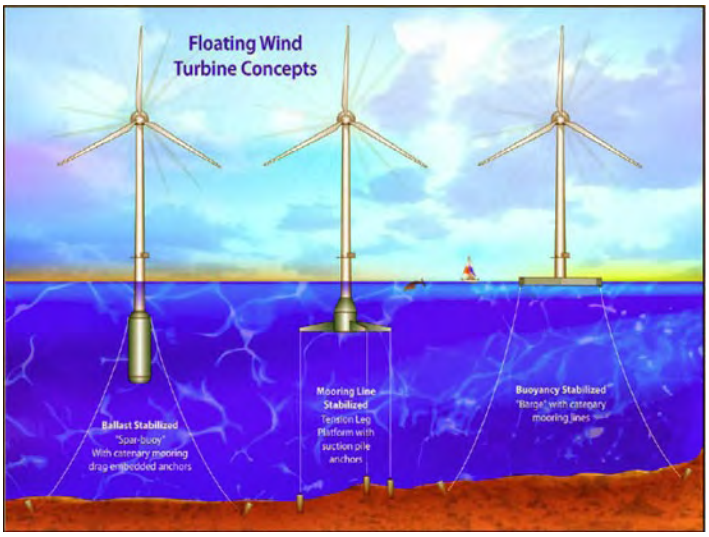


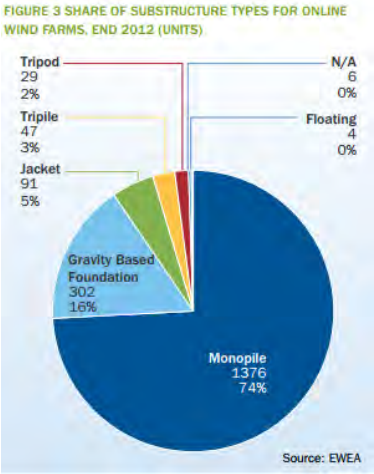
Figura 155: Tecnología flotante

Tras estudiar todas las tecnologías disponibles para las cimentaciones de aerogeneradores offshore, procedemos a la elección para ambos emplazamientos.

Para el emplazamiento de las ***Islas Canarias***, teniendo unas profundidades medias entre 75 y 100 metros, decidimos optar por las plataformas flotantes ya que las demás tecnologías nos limitan por profundidad.

En el caso de ***Reino unido*** la profundidad media es de 20 m, solo hay dos opciones por las cuales decidirse que son: el mono pilote y la cimentación por gravedad, el resto de las opciones quedan descartadas por el coste que supone su instalación y que solo valen para aguas con mayor profundidad.

Entre la cimentación de mono pilote y de gravedad hay que ver cuál de las dos supone menor trabajo al momento de su instalación, el equipamiento y las infraestructuras necesarias para su acometida. Hasta el momento el mono pilote es la fundación más utilizada en el mundo para este tipo de proyectos, de profundidades entre 10 y 25 m.



El tipo de cimentación más utilizada es el monopilote debido a su bajo costo de producción, almacenamiento e instalación para profundidades de hasta 30m.

Penetran en el terreno y logran la transmisión de las cargas. Suelen ser estructuras metálicas por lo que su origen de coste principal es el acero.

La profundidad de penetración debe ajustarse a las condiciones del fondo marino. Un factor importante a

considerar en este tipo de estructuras son las cargas laterales y las vibraciones debido a los movimientos de las olas y el lecho así como la propia fuerza de empuje del aerogenerador.

El diámetro del monopilote puede llegar 6m y el espesor de pared hasta 150mm. El peso de este tipo de estructuras puede llegar a las 650 toneladas.

El método de instalación depende directamente del tipo de suelo y en nuestro caso, al no tener ningún estrato particularmente duro se hará perforando el suelo con un martillo hidráulico para luego ubicar la estructura en posición.

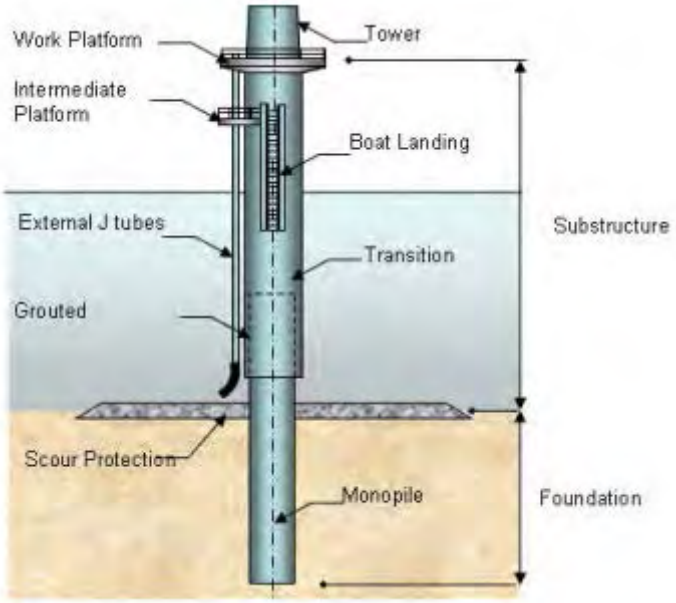


Figura 156 Fuente: EWEA

La pieza de transición es instalada rodeando el pilote lo que facilita el montaje de equipamiento externo como escaleras de acceso, anclaje de barcos, plataforma de trabajo y cables. Adicionalmente corrige los desvíos horizontales y verticales manteniendo al monopilote en la posición deseada.

A su vez, la pieza de transición es la mayor debilidad que presenta el monopilote. En parte debido a que se encuentra unido al monopilote con cemento u otro material ligante. Etas necesario un relleno sólido de forma de transmitir todas las cargas de la turbina a través de la pieza de transición hasta la estructura de soporte.

Es posible que, con el paso del tiempo, haya que volver a rellenar esta unión dado el desgaste y las vibraciones a las que es sometida.

El monopilote está dividido en dos zonas: La "subestructura" que se corresponde a la zona entre el lecho marino y el comienzo del aerogenerador y la "cimentación" en sí misma que es aquella que penetra el lecho marino. Este tipo de estructuras no exige gran preparación del fondo marino además de tener buena resistencia a los movimientos del suelo y a la corrosión.

Mientras que una desventaja es que el tiempo de instalación es extenso ya que es necesario esperar a que el hormigón, con el que se mantiene unido el pilote con la pieza de transición, se cure totalmente antes de instalar el aerogenerador.

Se debe tener en cuenta la protección contra la erosión. La misma ocurre cuando el esfuerzo de corte sobrepasa el límite por sobre el cual el material del lecho marino comienza a moverse.

El movimiento de las mareas y las olas produce este esfuerzo de corte y, en consecuencia, el movimiento de material desgasta la cimentación.

Para determinar el efecto de la erosión sobre las estructuras y diseñar una correcta protección contra la erosión se debe realizar un modelo en el que se implementarán todos los resultados obtenidos en los estudios oceanográficos, de tal manera que se puedan simular las condiciones exactas de cada una de las posiciones donde se fijarán las diferentes estructuras del parque eólico marino. Con ello se podrá determinar el efecto máximo de la erosión en cada una de las localizaciones

Como protección generalmente se utilizan escolleras que constan de piedras de diferentes tamaños que se utilizan para cubrir un agujero de las dimensiones antes calculadas que se realiza en torno a la estructura proyectada. En algunos casos se utlizan "matrices" o losas de hormigón prefabricados ("concrete mattresses") para dotar al conjunto de una mayor compacidad.

Su instalación se puede realizar en dos fases, antes de la instalación de la estructura y después, o en una sóla fase tras la instalación de la estructura. Para ello se suelen utilizar barcos especiales ("Side stone dumping vessels" y "fall pipe vessels"), ROV´s y submarinistas de apoyo.

En cuanto a la protección contra la corrosión, es necesario determinar las diferentes zonas de exposición de la cimentación que presentarán diferentes fenómenos:

- Zona "no sumergida", se encontrará afectada por rayos ultra-violetas, cloruros, oxígeno y agua (salpicaduras) → tasa de pérdida de acero del orden de 80-200 µm/año
- Zona "de batida" ("splash zone"), se encontrará afectada por rayos ultra-violetas, cloruros, oxígeno, agua (olas), desechos y hielo → tasa de pérdida de acero del orden de 200-500 µm/año
- Zona "permanentemente sumergida", se encontrará afectada por cloruros, oxígeno, agua e incrustaciones → tasa de pérdida de acero del orden de 100-200 µm/año

El sistema de protección contra la corrosión marina de las cimentaciones se completará con el uso de los denominados ánodos de sacrificio (también existen sistemas de corrientes impresas, protec. cátodica). Un adecuado dimensionamiento de estos sistemas de protección es imprecindible para asegurar el correcto comportamiento de las cimentaciones a lo largo de toda la vida útil del proyecto

En las Islas Canarias, utilizaremos cimentaciones flotantes debido a la gran profundidad de mar que presenta.

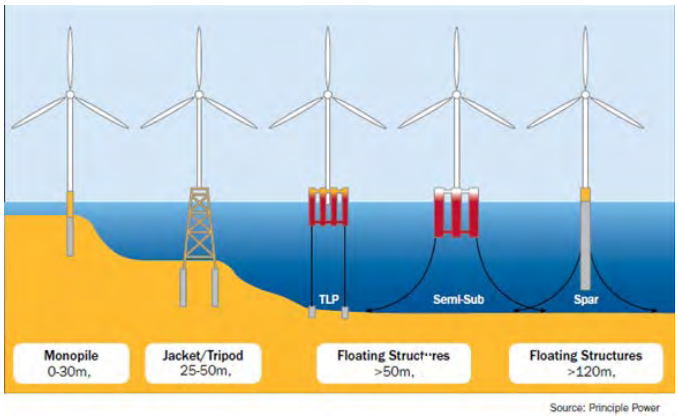


Figura 157: Tec. Flotante

En nuestro caso, el rango de profundidades es de 75 a 100m por lo que no es factible utilizar la tecnología Spar. Las TLP presentan mayores costos y complejidad de instalación debido al sistema de anclaje. Es por eso que optamos por las "Semi-Sub" que actualmente presentan condiciones más favorables.

Dentro de las tecnologías semi-sumergibles existen numerosos proyectos en desarrollo. En nuestro caso, optaremos por el modelo *WindFloat*, dado su mayor desarrollo así como también debido a que su diseño es el más cercano un barco por lo cual tiene mayor estabilidad.

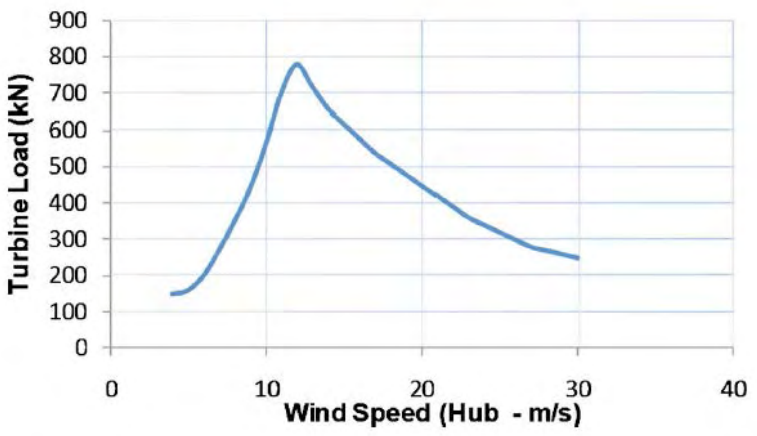
El sistema elegido cuenta con 3 columnas unidas entre sí por una estructura de celosía que soporta un aerogenerador sino situado sobre una de las columnas:

1) **3 Columnas** que proveen el soporte y la estabilidad a través de la flotabilidad de la misma, aprovechan la inercia de la flotación para corregir el posible momento escorante que se produzca sobre el sistema.
2) **Placas Horizontales** por debajo de cada columna que: - Incrementan la masa por lo que bajan el centro de gravedad así como también amortiguan los movimientos producidos por las oscilaciones del fluido.
3) **Lastres permanentes** en la parte inferior de las columnas para lograr el centro de gravedad operacional y mejorar la estabilidad del sistema.
4) **Lastres dinámicos** que mueve agua de columna a columna

para compensar cambios significativos en la velocidad del viento y su dirección. Esto apunta a mantener el mástil en posición vertical para maximizar la producción eléctrica. Los lastres dinámicos se ubican en la parte superior de cada columna.

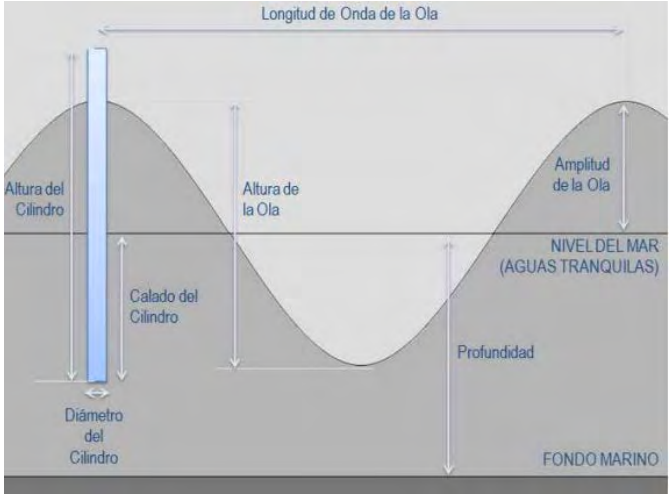
5) **4 catenarias** que anclan la estructura constantemente al fondo marino y evitan desplazamientos.

Esta tecnología se adapta a distintos modelos de WTG pero es importante contar con la información del Empuje (kN) en función de la velocidad del viento para poder dimensionar correctamente la estructura de soporte.



Por ejemplo, en el gráfico se muestra una curva típica de carga del viento en función de la velocidad para una máquina de 4MW.

Además, es necesario conocer los parámetros del medio donde se instalará el generador para determinar las fuerzas que actúan sobre la estructura. Las dos principales Fuerzas del Oleaje que actúan son las Fuerzas de Arrastre y las Fuerzas de Inercia, que actuarán de forma paralela al sentido del flujo: La Fuerza de Arrastre es debida a los efectos de la viscosidad del fluido. La Fuerza de Inercia se compone de dos partes: La Fuerza de Masa Hidrodinámica y la Fuerza de Inercia que ejerce el fluido acelerado sobre el miembro de la estructura.



En el caso de este tipo de cimentaciones, el coste de anclaje es mucho menor que en el caso de un monopilote. Esto es así debido a que la profundidad de penetración es mucho menor además de prescindir de la necesidad de efectuar costosos estudios del terreno ya que con estudiar la capa superficial ya es suficiente.

Figura 158: Steveshark

La instalación de este tipo de anclajes se realiza desde un barco el cual desciende el ancla para luego, una vez depositada en el lecho, ejercer una fuerza sobre la misma para lograr que se entierre la profundidad suficiente.

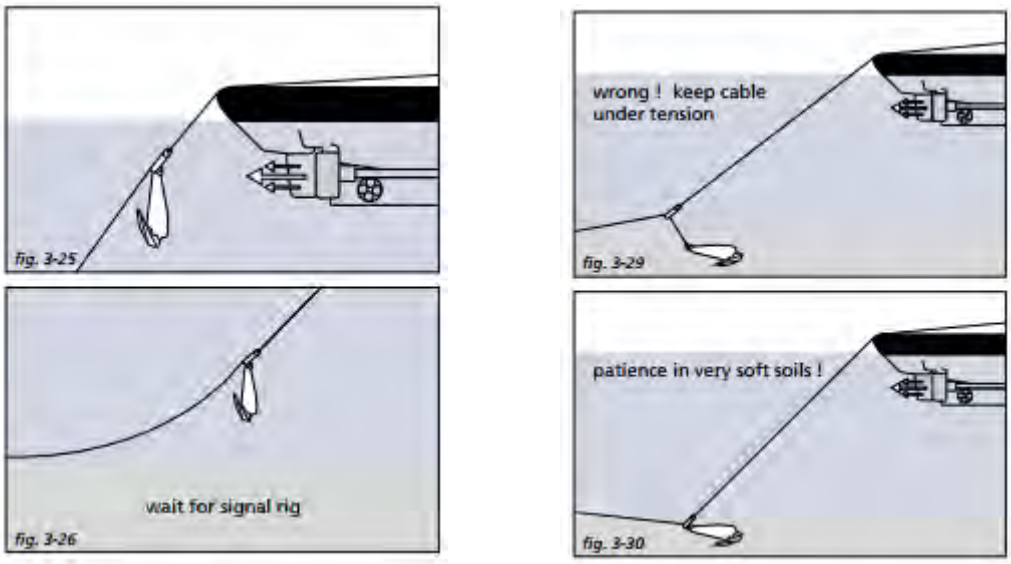


Figura 159: Sistema de anclaje

8. ANÁLISIS ECONÓMICO-FINANCIERO

8.1. Inversión Inicial

En primero lugar es importante estudiar las características de cada uno de los emplazamientos. Cada parque contará con una potencia instalada de 200 MW y el comienzo de la construcción se hará durante el 2016.

