

13 de julio de 2022

Evaluación De Los Efectos Del Cambio
Climático: Concesión Bar Atxarre-Laida



21/07/2022

Enviado Costas:

Índice general

1	1. Introducción
2	2. Objeto
3	3. Descripción del ámbito de estudio
5	4. Clima general
9	5. El cambio climático
12	6. Clima marítimo actual
12	6.1. Nivel del mar
12	6.1.1. Datos históricos de mareógrafos
14	6.1.2. Tendencia actual
16	6.2. Oleaje
17	6.2.1. Altura de ola
17	6.2.1.1. Régimen medio
22	6.2.1.2. Régimen extremo
25	6.2.2. Dirección del oleaje
25	6.2.2.1. Régimen medio
26	6.2.2.2. Régimen extremo
29	7. Efectos del cambio climático en el clima marítimo
29	7.0.1. Estrategia de adaptación al cambio climático de la costa española
30	7.0.2. Artículos y estudios específicos
31	7.0.3. Proyecto Kostaægoki

8. Conclusiones 33

8.1. Previsiones futuras en relación al nivel del mar 33

8.2. Previsiones futuras en relación al oleaje 35

8.3. Medidas de adaptación 37

1. Introducción

En el marco de la resolución de concesión otorgada al Ayuntamiento de Ibarangelu por parte de la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y el Mar para la ocupación de 285 m² de dominio público marítimo-terrestre para la legalización de las obras comprendidas en el "Proyecto de rehabilitación de edificio en la playa de Laida, término municipal de Ibarangelu (Bizkaia)", dicha Dirección General solicita que con anterioridad a la finalización del plazo inicial de vigencia de la concesión, el Ayuntamiento de Ibarangelu deberá entregar el estudio sobre la evaluación de los efectos del cambio climático exigido en el Artículo 92 del Reglamento General de Costas ¹:

Artículo 92. Contenido de la evaluación de los efectos del cambio climático.

1. La evaluación de los efectos del cambio climático incluirá la consideración de la subida del nivel medio del mar, la modificación de las direcciones de oleaje, los incrementos de altura de ola, la modificación de la duración de temporales y en general todas aquellas modificaciones de las dinámicas costeras actuantes en la zona, en los siguientes periodos de tiempo:

a) En caso de proyectos cuya finalidad sea la obtención de una concesión, el plazo de solvitud de la concesión, incluidas las posibles prórrogas.
b) En caso de obras de protección del litoral, puertos y similares, un mínimo de 50 años desde la fecha de solvitud.
2. Se deberán considerar las medidas de adaptación que se definan en la estrategia para la adaptación de la costa a los efectos del cambio climático, establecida en la disposición adicional octava de la Ley 2/2013, de 29 de mayo.

¹ Real Decreto 876/2014, de 10 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento General de Costas

2. Objeto

Por lo tanto, el objeto del presente documento es el de analizar los posibles efectos del cambio climático en el entorno del Bar Atxarre situado en la zona de la playa de Laida, término municipal de Ibarraingelu (Bizkaia). Para ello, se tendrá en cuenta el contenido exigido en el mencionado Art. 92 del Reglamento General de Costas.

En cuanto al período de tiempo considerado, teniendo en cuenta que el otorgamiento de la concesión por parte de Costas al Ayuntamiento de Ibarraingelu tuvo lugar en el año 2019, y que de acuerdo al Art. 135 del Reglamento General de Costas, el plazo por el que se otorga la concesión es de cinco años, prorrogables hasta un máximo total de treinta años, en el presente estudio se va a considerar como año horizonte el 2050.