Emplazamiento	Gales
Potencia Instalada	200 MW
Fecha de Construcción	2016
Fecha de comienzo de operación	2017
CAPEX (MM€/MW)	4,1
OPEX (€/MWh)	35
Horas netas de funcionamiento	3.668
Precio de venta (€/MWh)	190

El **CAPEX** será de 4,1 (MM€/MW) según la siguiente tabla:

CAPEX GALES			
	Unidad	Coste unitario	Coste total
WTG	50	6,061,538.46	384,907,692.31
Cimentaciones	50	2,246,153.85	102,097,902.10
Infraestructuras Electricidas	200	730000	146,000,000.00
Installation (Logistics)	200	500000	110,000,000.00
Planning and development*	200	200000	28,571,428.00
Estudios			48000000
		Total	819,577,022.41

Es interesante notar la diferencia de pesos que tiene cada uno de los componentes donde es notable la influencia que tiene las turbinas sobre la inversión total de 47% que difiere notablemente de los valores utilizados en onshore wind donde ronda el 75%.

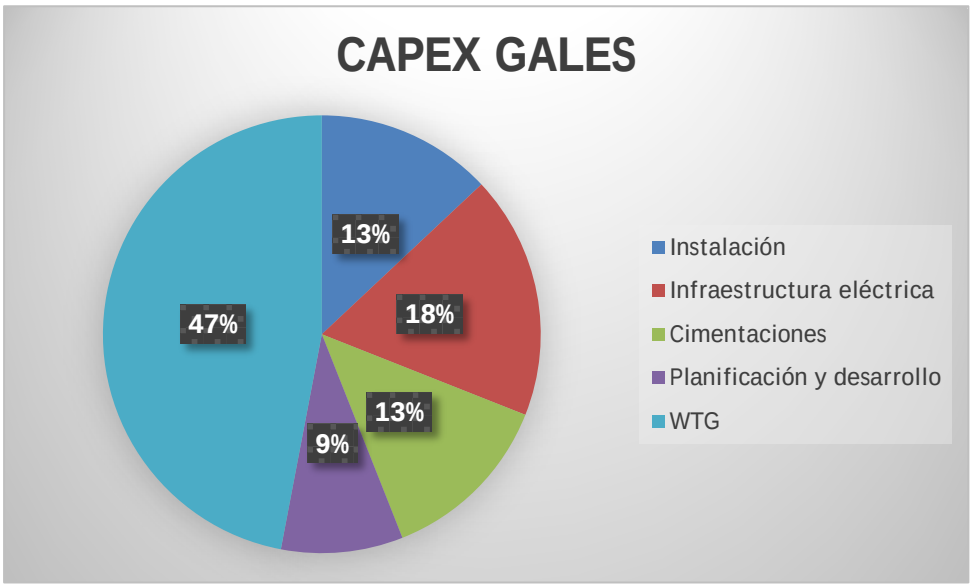
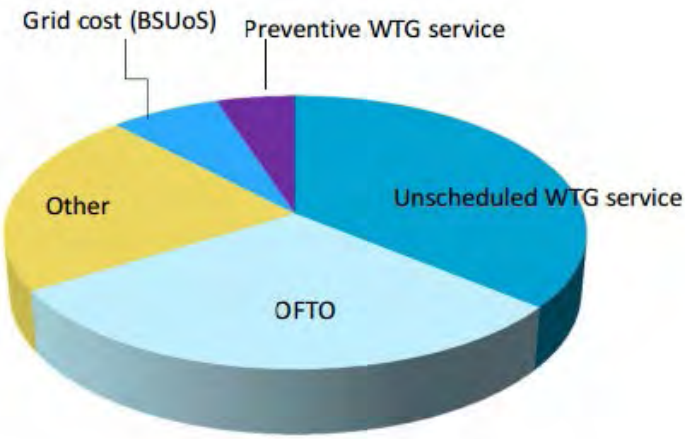


Figura 160: Capex gales

Las cimentaciones cobran un peso importante debido a la robustez necesaria para las soportar las condiciones adversas de la operación en el mar donde las fuerzas producidas por las mareas y las olas obligan a estructuras significativamente más importantes que en tierra.

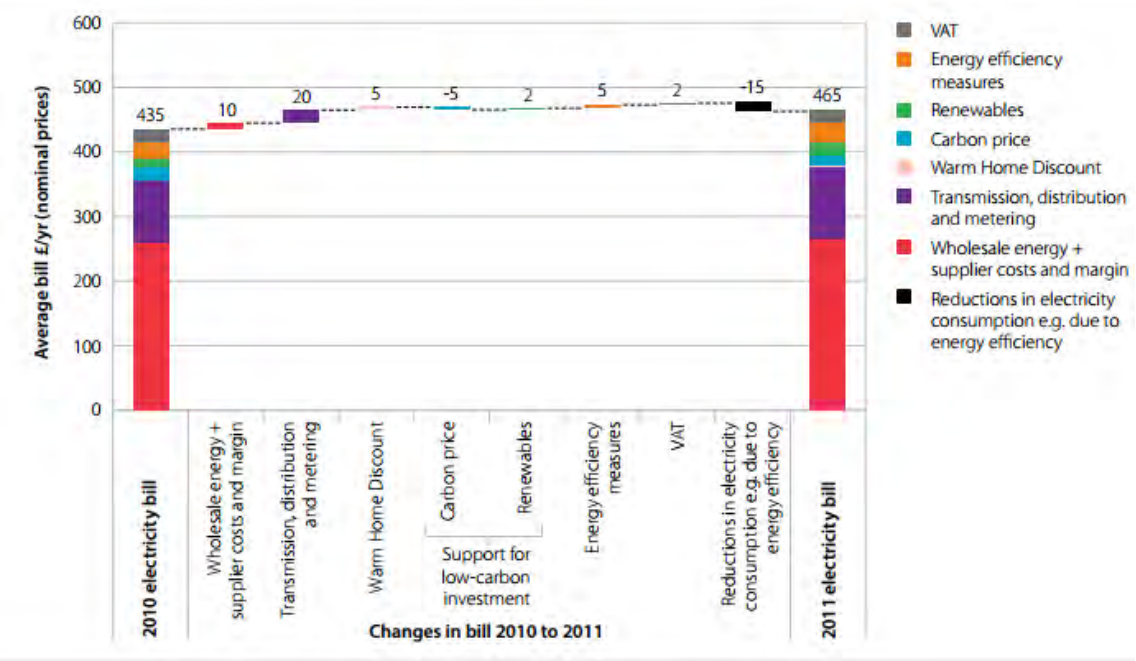
En cuanto al coste de operación (OPEX) tomamos un valor de 35€/MWh que es un valor medio entre los parques ya instalados por la zona. Como se ve en la siguiente tabla, el monto más representativo del OPEX lo representa el mantenimiento no programado. Es decir averías en las máquinas que deben ser corregidas fuera de los planes de mantenimiento. Es ahí donde entra la importancia de la robustez de las máquinas (y el por qué de los costes de inversión inicial tan altos) ya que los costes de reparaciones en el mar no son sólo onerosas sino que también toman períodos de tiempo elevados que perjudican la disponibilidad de las máquinas afectando también la venta de energía.



Otro elemento importante dentro del CAPEX es el coste de la OFTO es decir el canon que debe pagarse para poder hacer uso del punto de conexión.

En el caso de nuestro emplazamiento, no hay ninguna OFTO actualmente en la zona por lo que este coste se restaría de nuestro OPEX aumentando la inversión inicial.

El precio de venta de la energía, se consideró una media del sector teniendo en cuenta los dos ingresos hasta la fecha. La venta de energía al mercado eléctrico (por lo general en la forma de PPA con una distribuidora) y la comercialización de los ROC también a distribuidoras pero en un mercado distinto.



Es interesante notar que aún con incentivos tan importantes como los que aporta UK, el impacto que tiene sobre la factura eléctrica de los consumidores no representa un peso muy significativo.

En el caso de Canarias, notamos que el CAPEX necesario es mayor (5,8 MM€/MW) debido a la utilización de la tecnología flotante que obliga a incurrir en mayores costos fundamentalmente en cimentaciones pero también en instalaciones eléctricas.

Emplazamiento	Gran Canaria
Potencia Instalada	200 MW
Fecha de Construcción	2016
Fecha de comienzo de operación	2017
CAPEX (MM€/MW)	5,8
OPEX (€/MWh)	28
Horas netas de funcionamiento	4.105
Precio de venta (€/MWh)	?

En la siguiente tabla podemos notar el desglose del CAPEX en el que se identifica como principal diferencia el coste de las cimentaciones:

CAPEX CANARIAS			
	Unidad	Coste unitario	Coste total
WTG	50	6,061,538.46	384,907,692.31
Cimentaciones	50	5,000,000.00	322,500,000.00
Infraestructuras Electricidas	200	570000	171,000,000.00
Installation (logistics)	200	400000	144,000,000.00
Planning and development*	200	150000	39,900,000.00
Estudios			34,500,000.00
		Total	1,096,807,692.31

Esto es debido a que actualmente las cimentaciones flotantes presentan un menor desarrollo por lo que su precio no es competitivo frente a otro tipo de fundaciones. Esto influye en todos los elementos del CAPEX pero es notable como afecta dentro del CAPEX total las cimentaciones con un 29% del mismo.

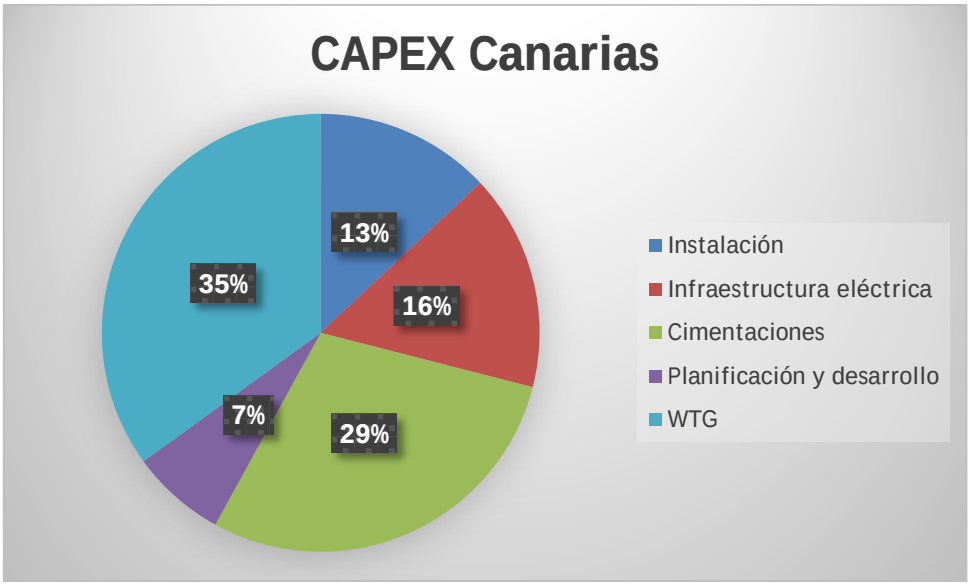


Figura 161: Capex Canarias

En cuanto al OPEX, se tomaron estimaciones de la EWEA (ya que actualmente no hay una cantidad significativa de proyectos comerciales operativos) que indican que sería 20% que el OPEX para cimentaciones no flotantes. Esto es debido a, como se señaló anteriormente, el gran peso que tiene el mantenimiento no programado ya que en en el caso de las flotantes, es posible remolcar la estructura con un barco encontrable en cualquier puerto para su reparación en tierra ahorrando así la utilización de grúas y barcos especiales. De esta forma no sólo se disminuye significativamente el coste de mantenimiento sino también se reducen las horas de no producción dado a que el tiempo de reacción es menor.

En cuanto al precio de venta, nos hemos encontrado con que en España no existe una regulación específica para eólica offshore y dado el cambio actual en la legislación hemos optado por analizar diferentes escenarios posibles y analizar las diferentes alternativas.

Análisis financiero

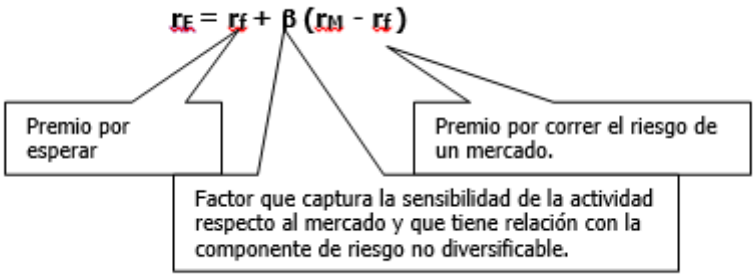
Para realizar el análisis financiero conservamos una posición pesimista, es decir que ante dos alternativas nos inclinamos por la menos beneficiosa (dentro de lo real y probable) para el proyecto. Esto es debido a que se trata de un negocio de alto CAPEX por lo que la minimización de riesgos es clave. Al considerar alternativas pesimistas, es más improbable que surjan cosas que puedan hacer fracasar el proyecto.

Para calcular los indicadores financieros se consideró un aporte del 100% del CAPEX por parte de los accionistas. Es decir, no se tuvo en cuenta endeudamiento. Esto es sí debido a que la gran mayoría de los proyectos se realizan con *corporate finance* es decir, financiamiento

otorgado directamente a las empresas que avalan con sus propios activos los prestamos pedidos. En este caso la tasa otorgada dependerá de la capacidad financiera de cada empresa y no enteramente de la viabilidad del proyecto. Es por eso, que a modo de comparar dos proyectos situados en dos emplazamientos diferentes, no es conveniente incluir la financiación para no perder el objetivo del estudio.

Calculo del WACC

Para el cálculo del WACC, se utilizó el modelo **CAPM** (Capital Asset Pricing Model) el cual tiene en cuenta el riesgo del mercado en el cual se situará el negocio así como también la situación del rubro. Estos valores se referencian a una tasa libre de riesgo que usualmente se elige la tasa de un bono del tesoro del país más estable.



Para cada uno de nuestros casos se han utilizado los siguientes valores:

WALES		Wacc	6.864%
rf	2.54%		
B	0.76		
(rm-rf)	6%		
rp	0.14%		

CANARIAS		Wacc	13.604%
rf	2.54%		
B	1.5		
(rm-rf)	7%		
rp	0.14%		

Para la tasa libre de riesgo tomamos la tasa del bono a diez años de Alemania que es el país más estable de la región. En cuanto a la prima de riesgo, existe una diferencia entre los dos países donde realizamos los proyectos pero la principal diferencia radica en la *beta* que tiene en cuenta el riesgo de la industria. En este aspecto es donde existe la mayor variación entre

los dos proyectos ya que en España no existe ningún proyecto de estas características por lo que el riesgo de no tener experiencia es considerable. La estimación de este valor se hizo teniendo en cuenta un estudio de consultoría del sector ya que no existe *track record* como para analizar una media histórica. Teniendo en cuenta que el valor de la beta para onshore wind es 0,76, nos parece razonable adoptar el valor de 1.5.

La falta de experiencia en la zona y los últimos cambios en regulación hacen que invertir en España exija un retorno más ambicioso que en Reino Unido y es una limitante de peso a la hora de realizar proyectos.

Calculo de VAN y TIR

Para calcular los indicadores financieros, se incluyó un flujo de fondos a partir de los siguientes **cuadros de resultados**:

Gales	
Ventas	119,807,065.00
O&M	26,701,128.00
Otros	5,990,353.25
EBITDA	87,115,583.75
Amort	40,978,851.12
EBIT	46,136,732.63
Taxes	9,227,346.53
Net income	36,909,386.10

Canarias	
Ventas	*123,199,507.53*
O&M	25,844,000.00
Otros	6,159,975.38
EBITDA	91,195,532.15
Amort	54,840,384.62
EBIT	36,355,147.54
Taxes	10,906,544.26
Net income	25,448,603.28

En el caso de Canarias, las ventas variarán dependiendo del escenario elegido. Además que luego de haber amortizado la vida útil de las máquinas (20 años), el cuadro de resultados variará al no tener en cuenta la amortización.

Teniendo en cuenta que:

$$F_n = Net\ Income + Amortization + \Delta K_t$$

Siendo ΔK_t la variación en capital de trabajo, que no se considera para este análisis y Amortization, la amortización correspondiente a cada año.

Obtenemos los flujos de fondos para luego calcular el VAN:

$$VAN = \sum_{T=0}^{n} \frac{Fn}{(1+i)^n}$$

En el caso de Gales, el resultado fue:

VAN	$197.605.481,45
TIR	9,22%

Siendo este resultado aceptable dado que en el mercado se suelen aprobar los proyecto siguiendo el siguiente criterio: TIR=200bps+WACC

Considerando que se ha considerado hipótesis pesimistas para los ingresos/egresos, es posible aseverar que en la realidad se superará el valor calculado teóricamente.

En el caso de Canarias, la situación varía drásticamente ya que, debido a que no existe regulación específicamente diseñada para la tecnología offshore, se realizaron diferentes escenarios de posible aplicación.

1) Retribución según el RD 413/2014
2) Retribución según RD 413/2014 + Incentivo Canarias
3) Condiciones necesarias para la rentabilidad

1) En el primer escenario se calculó teniendo en cuenta una retribución que se desprende de dos ingresos: Ventas de electricidad al mercado y la llamada Retribución a la inversión, R_{inv}, que se calcula en base a la siguiente fórmula:

$$Rinv_{j,a} = C_{j,a} \cdot VNA_{j,a} \cdot \frac{t_j \cdot (1+t_j)^{VR_j}}{(1+t_j)^{VR_j} - 1}$$

A partir de datos estimativos medios, pudimos suponer una retribución de 75€/MWh. Teniendo en cuenta que en el borrador de instalaciones de referencia se toma en cuenta una inversión de 1,5MM€/MW (muy alejada de la realidad offshore).

Teniendo en cuenta estos ingresos, se efectuaron los flujos de fondos (del cual se incluyen los primeros 4 años) a partir del cual se calculó los indicadores financieros:

CANARIAS					
	0	1	2	3	4
	-				
		41,005,817.45	41,005,817.45	41,005,817.45	41,005,817.45
FCFF	- 1,096,807,692.31	41,005,817.45	41,005,817.45	41,005,817.45	41,005,817.45

VAN	-$809.631.769,94
TIR	-0,23%

Como podemos ver, de acuerdo a nuestras suposiciones, el proyecto con esta retribución no es viable. Esto es debido a que la retribución no está pensada para el tipo de inversión que supone instalaciones offshore (y más aún, instalaciones con cimentaciones flotantes como es el caso de las Islas Canarias).

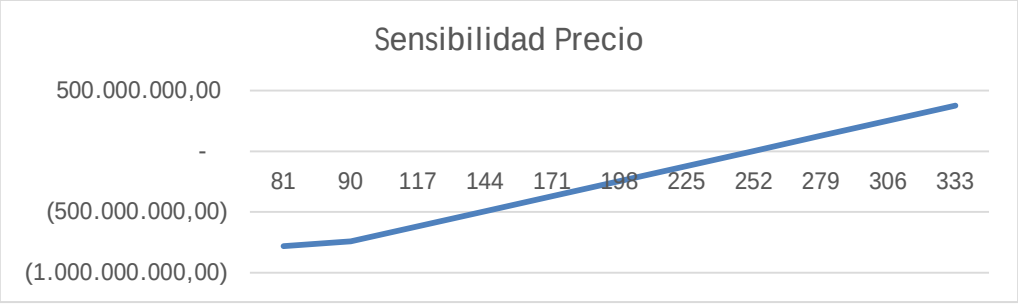
2) En este caso se planteó la posibilidad de utilizar el *Incentivo Canarias* que actualmente está en estudio. Este mismo plantea la posibilidad de sumarle 85€/MWh para, de esta forma, incentivar a generadores renovables con el fin de reducir los costes de generación que rondan los 200 €/MWh.

Teniendo en cuenta este incentivo, el precio de venta sería de 160 85€/MWh y es en base a esto que se calculó los mismos indicadores financieros.

VAN	-$498.403.010,11
TIR	6,21%

En este caso, la TIR fue más interesante pero el VAN continuó siendo extremadamente negativo. Llegando a la conclusión que el problema no es sólo en cuanto a la retribución sino que involucra la totalidad de factores que integran la estrategia offshore.

3) Debido al resultado del segundo escenario, nos planteamos qué retribución sería necesaria para llegar a la rentabilidad de los proyectos dado el CAPEX y la WACC planteada inicialmente.



Llegando a la conclusión que se necesita un precio de aproximadamente 250 €/MWh. Ampliamente superior a los costes actuales de generación por lo que no sería viable.

Es por eso que realizamos un segundo análisis, esta vez, teniendo en cuenta un precio de venta de 160 €/MWh (contemplando la aprobación del incentivo Canarias) en el que analizamos cómo debería variar el CAPEX y el WACC para que los proyectos fueran rentables a ese precio de venta.

	-80%	-70%	-60%	-50%	-40%	-30%	-20%	-10%	0%
-70%	[illegible]	900,906,139.65	736,277,165.81	606,127,176.47	501,922,257.39	417,461,742.50	348,194,885.00	290,748,340.49	242,596,644.99
-60%	1,049,963,343.44	[illegible]	670,435,096.76	538,779,968.08	433,300,080.63	347,752,723.59	277,553,676.94	219,302,804.08	170,453,082.78
-50%	988,048,788.41	772,798,818.89	[illegible]	[illegible]	364,677,903.87	278,043,704.69	206,912,468.89	147,857,267.66	98,309,520.58
-40%	926,134,233.39	708,745,158.51	538,750,958.66	404,085,551.30	[illegible]	208,334,685.78	136,271,260.83	76,411,731.24	26,165,958.37
-30%	864,219,678.37	644,691,498.13	472,908,889.62	336,738,342.91	227,433,550.34	[illegible]	65,630,052.78	4,966,194.83	- 45,977,603.83
-20%	802,305,123.35	580,637,837.75	407,066,820.57	269,391,134.51	158,811,373.58	68,916,647.97	- [illegible]	- 66,479,341.59	- 118,121,166.04
-10%	740,390,568.33	516,584,177.37	341,224,751.52	202,043,926.12	90,189,196.82	- 792,370.93	- 75,652,363.33	- [illegible]	190,264,728.25
0%	678,476,013.31	452,530,516.99	275,382,682.47	134,696,717.73	21,567,020.05	- 70,501,389.84	- 146,293,571.38	- 209,370,414.42	- [illegible]

En este caso podemos observar que de reducirse un 10% la inversión y un 30% el WACC, con el precio considerado, sería rentable nuestro proyecto.

Con un VAN= 4.966.194 €.

Para lograr esta reducción sería necesaria una fuerte inversión en I+D+I así como también la estabilización del sistema regulatorio y la aprobación del incentivo canario.

9. CONCLUSIONES

Habiendo estudiado los aspectos más importantes de viabilidad de los proyectos tanto en Reino Unido como en las Islas Canarias podemos obtener las siguientes conclusiones:

La retribución no es el único obstáculo a superar por la eólica offshore. Los altos costes de inversión y la falta de infraestructura específica en cuanto a logística y regulación son también agentes fundamentales. En contraposición al caso de Canarias, en Reino Unido encontramos un ejemplo de Buenas Prácticas:

A) Inversión en I+D+I: Establecimiento de centros de investigación en

tecnologías offshore y la totalidad de la cadena de montaje.

B) Inversión en Infraestructura:

- Puertos diseñados para la instalación de este tipo de tecnologías

- Desarrollo de instalación de puntos de conexión en alta mar.

C) Regulación específica:

-Retribución compatible con la inversión realizada asegurando rentabilidad del proyecto.

- Planificación estratégica de zonas de implantación de la tecnología.

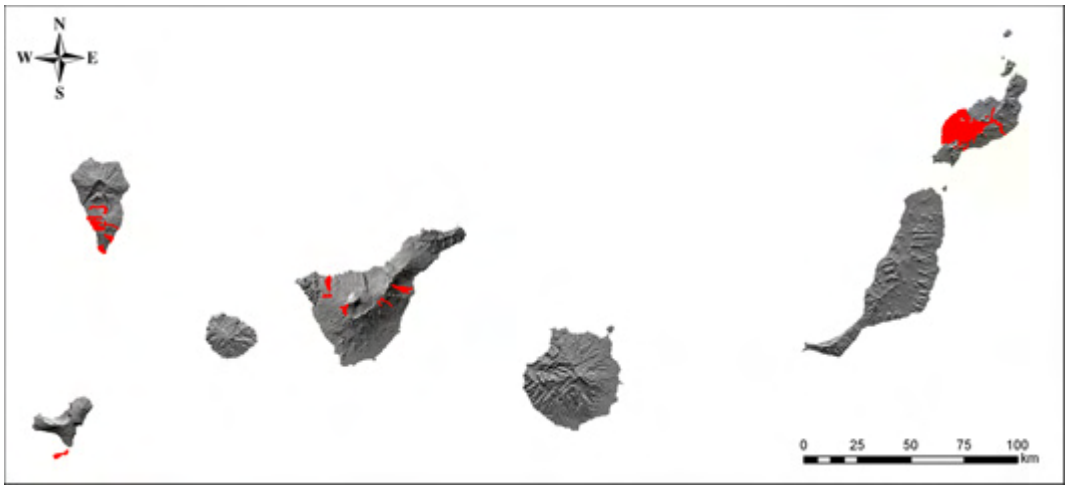
ANEXO I

Vulcanología

Como se ha explicado anteriormente, el archipiélago canario se ha formado a partir de actividad volcánica intensa hace millones de años, por lo tanto es importante tener en cuenta la actividad actual.

En España existen varias áreas volcánicas, además de la que concierne a este estudio, están La Garroxta (Girona), Cabo de Gata (Almería), Cofrentes (Valencia), las Islas Columbretes (Castellón) y Campos de Calatrava (Ciudad Real). De todas ellas, en los últimos 10000 años solo se han registrado erupciones en La Garrotxa y en las Islas Canarias, además en estas últimas ha habido erupciones en épocas históricas.

Por lo tanto es importante hacer un estudio actualizado de la actividad volcánica de nuestra área de estudio, las Islas canarias.



El Instituto Geográfico Nacional recoge y analiza constantemente esta actividad donde podemos ver en la siguiente tabla las últimas erupciones en los últimos siglos.

Erupciones Siglo XXI

Año	Denominación	Isla	Fecha (Inicio/ Final)	Duración (en días)
2011/2012	Volcán del Mar de las Calmas	El Hierro	10 Oct/ 5 marzo	147

			2012	

Erupciones Siglo XV-X

Año*	Denominación	Isla	Fecha (Inicio/ Final)	Duración (en días)
1971	V. del Teneguía	La Palma	26 Oct/18 Nov	24
1949	E. de San Juan V. de Nambroque, Duraznero y Llano del Banco	La Palma	24 Jun/30 Jul	47
1909	V. del Chinyero	Tenerife	18 Nov/27 Nov	10
1824	V. Nuevo o de Tinguatón	Lanzarote	10 Oct/24 Oct	
1824	V. Nuevo del Fuego ó del Chinero	Lanzarote	29 Sep/5 Oct	
1824	V. de Tao o del Clérigo / Duarte	Lanzarote	31 Jul/ 31 Julio	86
1798	E. Narices del Teide / V. de Chahorra	Tenerife	9 Jun/14-15 Sep	99
1730/1736	E. de Timanfaya	Lanzarote	1 Set 1730/ 16 Abr 1736	2055
1712	E. del Charco	La Palma	9 Oct/ 3 Dic	56
1706	E. de Garachico / V. de Arenas Negras	Tenerife	5 May/13 Jun	40
1704/1705	V. de Arafo	Tenerife	2 Feb/27 Marz	54
1704/1705	V. de Fasnia	Tenerife	5 Ene/ 16 Ene	12
1704/1705	V. de Sietefuentes	Tenerife	31 Dic/4 ó 5 Ene	5
1667/1678	V. de San Antonio	La Palma	17 Nov/21 Ene	66
1646	V. Martín o de Tigalate	La Palma	2 Oct/ 21 Dic	82
1585	Tehuya	La Palma	19 Mayo/10 Agosto	84
1492	E. de Colón	Sin localización documental	?	?
1430/1440	Tacande o Montaña Quemada	La Palma	?	?

Sismología

Es importante tener este punto en cuenta para nuestras estructuras, sobre todo nuestro cableado y cimentaciones. Como ya se ha mostrado anteriormente es una zona volcánica activa, pero también debido al movimiento de placas, constituye una zona sísmica.

Por lo tanto se necesita la evaluación de esta zona, y para ello se ha realizado un estudio, gracias a los sismógrafos instalados en la zona, de la actividad sísmica.

Se han tenido en cuenta 2 características principales en estos sismos, la intensidad y la magnitud.

La intensidad se trata de una escala que mide cualitativamente los efectos de un terremoto delimitando las reas con efectos similares. La intensidad se mide por el grado de daños a las construcciones realizadas por el hombre, la cantidad de perturbaciones en la superficie del suelo y el alcance de la reacción animal en la sacudida.

ESCALA DE INTENIDADES DE MERCALLI MODIFICADA

I. No es sentido. Sólo lo registran los sismógrafos.

II. Es sentido por personas que se hallan en reposo, en edificios altos o en lugares que favorecen la percepción.

III. Es sentido en el interior de las habitaciones. Los objetos colgantes se balancean. La vibración es parecida al paso de un camión ligero. Es posible estimar su duración. Puede no ser considerado como un sismo.

IV. Los objetos colgantes se balancean. Vibración, semejante al paso de camiones pesados, o se percibe una sensación como si una pelota pesada golpeara las paredes. Los carros estacionados se mecen. Las ventanas, los platos y las puertas traquetean. Los vasos tintinean. Los cacharros chocan. En el rango superior de IV las paredes y armazones de madera rechinan.

V. Es sentido fuera de las casas; puede estimarse su dirección. Las personas dormidas despiertan. Los líquidos experimentan alteraciones; algunos se derraman. Los objetos inestables y pequeños se mueven, así como las celosías y los cuadros. Los relojes de péndulo se detienen, echan a andar o cambian de velocidad.

VI. Es sentido por todos. Muchas personas se asustan y salen corriendo de sus casas. Se dificulta caminar. Las ventanas, platos y objetos de vidrio se rompen. Adornos, libros, etc., caen de los estantes. Los cuadros se desprenden de las paredes. El mobiliario se mueve o cae. Se agrieta el yeso débil y las construcciones tipo D. Suenan las campanas pequeñas (iglesias, escuela). Los árboles y los arbustos se sacuden (visiblemente) o se escucha la agitación de sus ramas y hojas.

VII. Es difícil permanecer de pie. Los automovilistas sienten cómo se agita el piso. Los objetos colgantes vibran. Se rompen los muebles. Daños a construcciones tipo D, incluyendo grietas. Las chimeneas débiles se parten al nivel del techo. Se produce caída de yeso, de ladrillos sueltos, de piedras, de tejas, de cornisas, de parapetos sin apoyo y de ornamentos arquitectónicos. Se abren algunas grietas en las construcciones tipo C. Se observan olas en los estanques; el agua se enturbia con lodo. Hay derrumbes y aludes en los bancos de arena o grava. Tañen las campanas grandes. Los canales de irrigación quedan dañados.

VIII. Se dificulta conducir un vehículo y quizá hasta se pierde el control del auto. Daños a las construcciones tipo C; colapso parcial. Algunos deterioros en las construcciones B; ninguno en las construcciones A. Caída de estuco y de algunas paredes de ladrillo. Torcedura y caída de chimeneas (casas y fábricas), monumentos, torres, tanques elevados. Las casas de armazón son movidas de sus cimientos si no están aseguradas a ellos. Se rompen las ramas de los árboles. Cambios en el flujo o la temperatura de manantiales y pozos. Grietas en terreno húmedo y en pendientes empinadas.

IX. Pánico general. Las construcciones son destruidas: las de tipo C quedan gravemente dañadas o, a veces, se caen del todo y las de tipo B quedan dañadas seriamente. Averías generales a los cimientos, y muy serias a las cisternas y presas. Las tuberías subterráneas quedan rotas. Grietas conspicuas en el terreno. En las zonas aluviales, la arena y el lodo son arrojados a las orillas, surgen las llamadas fuentes de terremoto y se abren cráteres de arena.

X. La mayor parte de las construcciones de mampostería y de armazón, así como sus cimientos son destruidos. Algunas estructuras y puentes, cuidadosamente construidos caen. Hay daños serios en presas, diques y terraplenes. Se producen grandes aludes. El agua es arrojada a la orilla de canales, ríos, lagos, etc. La arena y el lodo son desplazados horizontalmente en playas y terrenos planos. Los rieles de las vías de ferrocarril se doblan levemente.