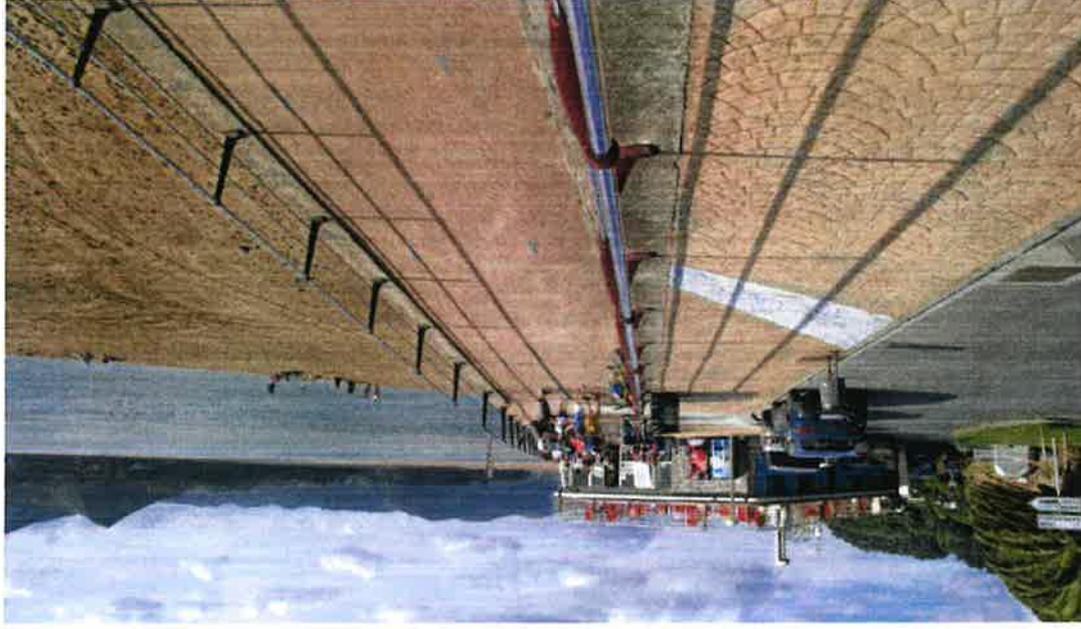


Figura 2.1: Vista general del ámbito de estudio y rampa de acceso a la playa

3. Descripción del ámbito de estudio

El entorno del Bar Atxarre, objeto de la concesión de ocupación de parte del dominio público marítimo terrestre, se sitúa en el entorno de la playa de Laida (t.m. de Ibarangelu). Esta playa forma parte de la desembocadura del río Oka en el Mar Cantábrico, dentro de la Reserva de la Biosfera de Urdabai.

Esta desembocadura es una zona de dinámica sedimentaria estuarina muy activa, debido a la coexistencia de la acción del oleaje, las corrientes de marea y el viento, a pesar de lo cual, la zona presenta una serie de elementos sedimentarios que se mantienen de una manera pseudoestable a lo largo del tiempo².

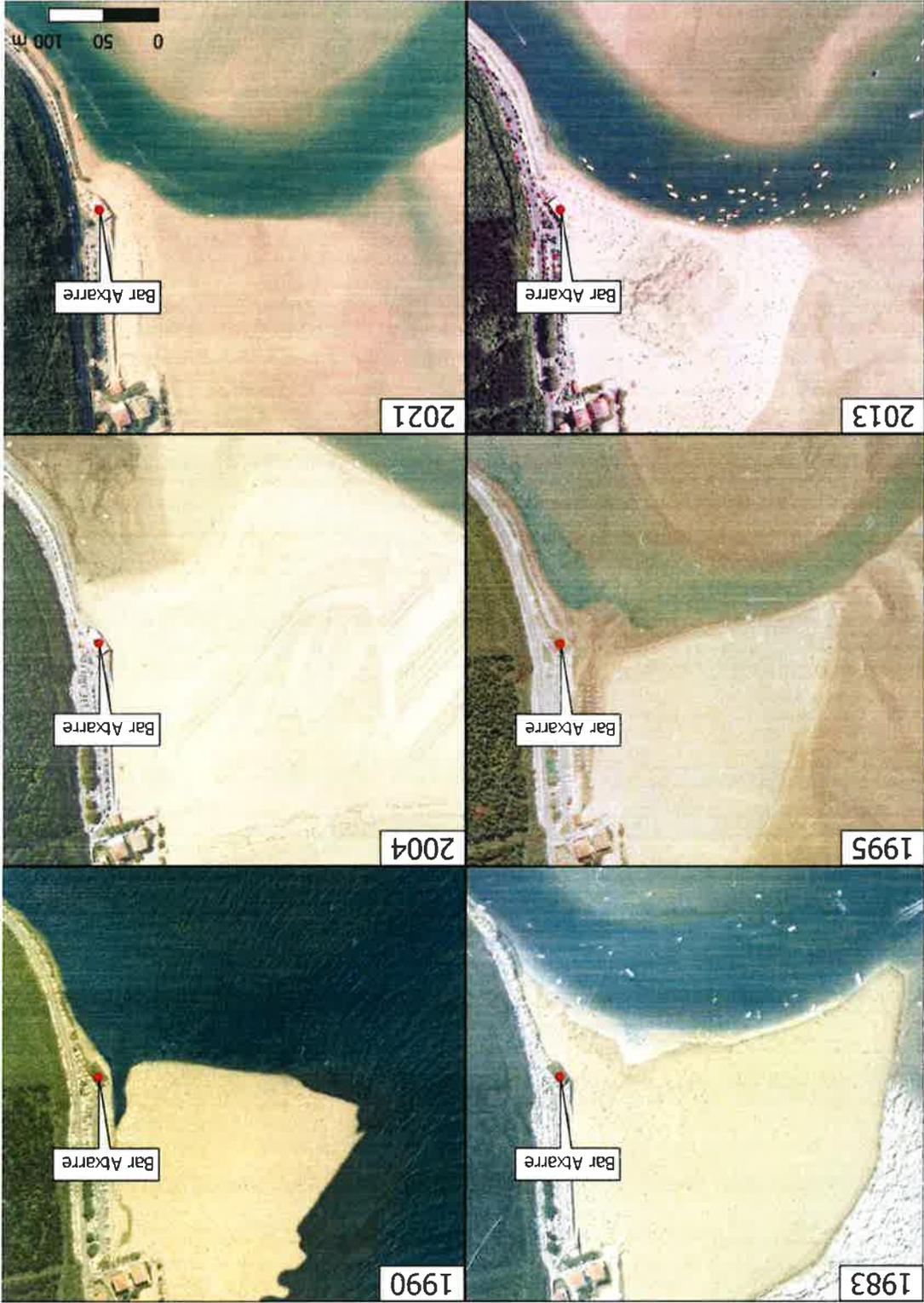
El ámbito que nos ocupa se sitúa concretamente en el entorno de la playa intermareal de dicha desembocadura, afeanzada en el margen Este de la bocana y vinculada a la acción conjunta del oleaje y las corrientes de marea en sus zonas sube intermareales y del viento en su zona supramareal³.