XI. Los rieles quedan doblados considerablemente, y las tuberías subterráneas completamente fuera de servicio.

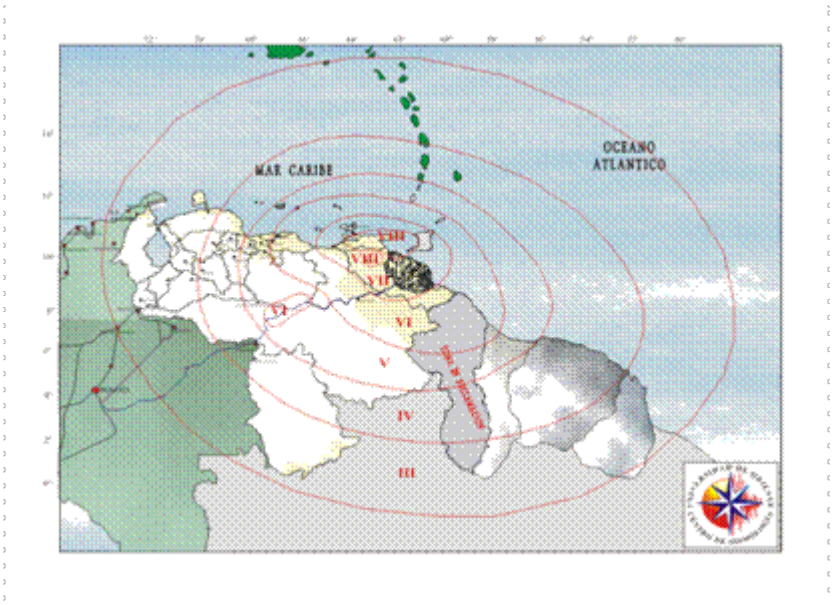
XII. La destrucción es casi total. Grandes masas de roca son desplazadas. Las líneas de nivel quedan distorsionadas. Los objetos son arrojados al aire.

Construcciones A: Trabajo, concreto y diseño buenos; reforzadas, en especial lateralmente, y amarradas usando acero, concreto, etc.; diseñadas para resistir fuerzas laterales.

Construcciones B: Trabajo y concreto buenos; reforzadas, pero no diseñadas especialmente para resistir fuerzas laterales.

Construcciones C: Trabajo y concreto ordinarios; sin debilidades extremas, como falta de amarres en las esquinas, pero tampoco reforzadas ni diseñadas contra fuerzas horizontales.

Construcciones D: Materiales débiles como adobe; concreto pobre; baja calidad de mano de obra; débiles horizontalmente.



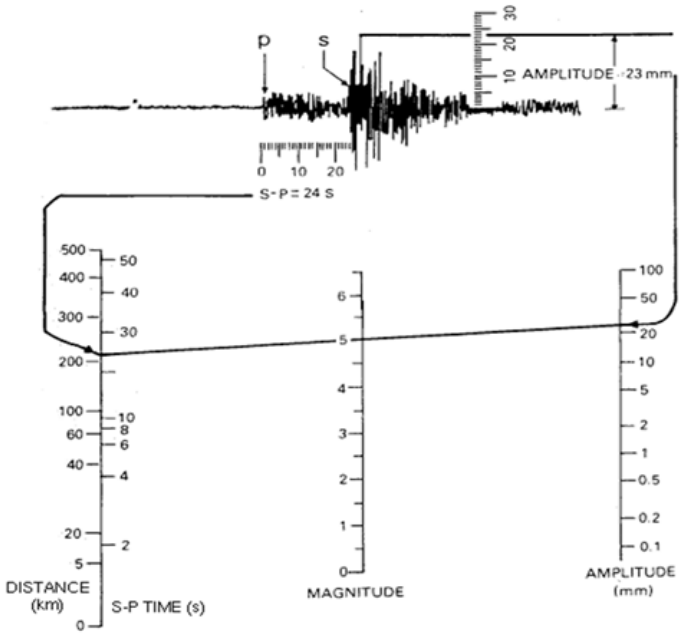
La magnitud se mide mediante la escala Ritcher, es la usada actualmente para determinar el poder destructivo de un terremoto.

La magnitud es una constante única que representa una medida cuantitativa del tamaño del sismo. Se determina midiendo la máxima amplitud de las ondas registradas en el sismograma.

Escala de Ritcher

MAGNITUD EN ESCALA RICHTER	EFECTOS DEL TERREMOTO
Menos de 3.5	Generalmente no se siente, pero es registrado.
3.5 - 5.4	A menudo se siente, pero sólo causa daños menores.
5.5 - 6.0	Ocasiona daños ligeros a edificios.
6.1 - 6.9	Puede ocasionar daños severos en áreas donde vive mucha gente
7.0 - 7.9	Terremoto mayor. Causa graves daños.
8 o más	Gran terremoto. Destrucción total a comunidades cercanas.

Ejemplo de cálculo de la magnitud Richter de un terremoto local.



Teniendo esto en cuenta, y gracias a los datos recogidos del Instituto Geográfico Nacional, se ha realizado un estudio sobre los terremotos más recientes con sus

diferentes magnitudes, en los últimos 100 años se han registrado más de 20000 terremotos en el archipiélago canario, de diferentes intensidades y magnitudes. Por lo que se ha estimado necesario hacer una criba y obtener de esta lista los sismos a partir de magnitud e intensidad 5.

Evento	Fecha	Latitud	Longitud	Prof (Km)	Inten.	Magnitud	Localización
3227	16/06/1915	28.3500	-14.1167		VII		PAJARA.FV
3317	20/05/1917	28.3500	-14.1167		VI		PAJARA.FV
3443	20/01/1920	28.7667	-17.8667		VII		MONTAÑA CUMBREVIEJA.LP
4205	07/12/1935	28.1000	-16.5500		V		GRANADILLA.TFE
4336	21/06/1937	28.3500	-16.7667		VI		GARACHICO.TFE
4372	21/02/1939	28.6667	-17.9167		V		LOS LLANOS.LP
4373	22/02/1939	28.6667	-17.9167		V		LOS LLANOS.LP
4375	06/03/1939	28.6667	-17.9167		V		LOS LLANOS.LP
4376	07/03/1939	28.6667	-17.9167		VI		LOS LLANOS.LP
4377	11/03/1939	28.6667	-17.9167		V		LOS LLANOS.LP
4379	25/03/1939	28.6667	-17.9167		VI		LOS LLANOS.LP
4383	02/04/1939	28.6667	-17.9167		V		LOS LLANOS.LP
4589	02/04/1939	28.3500	-14.1167		V		PAJARA.FV
4725	02/04/1939	28.6333	-17.8667		V		EL PASO.LP
7111	23/10/1971	28.4667	-17.8333		V		FUENCALIENTE.LP
11215	09/05/1989	27.9467	-16.2000	36	V	5.2	ATLÁNTICO-CANARIAS
12067	21/03/1991	27.4050	-18.6817	40	IV	5.1	ATLÁNTICO-CANARIAS
379492	06/05/2003	27.7244	-18.1196	22	IV	5.0	W FRONTERA.IHI
1103754	07/10/2011	27.6445	-18.0180	12	V	3.8	SW EL PINAR.IHI
11039	08/10/201	27.6516	-18.0185	12	V	4.3	SW EL PINAR.IHI

59	1						
1110303	04/11/2011	27.7699	-18.0395	22	V	4.4	NW FRONTERA.IHI
1252096	27/12/2013	27.7806	-18.2984	12	V	5.1	W FRONTERA.IHI
11215	09/05/1989	27.9467	-16.2000	36	V	5.2	ATLÁNTICO-CANARIAS
1252096	27/12/2013	27.7806	-18.2984	12	V	5.1	W FRONTERA.IHI

Se puede observar, en los últimos 100 años, que el sismo de mayor magnitud es de 5.2 siendo la intensidad máxima entre V-VI, que según estas escalas son prácticamente imperceptibles y no afectan a ningún tipo de estructura, por lo que la zona donde se va a proceder a instalar el parque offshore, en el sureste de la isla de Gran Canarias, el proyecto no se verá afectado por estos factores.

ANEXO II

Al tratarse de una instalación Offshore, el cable seleccionado deberá ser con aislamiento sólido. Es indispensable este tipo aislamiento ya que evita el riesgo de entrada de agua dentro del cable mientras se realizan las operaciones de tendido de los cables.

Para la selección del conductor se han tenido en cuenta criterios económicos y de fiabilidad. Aunque el conductor de Cobre es más caro que el de aluminio, sus propiedades de conductividad y de corrosión hacen de éste un material irremplazable en este tipo de instalaciones.

Como se mostrará en los siguientes puntos, se ha estudiado con diferentes cálculos las secciones de cada tramo dependiendo de la carga que debe soportar.

En la distribución interna de los parques, entre los aerogeneradores, se suele utilizar tensiones de entre 30-33 kV; son los valores típicos empleados en los transformadores que se necesita instalar en la base de los mismos. Se tiende con frecuencia a estos valores debido a que utilizar mayores tensiones supondría un aumento en la dimensiones de los equipos complicando la instalación misma dentro de los aerogeneradores.

Para evitar complicaciones de fondeos, se suelen usar cable tripolares. Se disponen tres conductores en tresbolillo en un mismo cable consiguiendo de esta manera mayor facilidad y rapidez en el tendido. El cable se tiende por el lecho marino hasta la subestación offshore (enterrado a 1 metro aprox.), a partir de ahí y del mismo modo, se lleva hacia la subestación a tierra donde se conecta posteriormente a red.

Los tramos estudiados en el proyecto son los siguientes:

Gran Canaria:

- Tramo 33kV,Red interna del parque
- Tramo 220kV, desde Subestación Offshore a Subestación en tierra

Gales:

- Tramo 33kV,Red interna del parque
- Tramo 132kV, desde Subestación Offshore a Subestación en tierra

Para determinar la sección del cable los criterios que de deben cumplir son los siguientes:

-*Intensidad máxima admisible en servicio permanente.* La temperatura del conductor del cable, trabajando a plena carga y en régimen permanente, no debe superar nunca la temperatura máxima admisible asignada de los materiales que se utilizan para el aislamiento del cable. En nuestro caso, por haber elegido un cable XLPE esta temperatura corresponde con un valor de 90ºC.

-*Intensidad máxima admisible en cortocircuito* durante un tiempo dado:

La temperatura del conductor del cable, que puede alcanzar en cortocircuito, durante un intervalo de tiempo pequeño (de menos de 5segundos) no debe superar nunca la temperatura máxima admisible asignada de los materiales que se utilizan para el aislamiento del cable. En nuestro caso, por haber elegido un cable XLPE esta temperatura corresponde con un valor de 250ºC.

-*Caída de tensión:* La circulación de corriente a través de los conductores, ocasiona una pérdida transportada por el cable, y una caída de tensión entre las tensiones de los extremos. Este criterio suele ser determinante cuando las líneas son de larga longitud.

Las intensidades máximas en servicio permanente o en cortocircuito dependen de la temperatura máxima que pueda soportar el material aislante del cable. Las temperaturas máximas admisibles para aislantes de tipo seco son las siguientes:

TIPO DE AISLAMIENTO SECO SERVICIO PERMANENTE CORTOCIRCUITO (t≤5s)

	Permanente	Cortocircuito
✓ Polietileno reticulado (XLPE)	90ºC	250ºC
✓ Etileno Propileno (EPR)	90ºC	250ºC
✓ Policloruro de vinilo (PVC)	70ºC	160ºC

Las propiedades del aislamiento XLPE y EPR hacen que éstos sean los más apropiados para instalaciones submarinas. Las razones principales se deben a sus excelentes propiedades eléctricas y mecánicas. Las ventajas que presentan frente a aislamiento en aceite, son que los aislamientos XLPE y EPR son dieléctricos sólidos y por esta razón no requieren mantenimiento ni supervisión de los niveles de aceite.

Generalmente no están provistos de con una funda de plomo. Por ello son más ligeros, lo que ayuda a su tendido permitiendo mayores longitudes. El aislamiento empleado para este tipo de solicitaciones (parques eólicos marinos) es XLPE, y por ello, con el que vamos a diseñar la red eléctrica de conexión.

Debido al proceso de fabricación, este tipo de aislamiento permite unos costes menores y una mayor longitud de transmisión que los LPOF y LPFF(Aislamiento en aceite). Además posee una mayor capacidad de doblado, una alta resistencia mecánica y un peso menor que otros cables, por lo que el proceso de instalación es más sencillo.

La principal ventaja de los cables de XLPE, es que se puede trasportar una corriente nominal con una temperatura de 90 ºC y soportar por un corto periodo de 3 segundos de corrientes de cortocircuito de hasta 250 ºC.

DISTRIBUCIÓN DE LA RED INTERNA DEL PARQUE 33kV

El cable que se ha escogido para esta instalación ha sido un cable de ABB. Trabajaremos a una tensión de 33kV aprovechando la capacidad del conductor utilizado para disminuir pérdidas.

En la siguiente figura se exponen las características del cable:

Submarine cables for inter-turbine connections

APPLICATION

- Medium Voltage connections between off-shore wind turbines.
- Connection between wind turbines and off-shore transformer stations.
- Medium Voltage shore connecting cable.
- Medium Voltage connections between offshore installations.

DESIGN FEATURES

Standards	IEC 60502-2 Cigré 171
Voltage	up to 36 kV
Capacity	up to 50 MVA
Conductor	Solid or stranded Cu
Insulation	Triple-extruded XLPE
Screen	Cu-wires
Armoring	Galvanised steel wires
Serving	Polyprope yarn
Optical cable:	Embedded metal enclosed up to 48 fibres

Conductor mm²	Cable dia. mm	Mass in air, kg/m	Ratings at 33kV			Losses at full load
			Seabed temp, °C	Current, A	Power, MVA	Per phase, W/m
185	107	17	10	480	27.4	32.5
			20	449	25.7	28.4
240	111	19	10	549	31.4	33.7
			20	513	29.3	29.5
300	117	22	10	611	34.9	34.9
			20	572	32.7	30.5
400	122	25	10	681	38.9	36.3
			20	637	36.4	31.7
630	138	33	10	830	47.4	39.2
			20	776	44.4	34.3
800	147	40	10	896	51.2	40.7
			20	838	47.9	35.7

Ratings are calculated for 1.0 m burial depth in sea floor with 1.0 K·m/W thermal resistivity. Ratings for other burial conditions can be obtained from ABB Power Technologies.

A continuación, se expondrán las tablas de cálculos de los parques dónde se determinan las caídas de tensión, las pérdidas por efecto Joule y las secciones de cada tramo.