En la Figura 3.1 se muestra la variabilidad experimentada en el ámbito del presente estudio a lo largo de las últimas décadas. En ella se evidencia que el entorno del Bar Atxarre se encuentra separado de la influencia directa del oleaje del Mar Cantábrico, estando fundamentalmente bajo la influencia de la erosión y aportes de material del delta de flujo del río Oka. El oleaje tiene lugar fundamentalmente en la zona denominada Delta de Reñujo (barra de desembocadura del estuario) y en la bocana, fundamentalmente a la altura del núcleo urbano de Mundakaka (al oeste del ámbito en estudio).

También destaca en esta zona la influencia de un pequeño arroyo o escorrentía que hasta su canalización en 1995, solía generar algunos episodios de erosión de parte de la playa supramareal, justamente al oeste del Bar Atxerre (ver año 1990 en la Figura 3.1).

²Cearreta, Monge-Ganzuzas e Iriarte 2006.
³Ibid.

Figura 3.1: Evolución del ámbito de estudio a lo largo de los últimos años. Fuente: Gobierno Vasco



4. Clima general

El Proyecto se ubica en una región de Euskadi que presenta un tipo de clima mesotérmico, moderado en cuanto a las temperaturas, y muy lluvioso. Se denomina clima templado húmedo sin estación seca, o clima atlántico. En este clima el océano Atlántico ejerce una influencia notoria. Las masas de aire, cuyas temperaturas se han suavizado al contacto con las templadas aguas oceánicas, llegan a la costa y hacen que las oscilaciones térmicas entre la noche y el día, o entre el verano y el invierno, sean poco acusadas. El factor orográfico explica la gran cantidad de lluvias de toda la vertiente atlántica del País Vasco, entre 1.200 y más de 2.000 mm de precipitación media anual.

En cuanto a las temperaturas es de destacar una cierta moderación, que se expresa fundamentalmente en la suavidad de los inviernos. De esta forma, a pesar de que los veranos son también suaves, las temperaturas medias anuales registran en la costa los valores más altos de Euskal Herria, unos 14°C. Aunque los veranos sean frescos, son posibles, sin embargo, episodios cortos de fuerte calor, con subidas de temperatura de hasta 40°C, especialmente durante el verano.

La Agencia Vasca de Meteorología dispone de una red de estaciones distribuidas por la comunidad autónoma. En este caso, la estación meteorológica más cercana al ámbito del Proyecto es la de Almirik, en el término municipal de Bermoco, situada a algo más de cuatro kilómetros hacia el noreste.

Analizados los datos de la última década (período 01-01-2010 al 31-12-2021) para dicha estación meteorológica, se ha construido un detallado climograma (de Walter H. & Lieth H; Figura 4.1), en el que se observa que la temperatura media anual en la zona es de 15,3°C, con una precipitación media anual acumulada de 1.308 mm, sin período seco en verano.

Conforme a los datos de esta estación meteorológica, los vientos de la zona presentan un claro dominio del sur y del oeste (Figura 4.2) aunque en verano ganan importancia los vientos del norte y del noreste (Figura 4.3). En cuanto a la velocidad de dichos vientos, un análisis de frecuencias o histograma de los valores de velocidad muestra que mayormente, ésta oscila entre 1.44 y 4.23 m/s, con una media de 3,0 m/s y una mediana de 2,53 m/s para el conjunto de los datos analizados (Figura 4.4).

Figura 4.1: Climograma de Walter H. & Lieth H. para la estación de Almitke (2010-2021). Elaboración propia. Datos: Euskalmet - Gobierno Vasco (2010-2021)

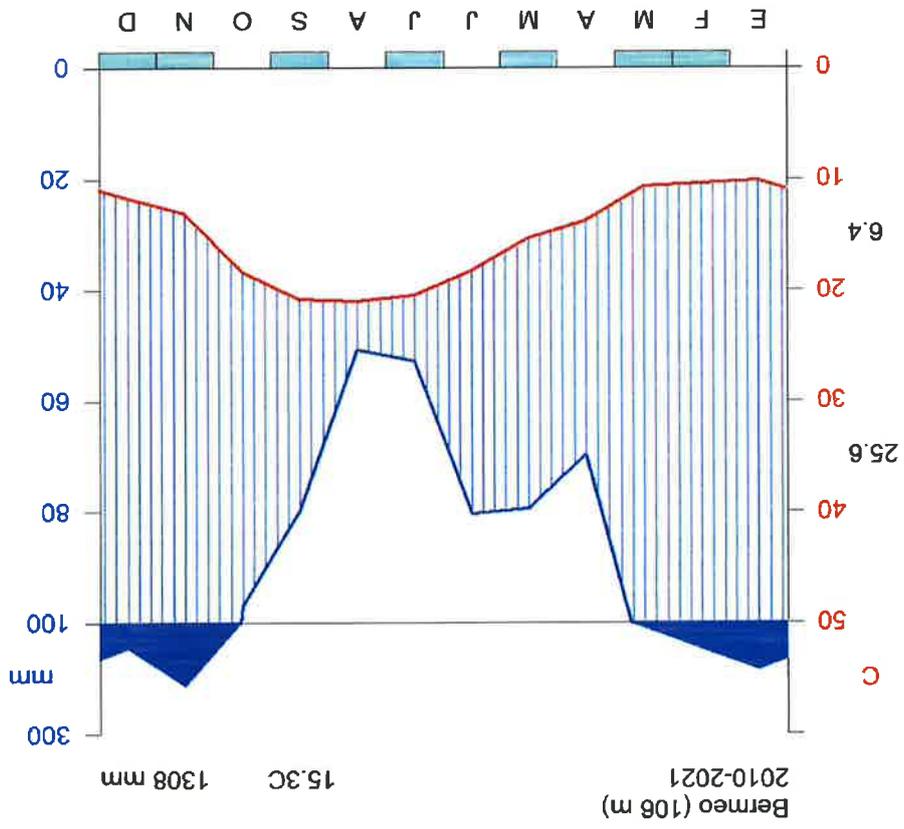


Figura 4.2: Rosa de los vientos en la estación de Almiike (2010-2021). Elaboración propia. Datos: Euskalmet – Gobierno Vasco (2010-2021)

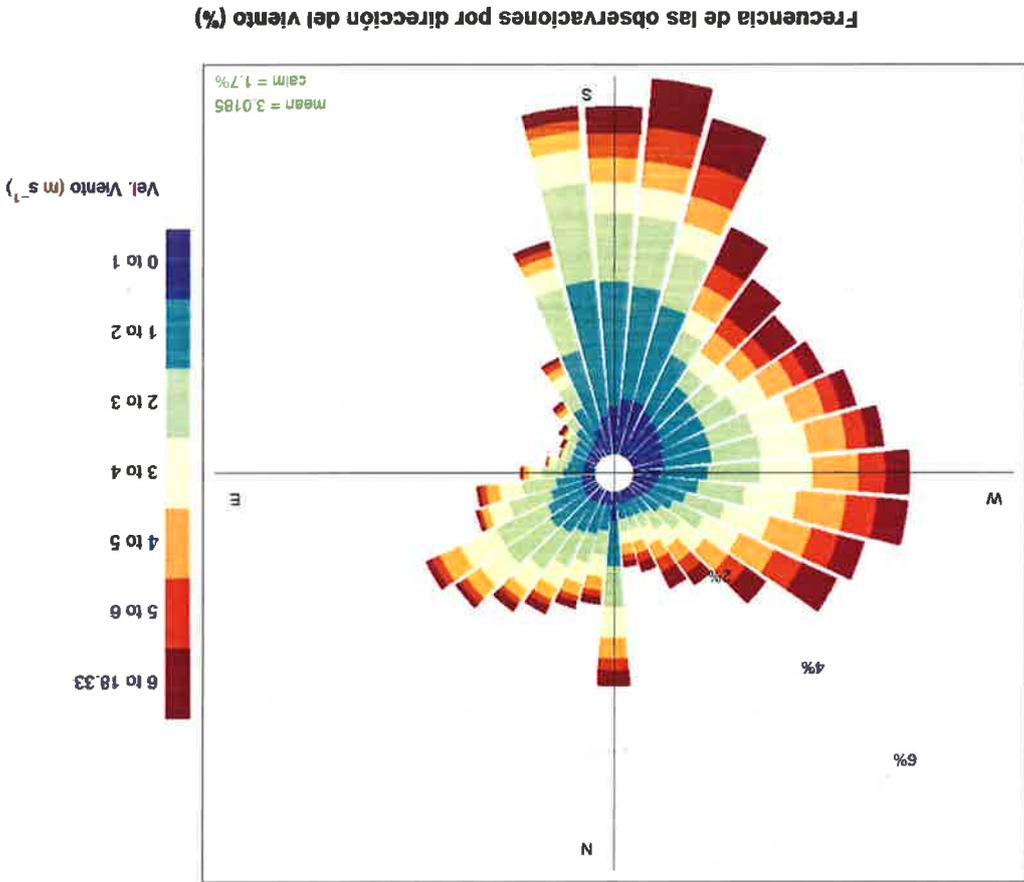


Figura 4.4: Histograma de la velocidad de los vientos y estadístico (boxplot) de dichos datos. Elaboración propia. Datos: Euskalmet – Gobierno Vasco (2010-2021)