En el caso de Gran Canaria tenemos los siguientes cálculos:

	Tramo	Nº SWT	Distancia (m)	Sección del cable (mm2)	Intensidad nominal (A)	R (ohm/km)	X(ohm/km)	ΔU (V)	ΔP (Watios)	%ΔU	Pérdidas en Energía (Kwh)
Circuito 1	S-07 S-06	1	875	185	78	0,159	0,133	17,31	2.539,31	0,05%	8203,24
	S-06 S-05	2	875	185	156	0,159	0,133	34,62	10.157,24	0,10%	32812,96
	S-05 S-02	3	1525	185	234	0,159	0,133	90,50	39.830,88	0,27%	128673,67
	S-04 S-03	1	875	185	78	0,159	0,133	17,31	2.539,31	0,05%	8203,24
	S-03 S-02	2	875	185	156	0,159	0,133	34,62	10.157,24	0,10%	32812,96
	S-02 S-01	6	1525	300	468	0,0796	0,12	92,27	79.761,97	0,28%	257671,04
	S-01 a ST	7	5906	400	546	0,0633	0,106	333,00	334.351,82	1,01%	1080123,56
								619,62	**479.337,77**	**1,62%**	**1548500,66**
Circuito 2	S-14 S-13	1	875	185	78	0,159	0,133	17,31	2.539,31	0,05%	8203,24
	S-13 S-10	2	1669,5	185	156	0,159	0,133	66,05	19.380,01	0,20%	62607,12
	S-12 S-11	1	875	185	78	0,159	0,133	17,31	2.539,31	0,05%	8203,24
	S-11 S-10	2	875	185	156	0,159	0,133	34,62	10.157,24	0,10%	32812,96
	S-10 S-08	5	1525	185	390	0,159	0,133	150,84	110.641,34	0,46%	357426,86
	S-09 S-08	1	875	185	78	0,159	0,133	17,31	2.539,31	0,05%	8203,24
	S-08 a ST	7	3425	300	546	0,0633	0,106	193,11	193.896,88	0,59%	626383,88
								496,55	**341.693,40**	**1,29%**	**1103840,53**
Circuito 3	S-21 S-20	1	1525	185	78	0,159	0,133	30,17	4.425,65	0,09%	14297,07
	S-20 S-19	2	875	185	156	0,159	0,133	34,62	10.157,24	0,10%	32812,96
	S-19 S-18	3	875	185	234	0,159	0,133	51,93	22.853,79	0,16%	73829,15
	S-18 S-15	4	1525	185	312	0,159	0,133	120,67	70.810,46	0,37%	228753,19
	S-17 S-16	1	875	185	78	0,159	0,133	17,31	2.539,31	0,05%	8203,24
	S-16 S-15	2	875	185	156	0,159	0,133	34,62	10.157,24	0,10%	32812,96
	S-15 a ST	7	1225	400	546	0,0633	0,106	69,07	69.349,98	0,21%	224035,11
								358,38	**190.293,66**	**0,93%**	**614743,68**
Circuito 4	S-29 S-28	1	875	185	78	0,159	0,133	17,31	2.539,31	0,05%	8203,24
	S-28 S-25	2	1525	185	156	0,159	0,133	60,34	17.702,61	0,18%	57188,30
	S-27 S-26	1	875	185	78	0,159	0,133	17,31	2.539,31	0,05%	8203,24
	S-26 S-25	2	875	185	156	0,159	0,133	34,62	10.157,24	0,10%	32812,96
	S-25 S-22	5	1525	300	390	0,0796	0,12	76,89	55.390,26	0,23%	178938,23
	S-24 S-23	1	875	185	78	0,159	0,133	17,31	2.539,31	0,05%	8203,24
	S-23 S-22	2	875	185	156	0,159	0,133	34,62	10.157,24	0,10%	32812,96

	S-22 a ST	8	1851	400	624	0,0633	0,106	119,27	136.867,57	0,36%	442150,69
								377,66	237.892,85	0,63%	768512,85
	S-34 S-30	3	1525	185	234	0,159	0,133	90,50	39.830,88	0,27%	128673,67
	S-33 S-32	1	1525	185	78	0,159	0,133	30,17	4.425,65	0,09%	14297,07
	S-32 S-31	2	875	185	156	0,159	0,133	34,62	10.157,24	0,10%	32812,96
	S-31 S-30	3	875	185	234	0,159	0,133	51,93	22.853,79	0,16%	73829,15
	S-30 a ST	7	6234	400	546	0,0633	0,106	351,49	352.920,63	1,07%	1140110,10
								610,63	442.884,74	1,42%	1430739,15
Circuito 6	S-40 S-39	1	1525	185	78	0,159	0,133	30,17	4.425,65	0,09%	14297,07
	S-39 S-38	2	875	185	156	0,159	0,133	34,62	10.157,24	0,10%	32812,96
	S-38 S-37	3	1525	185	234	0,159	0,133	90,50	39.830,88	0,27%	128673,67
	S-43 S-42	1	1525	185	78	0,159	0,133	30,17	4.425,65	0,09%	14297,07
	S-42 S-41	2	875	185	156	0,159	0,133	34,62	10.157,24	0,10%	32812,96
	S-41 S-37	3	875	185	234	0,159	0,133	51,93	22.853,79	0,16%	73829,15
	S-37 a ST	7	8006	400	546	0,0633	0,106	451,40	453.237,50	1,37%	1464183,75
								723,40	545.087,95	1,84%	1760906,63
Circuito 6	S-50 S-49	1	1525	185	78	0,159	0,133	30,17	4.425,65	0,09%	14297,07
	S-49 S-48	2	875	185	156	0,159	0,133	34,62	10.157,24	0,10%	32812,96
	S-48 S-45	3	1525	185	234	0,159	0,133	90,50	39.830,88	0,27%	128673,67
	S-47 S-46	1	1525	185	78	0,159	0,133	30,17	4.425,65	0,09%	14297,07
	S-46 S-45	2	875	185	156	0,159	0,133	34,62	10.157,24	0,10%	32812,96
	S-45 S-44	6	875	300	468	0,0796	0,12	52,94	45.765,06	0,16%	147844,04
	S-44 a ST	7	10377	400	546	0,0633	0,106	585,08	587.465,09	1,77%	1897805,99
								723,40	545.087,95	2,24%	1760906,63
								AP Total	442.884,74	Perd. kWh	8988150,14
										Perd. MWh	8988,15

Podemos observar que la mayor caída de tensión se produce en el último circuito 2,24% ya que es el circuito más alejado de la subestación offshore. Independientemente de ser un valor alto, cumple con la normativa establecida ya que no supera el 3% de caída de tensión.

Las pérdidas por efecto Joule están en torno a los 9000MWh y suponen el 80% de las pérdidas totales.

En el caso de Gales, tenemos los siguientes cálculos:

	Tramo	Nº SWT	Distancia (m	Sección del cable (mm2)	Intensidad nominal (A)	R (ohm/km)	X(ohm/km)	ΔU (V)	ΔP (Watios)	%ΔU	Pérdidas en Energía (Kwh)
Circuito 1	S-05 S-02	1	875	185	78	0,159	0,133	17,31	2.539,31	0,05%	6591,74
	S-04 S-03	2	875	185	156	0,159	0,133	34,62	10.157,24	0,10%	26366,97
	S-03 S-02	3	875	185	234	0,159	0,133	51,93	22.853,79	0,16%	59325,68
	S-02 S-01	4	875	185	312	0,159	0,133	69,24	40.628,95	0,21%	105467,88
	S-01 a ST	5	3345	300	390	0,0796	0,12	168,65	121.495,35	0,51%	315387,35
								341,75	197.674,64	1,04%	513139,63
Circuito 2	S-05 S-02	1	875	185	78	0,159	0,133	17,31	2.539,31	0,05%	6591,74
	S-04 S-03	2	875	185	156	0,159	0,133	34,62	10.157,24	0,10%	26366,97
	S-03 S-02	3	875	185	234	0,159	0,133	51,93	22.853,79	0,16%	59325,68
	S-02 S-01	4	875	185	312	0,159	0,133	69,24	40.628,95	0,21%	105467,88
	S-01 a ST	5	1725	300	390	0,0796	0,12	86,97	62.654,55	0,26%	162643,70
								260,07	138.833,84	0,79%	360395,98
Circuito 3	S-05 S-02	1	875	185	78	0,159	0,133	17,31	2.539,31	0,05%	6591,74
	S-04 S-03	2	875	185	156	0,159	0,133	34,62	10.157,24	0,10%	26366,97
	S-03 S-02	3	875	185	234	0,159	0,133	51,93	22.853,79	0,16%	59325,68
	S-02 S-01	4	875	185	312	0,159	0,133	69,24	40.628,95	0,21%	105467,88
	S-01 a ST	5	858	300	390	0,0796	0,12	43,26	31.163,83	0,13%	80897,56
								216,35	107.343,11	0,66%	278649,84
Circuito 4	S-05 S-02	1	875	185	78	0,159	0,133	17,31	2.539,31	0,05%	6591,74
	S-04 S-03	2	875	185	156	0,159	0,133	34,62	10.157,24	0,10%	26366,97
	S-03 S-02	3	875	185	234	0,159	0,133	51,93	22.853,79	0,16%	59325,68
	S-02 S-01	4	875	185	312	0,159	0,133	69,24	40.628,95	0,21%	105467,88
	S-01 a ST	5	1725	300	390	0,0796	0,12	86,97	62.654,55	0,26%	162643,70
								260,07	138.833,84	0,79%	360395,98
Circuito 5	S-05 S-02	1	875	185	78	0,159	0,133	17,31	2.539,31	0,05%	6591,74
	S-04 S-03	2	875	185	156	0,159	0,133	34,62	10.157,24	0,10%	26366,97
	S-03 S-02	3	875	185	234	0,159	0,133	51,93	22.853,79	0,16%	59325,68
	S-02 S-01	4	875	185	312	0,159	0,133	69,24	40.628,95	0,21%	105467,88
	S-01 a ST	5	3345	300	390	0,0796	0,12	168,65	121.495,35	0,51%	315387,35
								341,75	197.674,64	1,04%	513139,63

Circuito 6	S-05 S-02	1	875	185	78	0,159	0,133	17,31	2.539,31	0,05%	6591,74
	S-04 S-03	2	875	185	156	0,159	0,133	34,62	10.157,24	0,10%	26366,97
	S-03 S-02	3	875	185	234	0,159	0,133	51,93	22.853,79	0,16%	59325,68
	S-02 S-01	4	875	185	312	0,159	0,133	69,24	40.628,95	0,21%	105467,88
	S-01 a ST	5	3345	300	390	0,0796	0,12	168,65	121.495,35	0,51%	315387,35
								341,75	197.674,64	1,04%	513139,63
Circuito 7	S-05 S-02	1	875	185	78	0,159	0,133	17,31	2.539,31	0,05%	6591,74
	S-04 S-03	2	875	185	156	0,159	0,133	34,62	10.157,24	0,10%	26366,97
	S-03 S-02	3	875	185	234	0,159	0,133	51,93	22.853,79	0,16%	59325,68
	S-02 S-01	4	875	185	312	0,159	0,133	69,24	40.628,95	0,21%	105467,88
	S-01 a ST	5	1725	300	390	0,0796	0,12	86,97	62.654,55	0,26%	162643,70
								260,07	138.833,84	0,79%	360395,98
Circuito 8	S-05 S-02	1	875	185	78	0,159	0,133	17,31	2.539,31	0,05%	6591,74
	S-04 S-03	2	875	185	156	0,159	0,133	34,62	10.157,24	0,10%	26366,97
	S-03 S-02	3	875	185	234	0,159	0,133	51,93	22.853,79	0,16%	59325,68
	S-02 S-01	4	875	185	312	0,159	0,133	69,24	40.628,95	0,21%	105467,88
	S-01 a ST	5	858	300	390	0,0796	0,12	43,26	31.163,83	0,13%	80897,56
								216,35	107.343,11	0,66%	278649,84
Circuito 9	S-05 S-02	1	875	185	78	0,159	0,133	17,31	2.539,31	0,05%	6591,74
	S-04 S-03	2	875	185	156	0,159	0,133	34,62	10.157,24	0,10%	26366,97
	S-03 S-02	3	875	185	234	0,159	0,133	51,93	22.853,79	0,16%	59325,68
	S-02 S-01	4	875	185	312	0,159	0,133	69,24	40.628,95	0,21%	105467,88
	S-01 a ST	5	1725	300	390	0,0796	0,12	86,97	62.654,55	0,26%	162643,70
								260,07	138.833,84	0,79%	360395,98
Circuito 10	S-05 S-02	1	875	185	78	0,159	0,133	17,31	2.539,31	0,05%	6591,74
	S-04 S-03	2	875	185	156	0,159	0,133	34,62	10.157,24	0,10%	26366,97
	S-03 S-02	3	875	185	234	0,159	0,133	51,93	22.853,79	0,16%	59325,68
	S-02 S-01	4	875	185	312	0,159	0,133	69,24	40.628,95	0,21%	105467,88
	S-01 a ST	5	3345	300	390	0,0796	0,12	168,65	121.495,35	0,51%	315387,35
								341,75	197.674,64	1,04%	513139,63
								AP Total	22.853,79	Perd. kWh	4051442,16
										Perd. MWh	4051,44

A diferencia del otro parque, la mayor caída de tensión que se produce es de 1,04% ya que los circuitos se encuentras más cerca de la subestación offshore y con menos número de aerogeneradores en cada circuito. Como es menor, cumple con la normativa establecida ya que no supera el 3% de caída de tensión.

Las pérdidas por efecto Joule están en torno a los 4000MWh y suponen el 80% de las pérdidas totales.

TRAMO DE ALTA TENSIÓN (Subestación Offshore- Subestación a Tierra)

Como se ha explicado anteriormente en el proyecto, el tramo de alta tensión no es la misma en los dos parques ya que depende directamente de la subestación en tierra de donde se evacúa la generación eléctrica hacia consumo.

Este tramo consta de dos partes diferenciadas como son las parte submarina y la parte subterránea. En este caso, en Gran Canaria, se evacúa la generación a 220kV en un línea trifásica. En la siguiente figura se muestra los cálculos de la subestación Offshore hasta la subestación en tierra:

Tramo	Nº SWT	Distancia (m)	Sección del cable (mm2)	Intensidad nominal (A)	R (ohm/km)	X(ohm/km)	ΔU (V)	ΔP (Watios)	%ΔU
ST-Submarina	50	7500	3x1x500	584	0,049	0,14	361,03	375.851,25	1,09%
ST-Subterránea	50	650	800	584	0,062	0,173	39,52	41.215,80	0,12%
							AP Total	417.067,05	1,21%
									Perd. kWh
									Perd. MWh

En este caso, en Gales, se evacúa la generación a 132kV en dos líneas trifásicas. A diferencia de antes, al ser menor la tensión de evacuación obliga a la instalación a disponer de dos líneas para soportar las caídas de tensión y las altas pérdidas por el alto amperaje. En la siguiente figura se muestra los cálculos de la subestación Offshore hasta la subestación en tierra:

Tramo	Nº SWT	Distancia (m)	Sección del cable (mm2)	Intensidad nominal (A)	R (ohm/km)	X(ohm/km)	ΔU (V)	ΔP (Watios)	%ΔU	Pérdidas en Energía (Kwh)
ST-Submarina	50	21000	2x630	487	0,039	0,2	709,68	1.163.349,12	2,15%	3019914,71
ST-Subterráne	50	2000	2x630	487	0,062	0,173	101,34	176.135,89	0,31%	457227,62
							AP Total	1.339.485,00	2,46%	3477142,33
									Perd. kWh	3477142,33
									Perd. MWh	3477,14

Para tener en cuenta todas las pérdidas del cableado, se suman las pérdidas de la red interna y las pertenecientes al tramo de alta tensión. A continuación se muestran las pérdidas totales que se componen por las pérdidas totales del cableado más las pérdidas en el transformador en vacío y en carga:

GRAN CANARIA

Cable MWh:	10335,49
Carga MWh:	1550,64
Vacío MWh:	482,676
TOTAL MWh:	12368,80

GALES

Total cab. MWh:	7528,58
Carga MWh:	1246,02
Vacío MWh:	482,676
TOTAL MWh:	9257,28

Las pérdidas en carga del transformardor se calculan con las horas equivalentes en pérdidas y las pérdidas en vacío con las horas anuales por la disponibilidad.

GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO

Escuela de organización industrial

RESUMEN EJECUTIVO

ANÁLISIS COMPARATIVO DE IMPLEMENTACIÓN DE UN PARQUE EÓLICO MARINO EN REINO UNIDO Y EN CANARIAS

Antonio Díaz-Hellín Benito

Alberto de la Riva Álvarez

Agustina Peralta

Óscar Déniz Pérez

INDICE

1. OBJETIVO 2
1.1. Antecedentes 2
1.2. Análisis situacional 2
2. MARCO REGULATORIO 3
2.1. Reino Unido 3
2.2. España 3
3. EMPLAZAMIENTOS 3
3.1. GALES 3
3.1.1. Análisis del recurso 4
3.1.2. Batimetría 4
3.1.3. Logística 4
3.1.4. Conexión a red 5
3.1.5. Estudio de Impacto ambiental 6
3.2. ISLAS CANARIAS (GRAN CANARIA) 7
3.2.1. Análisis del recurso 7
3.2.2. Batimetría 7
3.2.3. Logística 8
3.2.4. Conexión a red 9
3.2.5. Estudio de Impacto ambiental 9
4. SELECCIÓN DE LA TURBINA 10
5. CIMENTACIONES 11
6. SISTEMA ELÉCTRICO 14
7. ANÁLISIS ECONÓMICO 16
7.1. Características Generales 16
7.2. Condiciones de contorno 16
7.3. Inversión 17
7.4. Cálculo de la tasa de descuento 17
7.5. Flujo de Fondos 18
7.5.1. Gales 18
7.5.2. Islas Canarias 18

1. OBJETIVO

El objetivo del proyecto consiste en un estudio comparativo entre un parque Offshore en Canarias y en Reino Unido.

Se procede al estudio de dos mercados completamente diferentes, por una parte tenemos Reino Unido, que se ha afianzado como el top mundial de offshore, y por otro el mercado español donde no existe tecnología de la misma.

Se instalarán dos parques con la misma potencia de 200MW con 50 aerogeneradores Siemens de 4MW.

1.1. Antecedentes

Se ha escogido el archipiélago Canario debido a que es una de las zonas con mejor recurso eólico de España. Debido a la distancia con la Península presenta características de un sistema aislado donde se genera energía, principalmente, a partir de fuel-oil. En consecuencia, se asumen sobrecostes que se reparte a través de la factura eléctrica entre toda España, por lo que la inclusión de energías de origen renovable conseguirá disminuirlos.

Se ha optado por la tecnología eólica offshore debido a las características de las islas que poseen terreno limitado, numerosas reservas naturales y que su principal actividad económica es el turismo por lo que el impacto visual es un factor determinante a tener en cuenta. Además, es en el mar donde existe mayor potencial de generación disponible dado las mayores velocidades de los vientos y menor turbulencia.