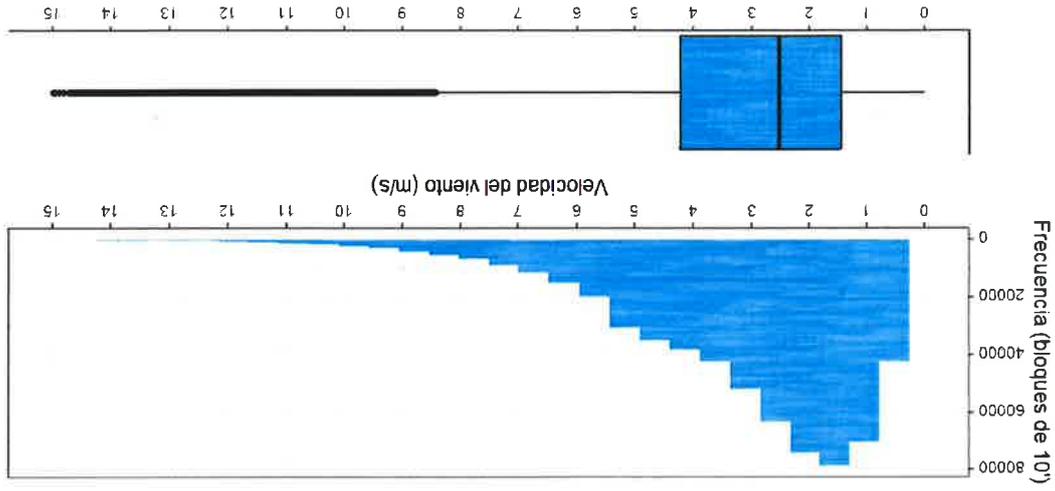
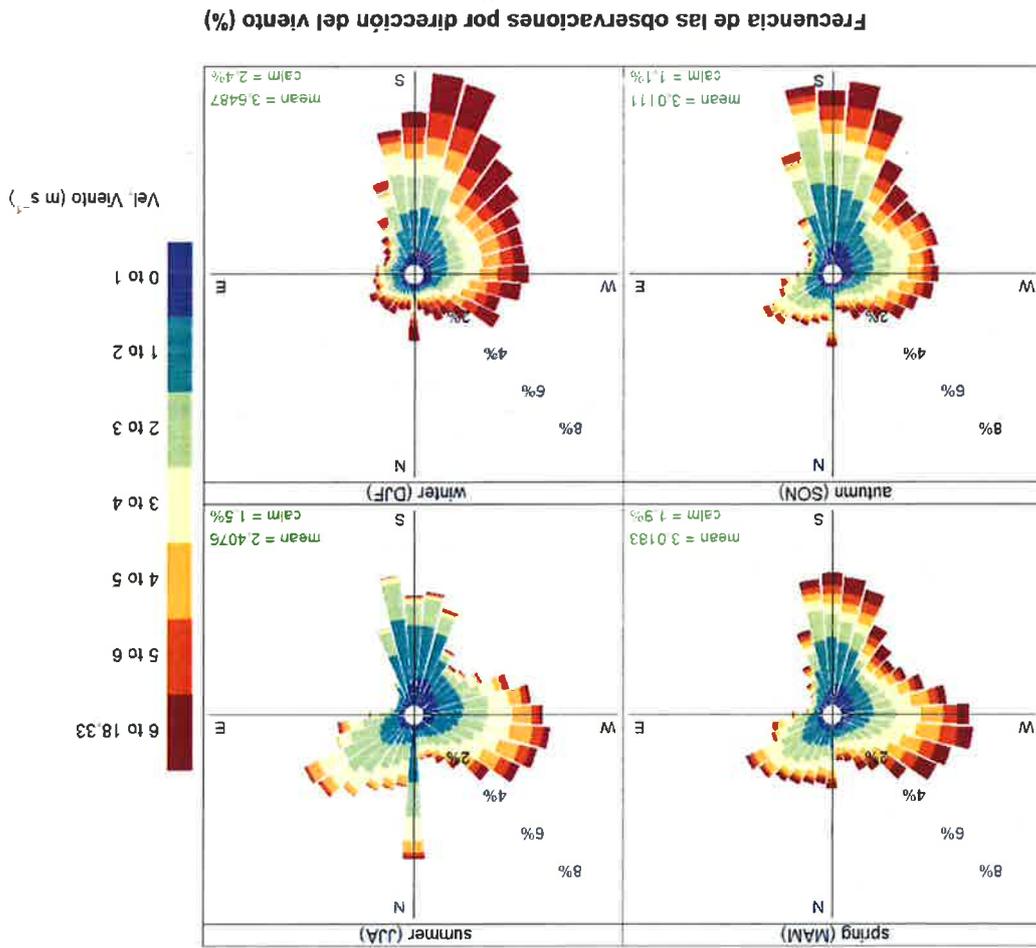


Figura 4.3: Rosa de los vientos en la estación de Almitke (2010-2021) por estaciones del año. Elaboración propia. Datos: Euskalmet – Gobierno Vasco (2010-2021)



5. El cambio climático

El cambio climático es un fenómeno complejo y de alcance mundial. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) lo define como:

Un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables.

La generación de escenarios climáticos regionales supone el paso inicial obligado para incrementar el conocimiento sobre el cambio climático a escala regional, permitiendo así la identificación y evaluación de los impactos, debilidades y posibles vías de adaptación. El análisis de dichas variaciones se realiza a partir de modelos para distintos escenarios, métodos y variables climáticas. Estos escenarios de emisión o Trayectorias de Concentración Representativas (RCP, por sus siglas en inglés), se caracterizan por su Forzamiento Radiativo (FR) total para el año 2100.

En el ámbito de la CAPV, los escenarios analizados y la cartografía disponible (GeoEuskadi - Gobierno Vasco) corresponden al RCP 4.5 (mediante método "delta" y equivalente a un FR de $4,5 W/m^2$) y al RCP 8.5 (mediante método de corrección EQM y equivalente a un FR de $8,5 W/m^2$).

A continuación, se presenta el resultado del análisis de los efectos del cambio climático sobre los diferentes factores de la climatología general y su posible evolución a lo largo del tiempo de acuerdo a los modelos RCP 4.5 (Figura 5.1) y RCP 8.5 (Figura 5.2) dentro del ámbito de estudio.

El resultado muestra que en el entorno del proyecto es esperable un incremento en la temperatura media de cerca de $1,82^{\circ}C$ para el periodo 2071-2100 (respecto al histórico 1971-2000) en el escenario RCP4.5, y de $4,22^{\circ}C$ en el RCP8.5.

El número de días cálidos al año se multiplicaría por 2,14 en el escenario RCP4.5, con una duración promedio de las olas de calor de hasta 8,89 días, frente a los 1,3 días del valor de referencia histórico (1971-2000). En el escenario RCP8.5, el número de días cálidos al año se multiplicaría por 5,41 hasta alcanzar los 137,34 días cálidos al año.

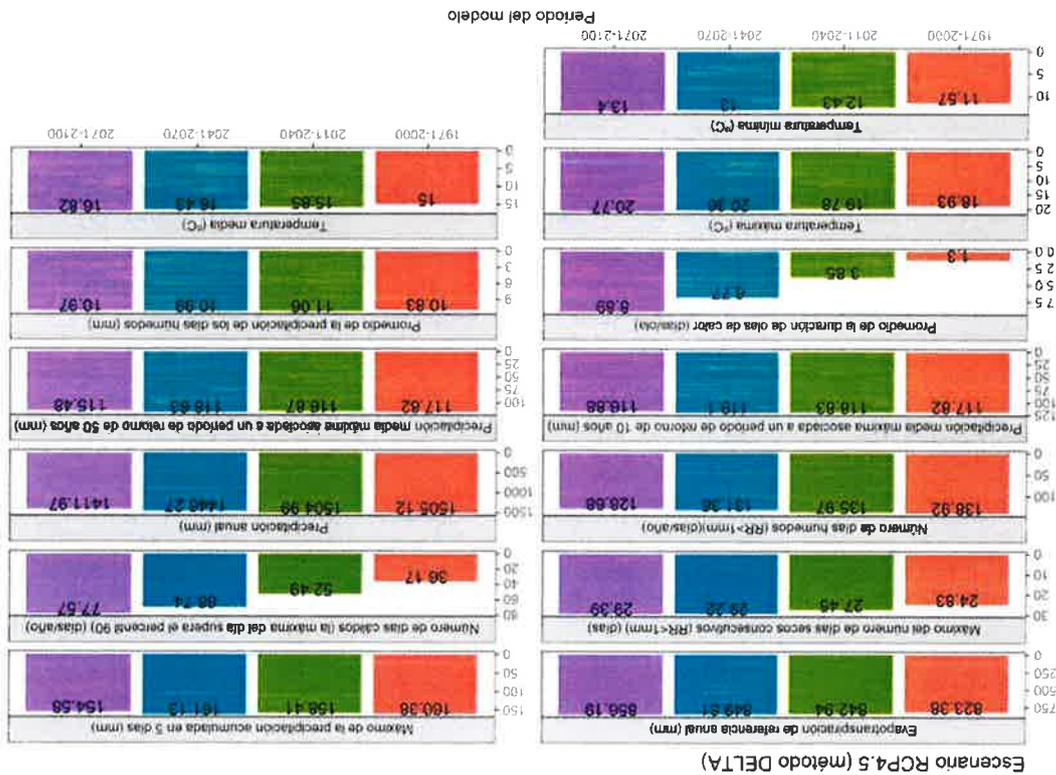
En el caso de la precipitación, para el año 2100, en el entorno del proyecto y para el escenario RCP4.5, se espera una variación en la precipitación anual de -93,15 mm (-6,19%), respecto al histórico 1971-2000, mientras que para el escenario RCP8.5 esta misma diferencia muestra una posible variación en la precipitación de hasta -126,54 mm anuales (-8,86%).

En relación a los días de lluvia, se espera un descenso del número de días húmedos (con precipitación ≥ 1 mm) a medida que avanza el siglo XXI. Concretamente para el ámbito del proyecto el descenso esperado será de unos -10,24 días al año para el RCP4.5 y de -18,68 días para el RCP8.5.