Paralelamente, se diseñará un parque en Reino Unido con el fin de realizar un estudio comparativo a nivel técnico-económico que permitirá utilizarlo como *benchmark* ya que es en este país donde este tipo de tecnología se encuentra más desarrollada.

1.2. Análisis situacional

Se ha realizado un estudio de emplazamientos con el objetivo de seleccionar una ubicación óptima para su aprovechamiento de recurso y la optimización de las operaciones. Se ha tenido en cuenta tanto la demanda energética como los sistemas de transporte para asegurar que el 100% de nuestra energía pueda ser evacuada.

2. MARCO REGULATORIO

2.1. Reino Unido

Reino Unido ha elaborado un sistema en base a rondas de licenciamiento (*Rounds)* donde el estado, de acuerdo a su planificación estratégica, propone zonas cuya viabilidad técnica y económica ya ha sido estudiada. Con este procedimiento se consigue garantizar que las mejores zonas van a ser explotadas y asegurar la correcta evolución del mercado.

El régimen retributivo para las energías renovables contempla dos fuentes de ingreso: la venta de electricidad al mercado y la venta de certificados verdes llamados *ROC*s (*Renewable Obligation Certificate*). Estos últimos se comercializan en un sistema paralelo cuyos clientes son las distribuidoras, a las cuales el gobierno ha impuesto que de su venta energética el 25% debe ser renovable. Los *ROC*s son repartidos por OFGEM (*Office of gas and Electricity Market*) a las generadoras renovables dependiendo de la tecnología utilizada.

2.2. España

Hasta el 2009, el modelo retributivo se basaba en el RD 661/2007 que dotaba a las energías renovables de unas primas sobre el precio del *pool*. El gobierno garantizaba este régimen por un período de 20 años.

La falta de un sistema de control sumado al modelo de retributivo desencadenó en un aumento del déficit de tarifa; por lo que se redactó un nuevo Real Decreto del sector eléctrico, el RD 9/2013, donde se modifica el sistema de retribución. El nuevo modelo está basado en un parque tipo con inversiones de referencia para cada una de las diferentes tecnologías, estableciendo una “rentabilidad razonable” de aproximadamente 7,5%.

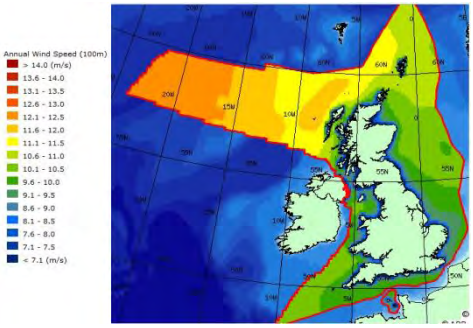
3. EMPLAZAMIENTOS

3.1. GALES

El emplazamiento se ha escogido teniendo en cuenta la conexión a la red, para asegurar la evacuación total de nuestra energía, las áreas ambientales restringidas, la profundidad y el recurso.

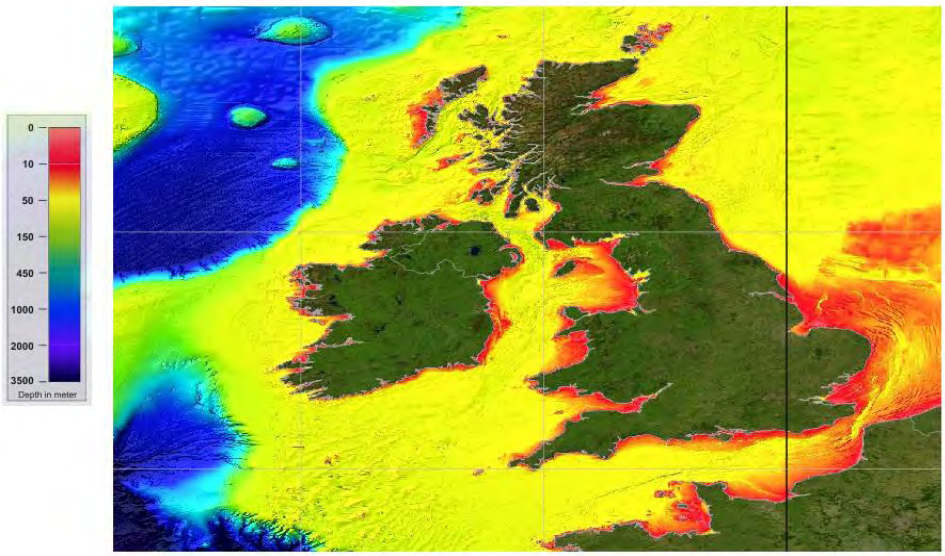
3.1.1. Análisis del recurso

Reino Unido se caracteriza por tener buen recurso eólico. En la zona de Gales los vientos son de componente nordeste con una velocidad media de 7.5m/s.



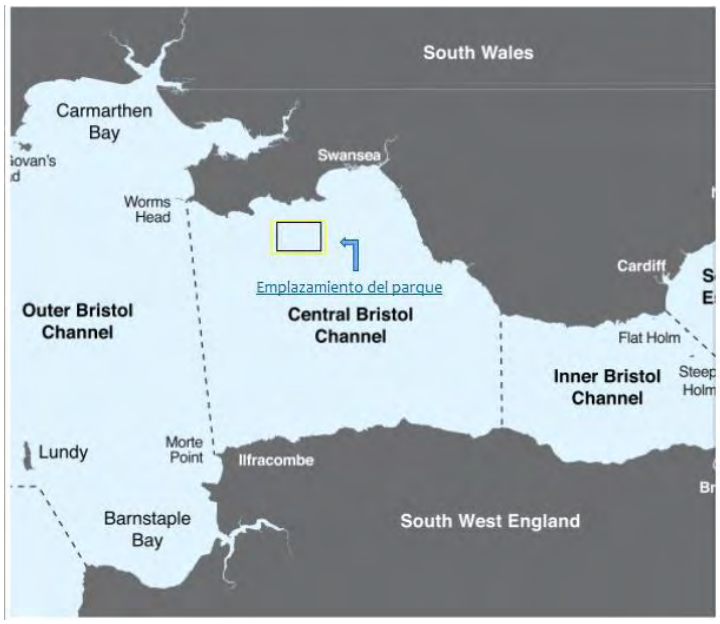
3.1.2. Batimetría

Este factor es determinante para la selección del emplazamiento. Reino Unido presenta la ventaja de que su profundidad no suele superar los 50 metros en las zonas cercanas a la costa. En nuestra zona la profundidad se mantiene en torno a 20 metros, siendo ventajoso para reducir el coste de inversión debido a la complejidad técnica que puede suponer acometer mayores profundidades y distancias a la costa.



3.1.3. Logística

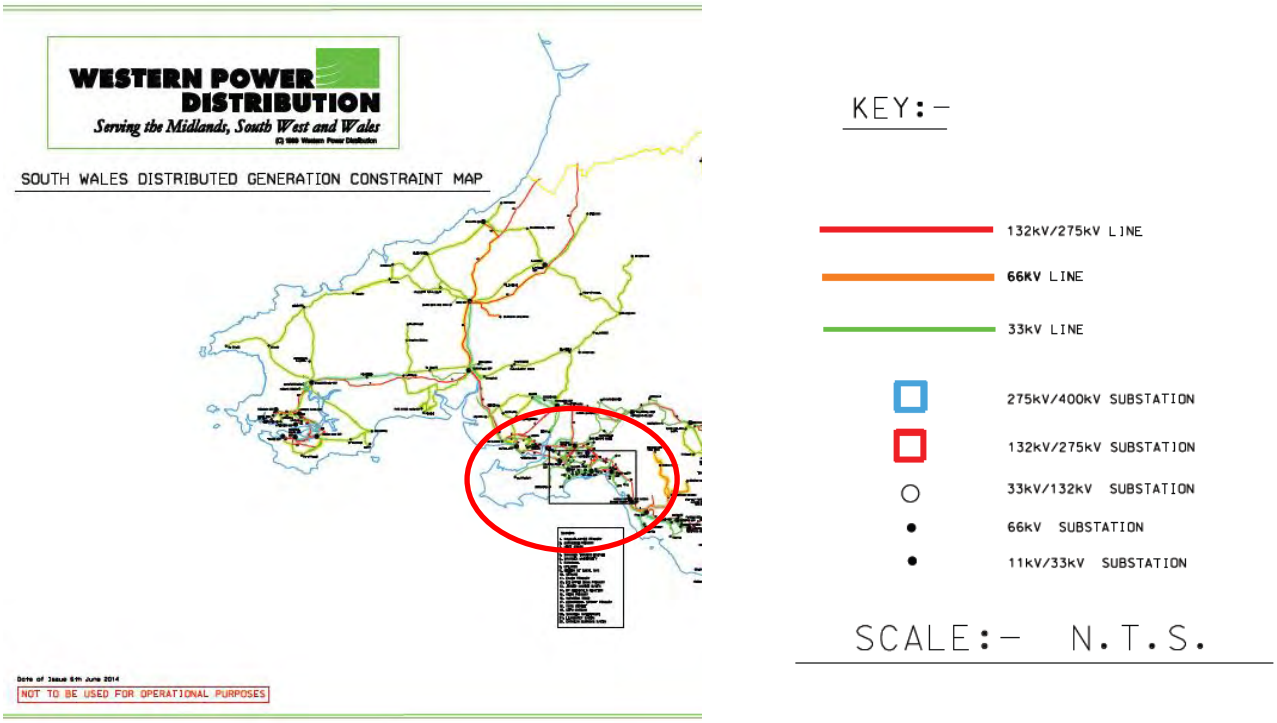
La ubicación final está cerca de la costa de Gales, a unos 20 km al suroeste de Swansea. Para poder realizar la instalación emplearemos el puerto de Bristol como base de operaciones ya que es el puerto que permite barcos de mayor calado. Los componentes serán enviados desde Dinamarca ya que la fábrica de Siemens se sitúa en este país.

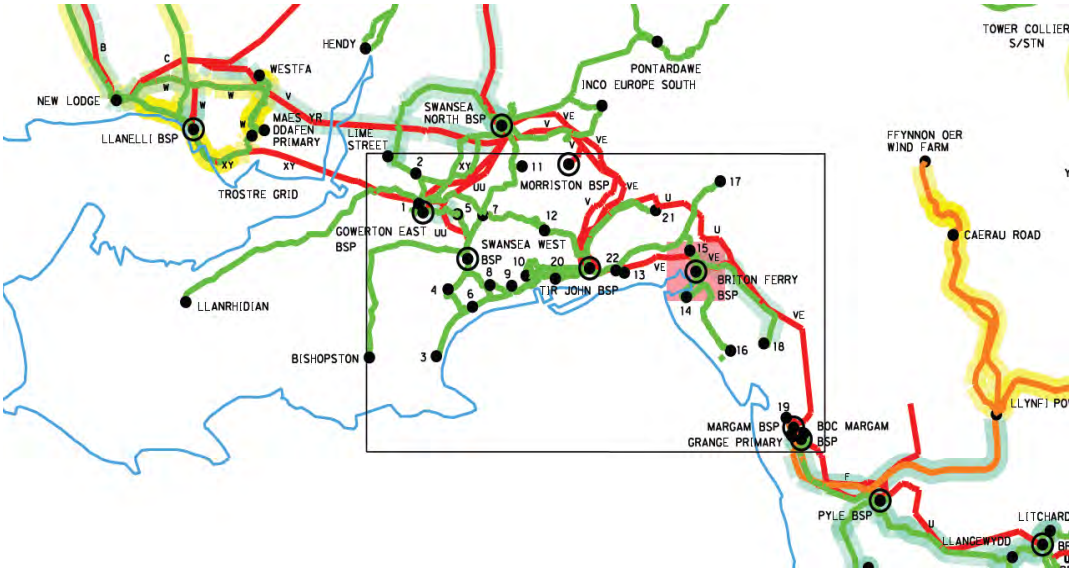


3.1.4. Conexión a red

En la zona establecida existen varias subestaciones donde evacuar la energía. Debido a la potencia instalada del parque debemos optar por la más cercana a la costa, para evitar grandes caídas de tensión, y de la que salen líneas de transporte de mayor tensión, en nuestro caso 132kV.

Por lo que la subestación elegida ha sido la de Swansea, como se muestra en la siguiente figura:

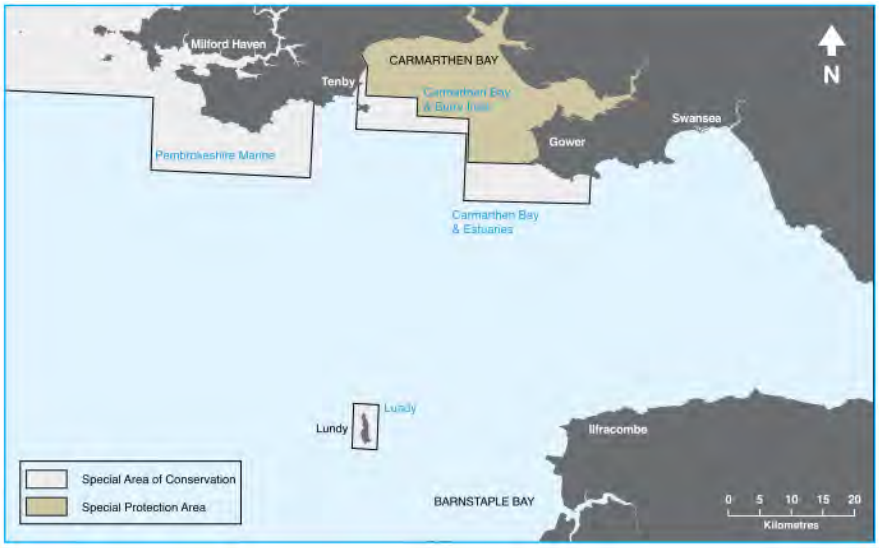




3.1.5. Estudio de Impacto ambiental

Tras determinar la zona en la que se situaran nuestras instalaciones, se procedió a la realización de un estudio de impacto ambiental con el fin de realizar una correcta construcción de los parques, de forma que afecten lo mínimo posible tanto al medio ambiente como a la sociedad.

La zona en la que se establecerá nuestro futuro proyecto se caracteriza por tener una alta importancia ambiental, destacando las áreas de conservación que se pueden encontrar en la zona y la alta variedad de avifauna que habita en la misma. Además, la alta concienciación ambiental de los ciudadanos hace que este sea un punto importante ya que el impacto paisajístico que se podría causar es una de las principales fuentes de rechazo a este tipo de proyectos.



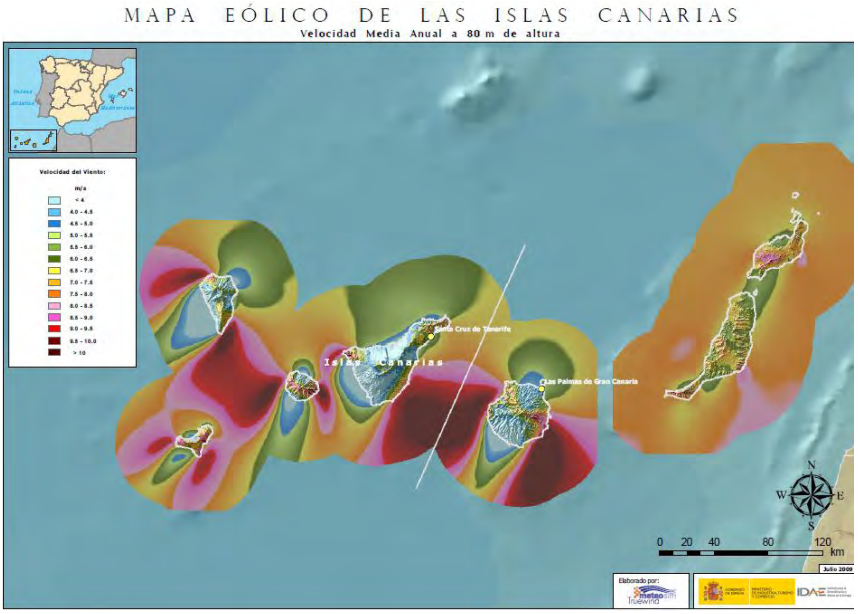
Teniendo en cuenta estos factores, no se ha detectado ningún impacto incompatible pero si impactos severos durante la fase de construcción por lo que se establecieron medidas compensatorias, correctivas y preventivas que son fundamentales para reducir la magnitud y el efecto del impacto en el medio.