Por último, en el entorno del proyecto se espera que, en el año 2100, en el RCP4.5, el número máximo de días secos consecutivos ascienda hasta los 29,39 días, respecto a los 24,83 días del periodo histórico. Por otro lado, en el escenario RCP8.5, el incremento iría desde los 29,56 del periodo histórico hasta los 44,67 del año 2100.

Los resultados para el año horizonte 2050 se corresponderían en este caso con los resultados del periodo 2041-2070 de las citadas Figuras 5.1 y 5.2.

Figura 5.1: Variables climáticas para el escenario de cambio climático RCP4.5 en el ámbito estudiado. Elaboración propia. Datos: Gobierno Vasco



6. Clima marítimo actual

La climatología marítima en la costa vasca está directamente relacionada con su posición geográfica en el contexto del Golfo de Bizkaia y del Atlántico Noroeste. Por su orientación y posición, esta costa está expuesta a fuertes oleajes del cuarto cuadrante como consecuencia de la formación y evolución de las bajas presiones noratlánticas. Este oleaje (mar de fondo del Noroeste) es el dominante y más común en el área de estudio y persiste en situaciones de calma local e incluso con vientos fuertes y relativamente persistentes de direcciones netamente diferentes.

Durante la época estival, con la extensión del anticiclón de las Azores, se relaja la secuencia de formación de borrascas noratlánticas y también su intensidad. En estas condiciones predomina en la costa cantábrica el régimen de brisas y la circulación de vientos del Noroeste. Ocasionalmente, puede formarse oleaje del Noroeste que en el caso de la costa vasca, por encontrarse en la parte más oriental del Cantábrico, es de escasa relevancia.

6.1. Nivel del mar

6.1.1. Datos históricos de mareógrafos

En este caso se ha recurrido a los datos pertenecientes a la red de mareógrafos de Puertos del Estado (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana), concretamente el situado en el Puerto de Bilbao. Existe un mareógrafo aún más próximo al ámbito de estudio, situado en el Puerto de Bermeo (a unos 3,5 km al NW), perteneciente a la red de estaciones de control meteorológico de Euskalmet - Agencia Vasca de Meteorología (Gobierno Vasco). Sin embargo, este mareógrafo se instaló en 2017, y los datos publicados comienzan en febrero de 2018, por lo que presentan pocos datos históricos con los que obtener tendencias y predicciones fiables.

En cualquier caso, señalar que se han obtenido y tratado de analizar también estos datos del mareógrafo de Bermeo, pero se ha observado que todos los archivos xml publicados con la información del nivel de marea presentan un error en la captación de los datos a todas las horas y 50 minutos (00:50, 01:50, ...), no permitiendo la lectura de la información contenida en los mismos para su análisis.

Por todo ello, se ha considerado más conveniente utilizar los datos del mareógrafo del Puerto de Bilbao, por ser éste uno de los más cercanos al ámbito en estudio y con mayor histórico de datos.

Este mareógrafo del Puerto de Bilbao es de tipo MIVOS, y reemplazó al anterior que se basaba en un sensor acústico SRD y que estuvo en funcionamiento desde 1992. El nuevo sensor de tipo radar, realiza un muestreo y transmite los datos con una frecuencia de 1 minuto. Las lecturas del nivel de marea se realizan en centímetros y referidas al cero de cada mareógrafo, denominado cero REDMAR.