3.2. ISLAS CANARIAS (GRAN CANARIA)

3.2.1. Análisis del recurso

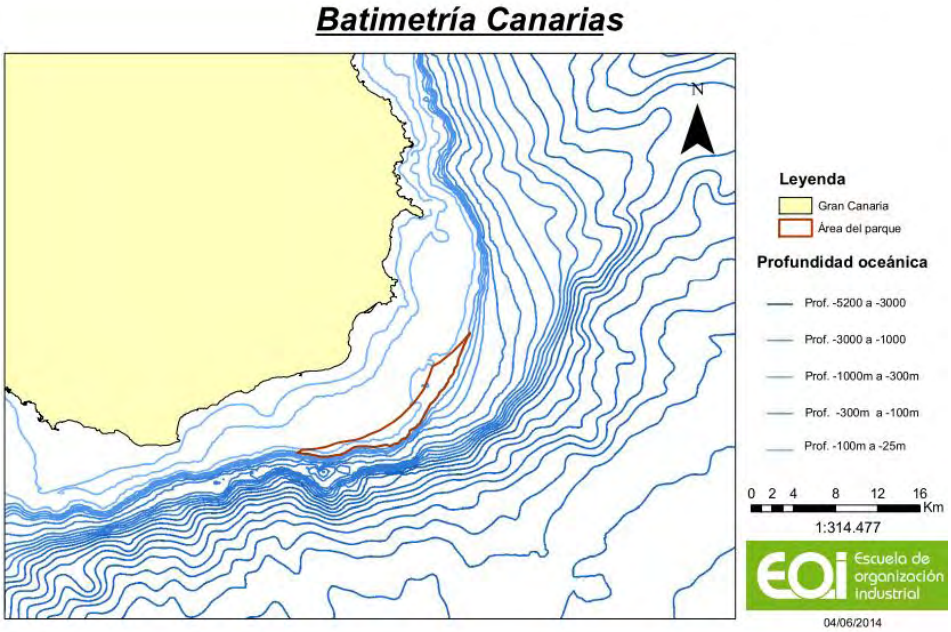
El archipiélago Canario dispone de uno de los mejores recursos eólicos de toda España.

Como podemos observar, las zonas con mejor recurso se encuentran entre Gran Canaria y Tenerife, y en el sureste de Gran Canaria.



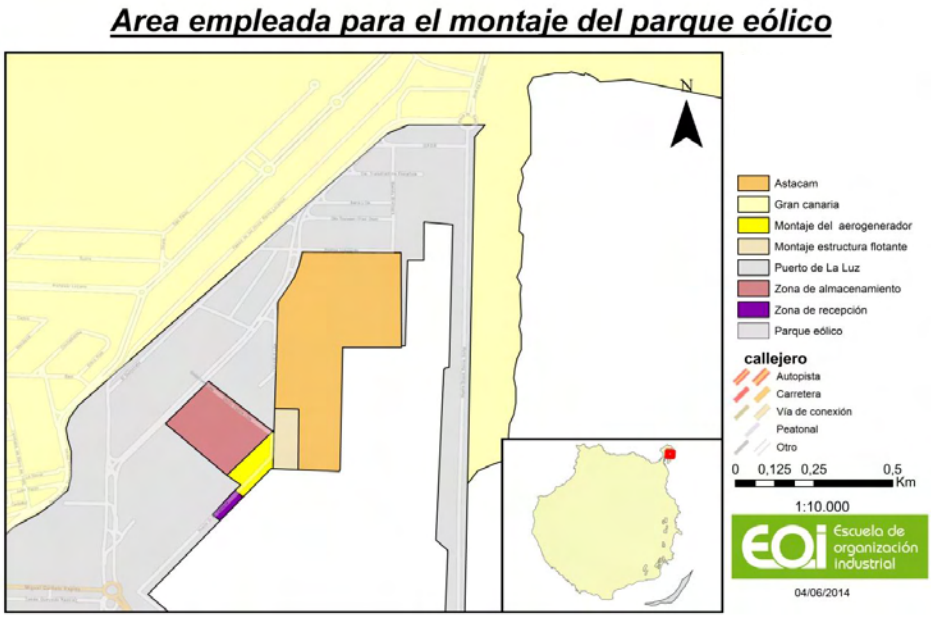
3.2.2. Batimetría

Las islas son oceánicas de origen volcánico, por lo que a cortas distancias aumenta drásticamente la profundidad, siendo el principal inconveniente del proyecto.



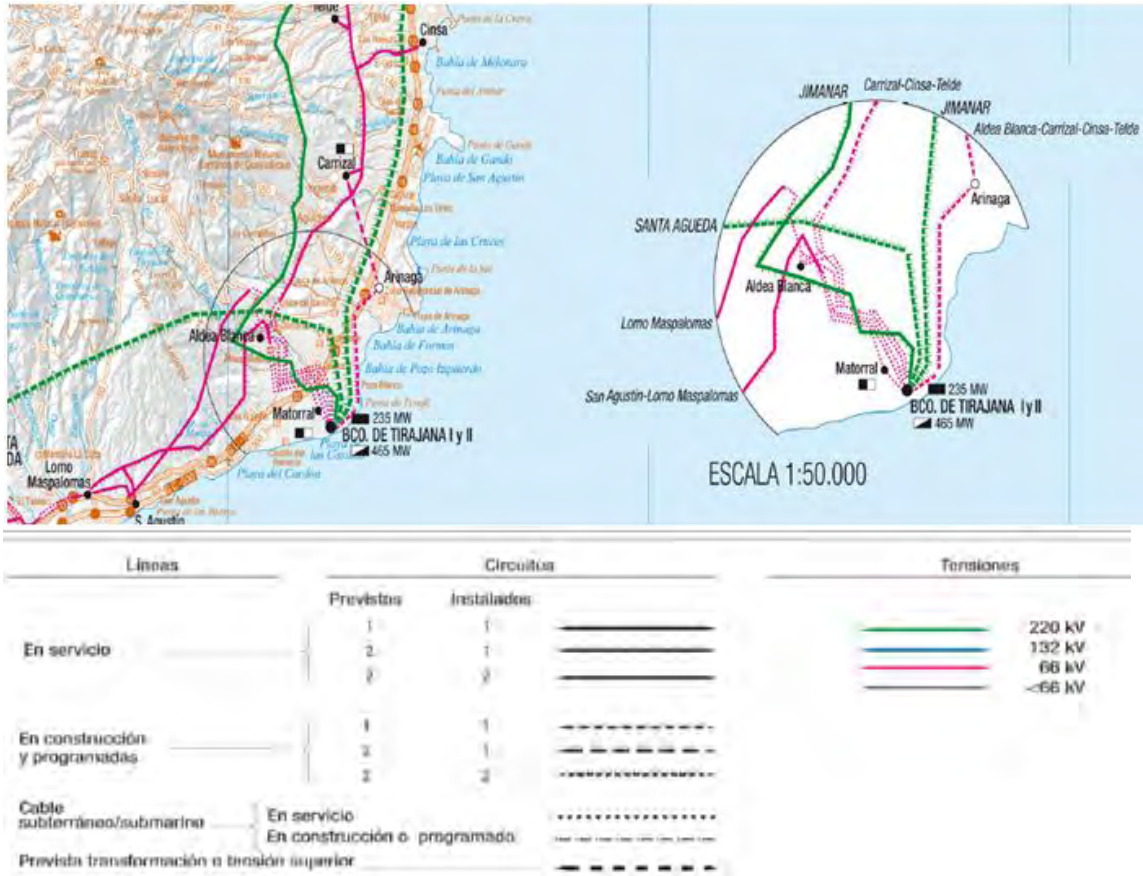
3.2.3. Logística

El parque eólico se situará a 7.5 Km de la costa sudeste de Arinaga. Para la construcción de los aerogeneradores emplearemos el puerto de la Luz debido a que es el único puerto viable para la construcción de nuestra infraestructura. Para ello, emplearemos las instalaciones que posee ASTICAN con el fin de poder construir la estructura flotante, botarla y consecutivamente en un área adyacente del puerto, instalar el aerogenerador en esta estructura. Para el almacenamiento de los materiales emplearemos un área adyacente disponible por CONTENEMAR a fin de poder crear una cadena de montaje y hacer el proceso más eficiente reduciendo costes.



3.2.4. Conexión a red

El punto de conexión se encuentra situado en la costa Sureste de la isla de Gran Canaria, más concretamente en el Barranco de Tirajana, donde se encuentran próximos un ciclo combinado y una central térmica como podemos ver en la figura.

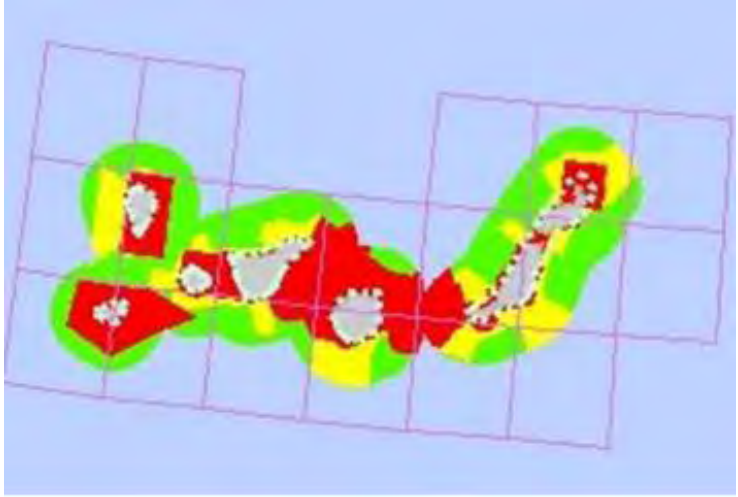


Además de tener una línea ya existente de 220kV, existen dos más programadas de la misma tensión y varias de 66kV. Estas características hacen de este punto de conexión el idóneo para nuestro parque.

3.2.5. Estudio de Impacto ambiental

Las Palmas de Gran Canaria se caracteriza por poseer una riqueza y variedad de ecosistemas y formaciones geológicas que determinan la importancia, singularidad y especial fragilidad de las Islas, por lo que el estudio de impacto ambiental será crítico para mantener esta riqueza y diversidad que hace que estas islas sean un centro de importancia medioambiental. Por otro lado, la concienciación social en las islas es alta, por lo que la receptividad a este tipo de proyectos deberá ser altamente considerada, al igual que el efecto económico que podría conllevar esta clase de proyecto en la isla y de su influencia en el turismo local, que es una de las fuentes fundamentales de ingreso en el área.

Tras la realización del estudio se obtuvo como conclusión que el proyecto es viable debido a que no se genera ningún impacto incompatible en el medio pero, al igual que en Reino Unido, podemos encontrar impactos severos durante la fase de construcción. Esto es debido a la alta presencia de endemismos (especies presentes solo en determinadas áreas) que son la fuente de riqueza y diversidad biológica de las islas, siendo esta parte la más afectadas por el proyecto, por lo que será necesario el establecimiento de diversas medidas para disminuir la magnitud de los impactos en los agentes más afectados.

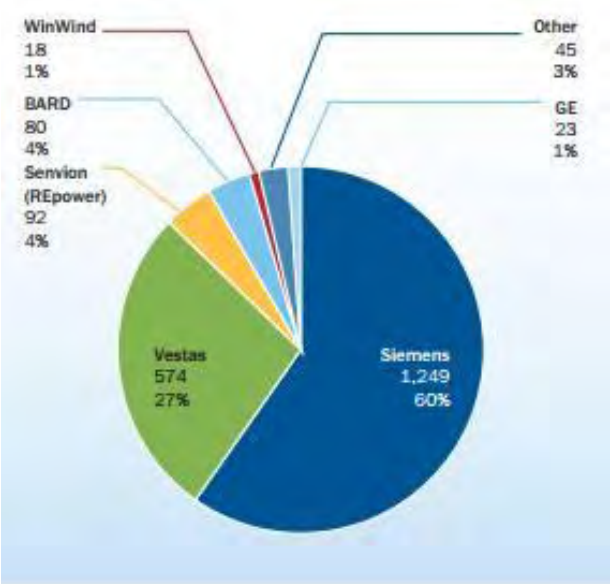


4. SELECCIÓN DE LA TURBINA

Se ha comparado una máquina de Vestas de 3MW y una de Siemens de 4MW. La selección se debe a que son las más implementadas en el sector de la eólica marina.

Para ello hemos diseñado en el WAsP el parque con el layout óptimo para cada máquina. A continuación, se calculó la producción y las pérdidas .

Observamos en el siguiente gráfico que tanto la producción, horas netas y pérdidas por estela son más favorables en Siemens.



VESTAS V90

Parameter	Total	Average	Minimum	Maximum
Net AEP [GWh]	733,382	10,946	10,153	12,548
Gross AEP [GWh]	844,460	12,604	12,589	12,611
Wake loss [%]	13,15	-	-	-

SIEMENS SWT-130

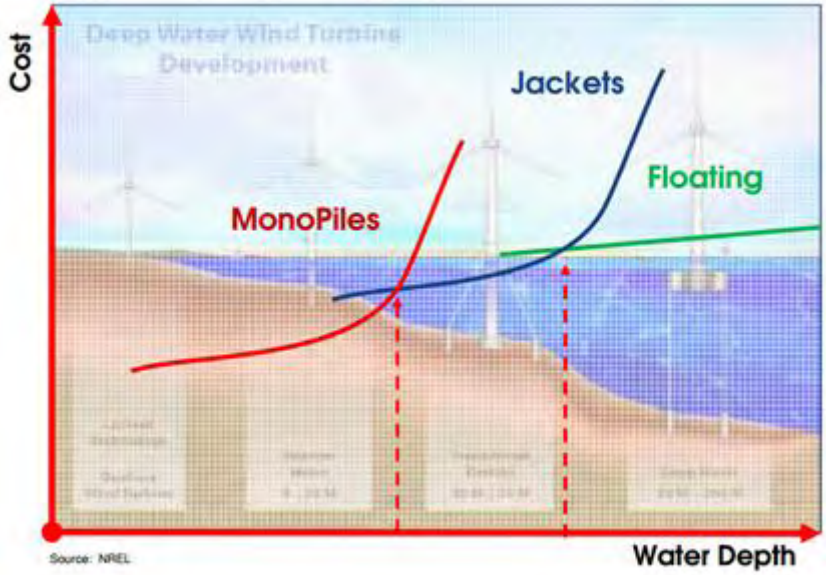
Parameter	Total	Average	Minimum	Maximum
Net AEP [GWh]	821,089	16,422	15,186	18,406
Gross AEP [GWh]	923,126	18,463	18,426	18,478
Wake loss [%]	11,05	-	-	-

Además del inconveniente que supone la instalación de un mayor número de aerogeneradores Vestas por tener menor potencia, la experiencia de la máquina de SIEMENS pone de manifiesto los problemas que ha tenido Vestas para mantenerse en el mercado Offshore.

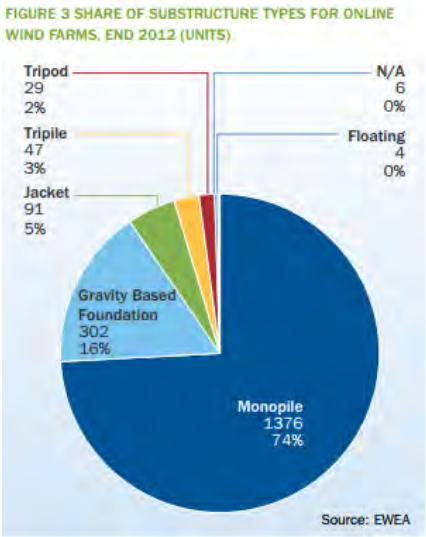
5. CIMENTACIONES

Las cimentaciones son una parte clave de la instalación debido a su importancia técnica y a su fuerte influencia en el costo total de los proyectos de parques eólicos offshore, fluctuando entre 15% y 40%. Su función es la de transmitir los diferentes esfuerzos generados tanto por el aerogenerador como por el lecho marino para garantizar la estabilidad del conjunto, proveer el acceso seguro por mar y asegurar la correcta fijación de los cables de potencia.

La profundidad y el tipo de suelo determinan el tipo de estructura necesaria. En nuestro caso debemos analizar cada uno de los emplazamientos para seleccionar la cimentación que corresponde para cada caso.



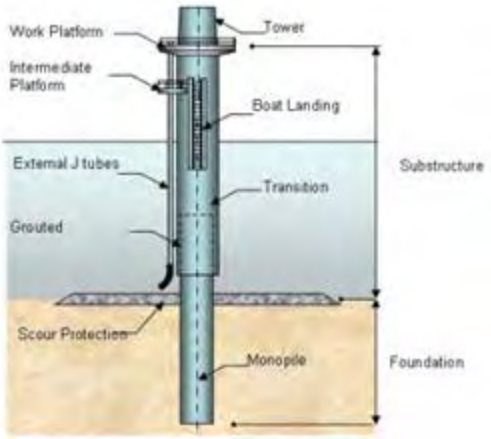
El tipo de cimentación más utilizada en la actualidad es el monopilote debido a su bajo costo de producción, almacenamiento e instalación.



Es necesario efectuar una serie de estudios para conocer en detalle las condiciones a las que será sometida la cimentación y poder calcular las cargas que tendrá que soportar la estructura y el tipo más adecuado:

- Estudio batimétrico
- Estudio geofísico
- Estudio geotécnico
- Estudio de dinámica de sedimentos
- Estudio oceanográfico Estudio del recurso eólico (cargas)

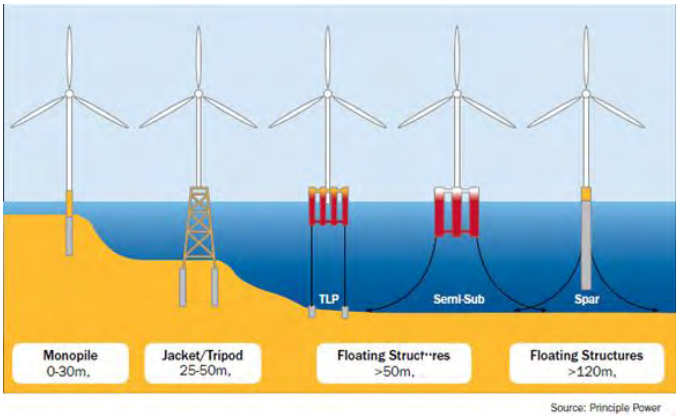
En el parque de Gales, nos encontramos con profundidades menores a 30m y tipo de suelo apto para instalar monopilotes.



Debido a que la composición del suelo no presenta estratos duros, para hincar el monopilote en el suelo marino se utilizará un martillo neumático o hidráulico bajo el método de "dirigido".

En las Islas Canarias la situación es diferente. Las profundidades con las que nos encontramos son entre 75 y 100m teniendo una única opción posible: estructuras flotantes.

Actualmente, la mayoría de los desarrollos de tecnologías flotantes se encuentran en alguna de las siguientes categorías: *Spars*, *tension leg platforms* (TLP) y sistemas semisumergibles (*Semi-subs*).



En nuestro caso no es aplicable utilizar la tecnología Spar ya que no sobrepasamos los 120m de profundidad. Las TLP presentan mayores costos y complejidad de instalación debido al sistema de anclaje. Es por eso que optamos por la estructura *Windfloat*, que pertenece a la categoría *Semi-Sub* la cual, actualmente, presentan condiciones más favorables por su diseño más similar al de un barco y mayor cantidad de unidades instaladas en el mundo.

La fundación se compone de 3 columnas unidas entre sí por una estructura de celosía que soporta un aerogenerador situado sobre un vértice.

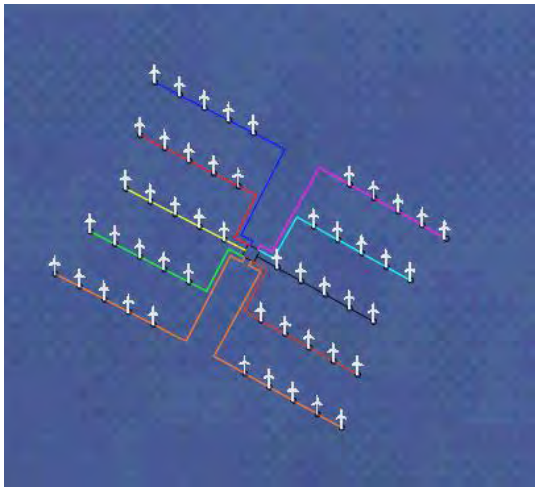
Así mismo contará con un amarre por medio de líneas de catenaria (cable-cadena): Un total de 4 líneas, 2 situadas en la columna que soporta el aerogenerador y una en cada una de las otras 2 columnas.

Una de las ventajas que presenta este tipo de cimentaciones es que es posible remolcar la plataforma después de haber finalizado el "precommissioning" lo que minimiza riesgos y costes realizando el montaje en el puerto.

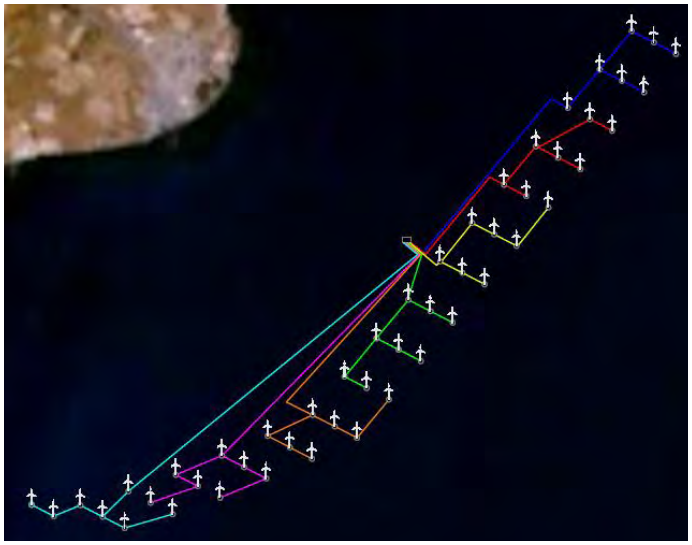
La desventaja que presenta es la mayor inversión necesaria ya que no se encuentra totalmente desarrollada la tecnología por lo que los costes de inversión son sustancialmente más elevados que otros tipos de cimentaciones.

6. SISTEMA ELÉCTRICO

El parque contará con 50 aerogeneradores de 4MW instalados de forma que tanto las caídas de tensión y las pérdidas sean aceptables. En el caso de Gales se ha hecho la siguiente distribución:

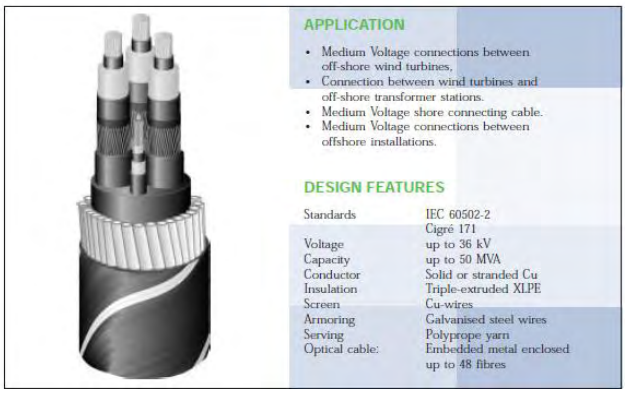


A diferencia del emplazamiento en Gales, en Gran Canaria sólo existe una posible configuración en la zona elegida debido a la batimetría de las islas. En la siguiente figura observamos la configuración:



En el cableado de la red interna de ambos parques, se ha utilizado un cable submarino de ABB. Para disminuir pérdidas por efecto Joule, aprovechando que el cable soporta hasta una tensión de 36kV, trabajaremos a una tensión de 33kV.

Submarine cables for inter-turbine connections



APPLICATION

- Medium Voltage connections between off-shore wind turbines,
- Connection between wind turbines and off-shore transformer stations.
- Medium Voltage shore connecting cable.
- Medium Voltage connections between offshore installations.

DESIGN FEATURES

Standards	IEC 60502-2 Cigré 171
Voltage	up to 36 kV
Capacity	up to 50 MVA
Conductor	Solid or stranded Cu
Insulation	Triple-extruded XLPE
Screen	Cu-wires
Armoring	Galvanised steel wires
Serving	Polyprope yarn
Optical cable:	Embedded metal enclosed up to 48 fibres

DESIGN FEATURES

Standards	IEC 60502-2 Cigré 171
Voltage	up to 36 kV
Capacity	up to 50 MVA
Conductor	Solid or stranded Cu
Insulation	Triple-extruded XLPE
Screen	Cu-wires
Armoring	Galvanised steel wires
Serving	Polyprope yarn
Optical cable:	Embedded metal enclosed up to 48 fibres

Se aumentará tensión en la subestación Offshore propia del parque a una tensión de 132kV en el caso de Gales. Este nivel de tensión se ha escogido debido a que la subestación en tierra, como hemos comentado anteriormente, evacúa en líneas de 132kV.

Las celdas de MT estarán dimensionadas para la tensión de trabajo de **33 KV** e intensidades máximas de 1.000 A, pero como la limitante de los cables es de 630 mm2 (***830A***), las mismas trabajaran como máximo en los circuitos de 5 aerogeneradores a plena capacidad hasta **388.8A.**

En el caso de Gran Canaria se aumentará la tensión en la subestación Offshore propia del parque a una tensión de 220kV. Este nivel de tensión se ha escogido debido a que la subestación en tierra, como hemos comentado anteriormente, evacúa en líneas de 220kV.

Las celdas de MT estarán dimensionadas para la tensión de trabajo de **33 KV** e intensidades máximas de 1.000 A, pero como la limitante de los cables es de 630 mm2 (***830A***), las mismas trabajaran como máximo en los circuitos de 8 aerogeneradores a plena capacidad hasta **622A.**

La subestación Offshore tanto para Gran Canaria como para Gales contará con dos transformadores de 120MW (133 MVA) que acogerán la mitad de aerogeneradores cada uno. Se empleará el uso de barra partida con el objetivo de no depender de un solo transformador, y que en caso de fallo de uno de ellos, se pueda seguir evacuando energía a la red.

Como podemos comprobar, la potencia aparente del transformador es superior a la instalada aguas abajo, por lo que en caso de la falta se pueda evacuar algo más de la mitad del parque.

Ambos transformadores se encuentran compensados en cuanto a energía evacuada ya que tenemos 25 aerogeneradores generando como máximo 100MWh (111 MVA, lo que colocamos como hemos citado anteriormente, transformadores de 120MVA).

La frecuencia vendrá corregida a la de la Red , 50Hz, desde los aerogeneradores.

7. ANÁLISIS ECONÓMICO

A continuación, analizaremos la viabilidad económica de nuestros dos emplazamientos identificando las principales diferencias:

7.1. Características Generales

	Islas Canarias	Gales
Capacidad nominal	200MW	
Cantidad de Máquinas	50	
Producción Anual Neta*	774,839.67 Gwh	630,564 Gwh
Horas Equivalentes	3,874	3,153

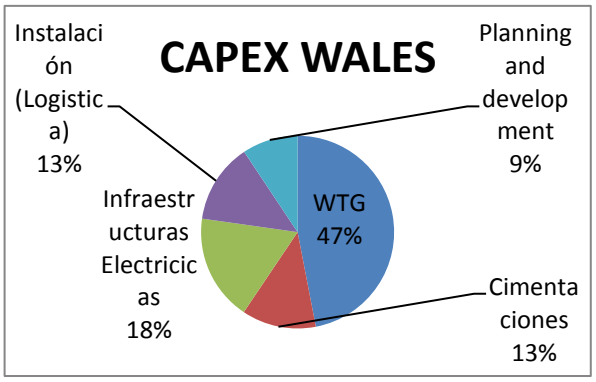
7.2. Condiciones de contorno

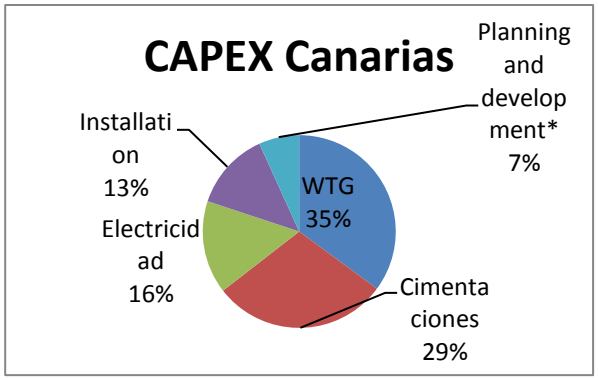
- Tendremos en cuenta los marcos regulatorios correspondientes a cada país y en la caso de las Islas Canarias plantearemos diferentes escenarios dada la incertidumbre presente en el mercado.
- Los aerogeneradores presentan el mismo coste pero difieren en los costes de instalación y de su cimentación.

7.3. Inversión

CAPEX GALES	
	Coste total
WTG	384.907.692,31
Cimentaciones	102.097.902,10
Infraestructuras Electricicas	146.000.000,00
Instalación (Logistica)	110.000.000,00
Planning and development	28.571.428,57
Estudios previos	48.000.000,00
Total	819.577.022,98

CAPEX CANARIAS	
	Coste total
WTG	384.907.692,31
Cimentaciones	322.500.000,00
Infraestructuras Electricicas	171.000.000,00
Instalación (Logistica)	144.000.000,00
Planning and development	39.900.000,00
Estudios previos	34.500.000,00
Total	1.096.807.692,31





Como se observa en los gráficos, las cimentaciones en las Islas Canarias tienen un mayor peso debido al menor desarrollo de la tecnología flotante mientras que se reduce el peso de las turbinas. El coste medio por MW es ampliamente superior en el caso de Canarias debido a la mayor complejidad de las cimentaciones.

7.4. Cálculo de la tasa de descuento

Al tratarse de dos situaciones totalmente diferentes, las tasas que se utilizarán para descontar en cada uno de los emplazamientos variará considerablemente.

Se utilizó el método **CAPM** para obtener los costos de capital.

$$t = rf + \beta\,(rM - rf) + rp$$

Donde:

Rf= Tasa libre de riesgo (tasa del bono a 10 años de Alemania)

β=Factor dado por el desarrollo de la industria en la zona.

(rM-rf)= Prima de riesgo del mercado

Rp= Riesgo País

T RU	T Canarias
6,864%	13,604%

La diferencia es notable debido a la madurez del mercado británico y al reciente cambio de legislación en materia de renovables en España lo que lo convierte en un mercado de mayor riesgo.

7.5. Flujo de Fondos

7.5.1. Gales

Para calcular los ingresos por ventas, se consideró una media del precio de la electricidad así como también de los Certificados RO.

Para calcular el OPEX, nos basamos en estudios realizados por la EWEA que tiene en cuenta la totalidad de los parques ya instalados ya que al contar con tanta experiencia en el mercado es posible estimar con mayor exactitud los costes por MW instalado.

Se ha considerado una vida útil de 20 años ya que es lo estipulado por la legislación y un peso contributivo del 20% (*Corporate Tax*) teniendo en cuenta las exenciones impositivas garantizadas a los generadores renovables.

Con estas consideraciones, calculamos el VAN y el TIR del proyecto

VAN	$197.605.481,45
TIR	9,22%

Por lo que, según nuestros cálculos, el proyecto sería rentable.

7.5.2. Islas Canarias

La situación en este caso, varía radicalmente. El cálculo de los ingresos por ventas se dificulta ya que no existe una legislación *ad hoc* para Eólica Offshore. En consecuencia se plantearon diferentes escenarios:

1) Retribución según el Real Decreto 9/2013
2) Retribución con "futura" prima de Canarias
3) Condiciones necesarias para la factibilidad del proyecto

Para calcular el OPEX, nos basamos en los estudios realizados por la EWEA teniendo en cuenta que no existen parques ya instalados en Canarias por lo que puede existir variaciones al extrapolar a la realidad.

Se ha considerado una vida útil de 20 años ya que es lo estipulado por la legislación y un peso contributivo del 30%.

1) Retribución según RD 9/2013

VAN	-$809.631.769,94
TIR	-0,23%

Con este resultado vemos claramente que la legislación es incompatible con la tecnología offshore y que es inviable hacer un proyecto de estas características en España de mantenerse ésta regulación.

2) Retribución con "futura" prima de Canarias

VAN	-$498.403.010,11
TIR	6,21%

Para fomentar el emplazamiento de energías renovables en las Islas Canarias y disminuir los costes de generación se ha hablado de imponer una prima exclusiva para Islas Canarias. Aún contemplando esta posibilidad notamos que sigue sin ser viable la instalación del proyecto. Esto es así debido a que no está pensado para tecnologías offshore y que sólo busca solucionar las bajas retribuciones y no los costes de inversión ni el riesgo del mercado.

3) Condiciones necesarias para la factibilidad del proyecto

Como se ha visto antes, la retribución no es el único obstáculo a superar por la eólica offshore. Los altos costes de inversión y la falta de infraestructura específica en cuanto a logística y regulación son también agentes fundamentales. En contraposición al caso de Canarias, en Reino Unido encontramos un ejemplo de Buenas Prácticas:

A) Inversión en I+D+I : Establecimiento de centros de investigación en tecnologías offshore y la totalidad de la cadena de montaje.

B) Inversión en Infraestructura:
- Puertos diseñados para la instalación de este tipo de tecnologías
- Desarrollo de instalación de puntos de conexión en alta mar.

C) Regulación específica:
-Retribución compatible con la inversión realizada asegurando rentabilidad del proyecto.
- Planificación estratégica de zonas de implantación de la tecnología.