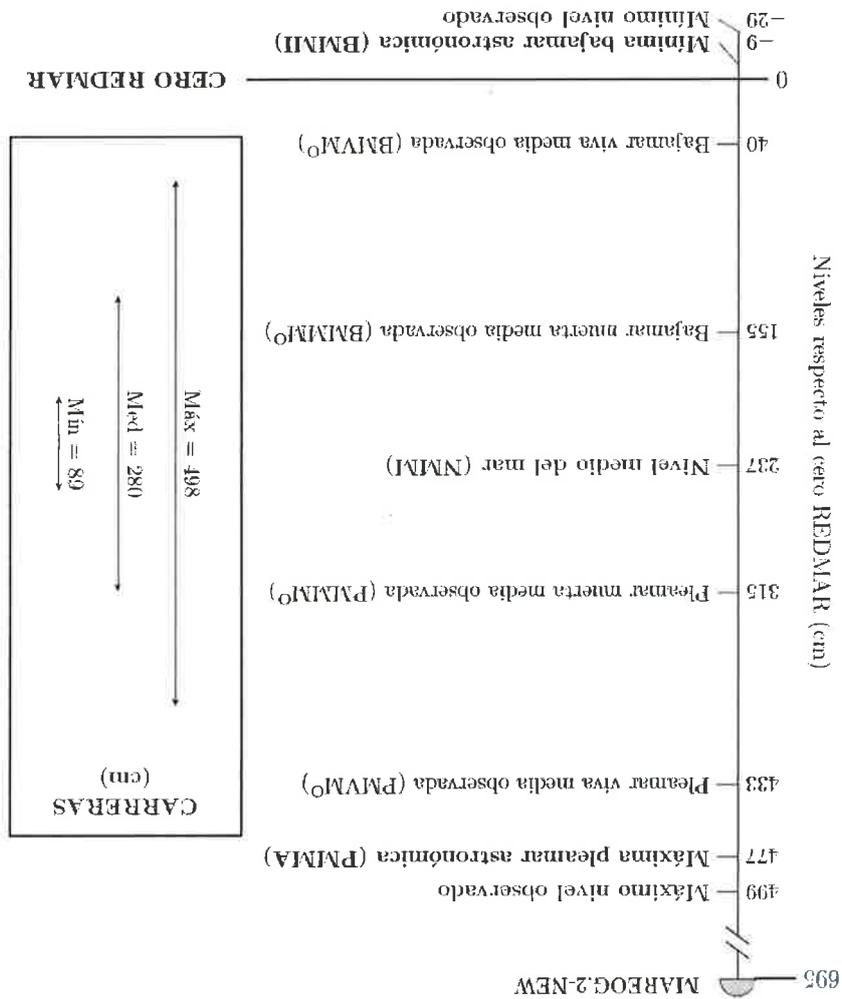


Figura 6.1: Principales referencias de nivel del mar referidas al cero REDMAR para el periodo 1992-2017 en el mareógrafo del Puerto de Bilbao. Fuente: Puertos del Estado

En la Figura 6.1 se pueden observar los valores de referencia del nivel del mar correspondientes al mareógrafo del Puerto de Bilbao, en el que se indican los valores máximos y mínimos observados (entre 1992 y 2017), niveles medios, de bajamar y pleamar, etc.

En este caso, el mareógrafo del Puerto de Bilbao muestra oscilaciones de marea (carrera) de 280 cm como valor medio, siendo el máximo registrado de 498 cm y el mínimo de 89 cm.

A partir de los datos históricos recogidos por este mareógrafo, se pueden obtener valores como la media diaria o mensual de los datos, ambos parámetros muy adecuados para observar tendencias a lo largo del tiempo.

En las Figuras 6.2, 6.3 y 6.4 se muestra precisamente la evolución a lo largo del tiempo de dichos valores medios diarios y mensuales respectivamente, además de la línea de tendencia para el conjunto de los datos disponibles (entre el 2 de julio de 1992 y el 30 de junio de 2022).

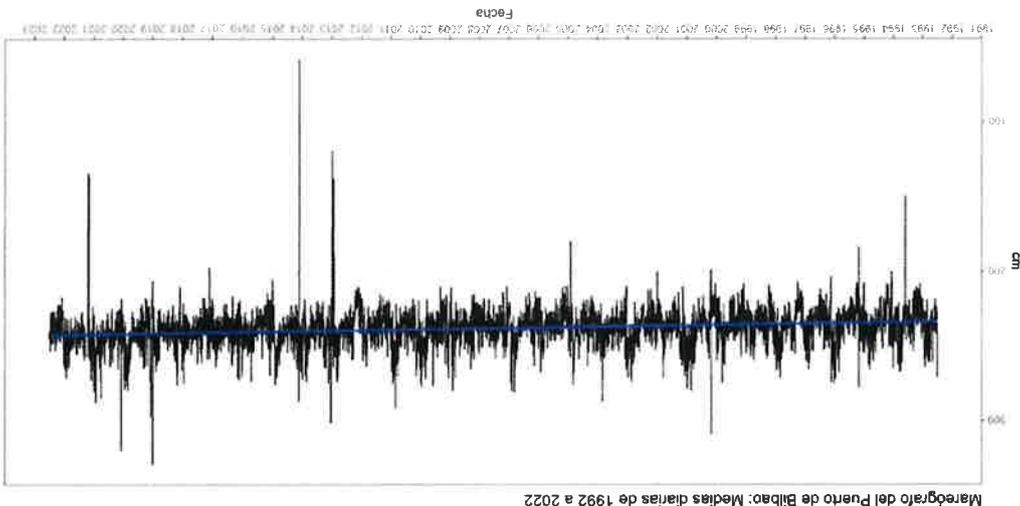


Figura 6.2: Serie de nivel medio diario para el puerto de Bilbao y línea de tendencia para el conjunto de los datos. Elaboración propia. Datos: REDMAR. Puertos del Estado

6.1.2. Tendencia actual

A la vista del conjunto de los datos analizados del nivel de marea del mareógrafo del Puerto de Bilbao, se observa una tendencia ascendente en los valores medios del mismo. Desde 1992 hasta la actualidad (2022) el nivel medio de la marea ha ascendido un total de 9 cm. Concretamente, el modelo de ajuste lineal del conjunto de datos analizado presenta un modelo expresado como: $y = 227 + 0,000812x$ y que conlleva que, aproximadamente, cada año el nivel medio de la marea se incrementa en aproximadamente 0,3 cm (exactamente 0,299 cm para el período analizado entre julio de 1992 y junio de 2022).

Dicho valor obtenido de casi 0,3 cm/año de incremento del valor medio del nivel de marea es similar al que se señalaba en el Resumen REDMAR del Puerto de Bilbao de 27 de marzo de 2019 (con datos hasta 2017), establecido en $0,255 \pm 0,052$ cm, lo que podría hacer pensar que durante los últimos 5 años la tendencia se ha mantenido en valores similares.

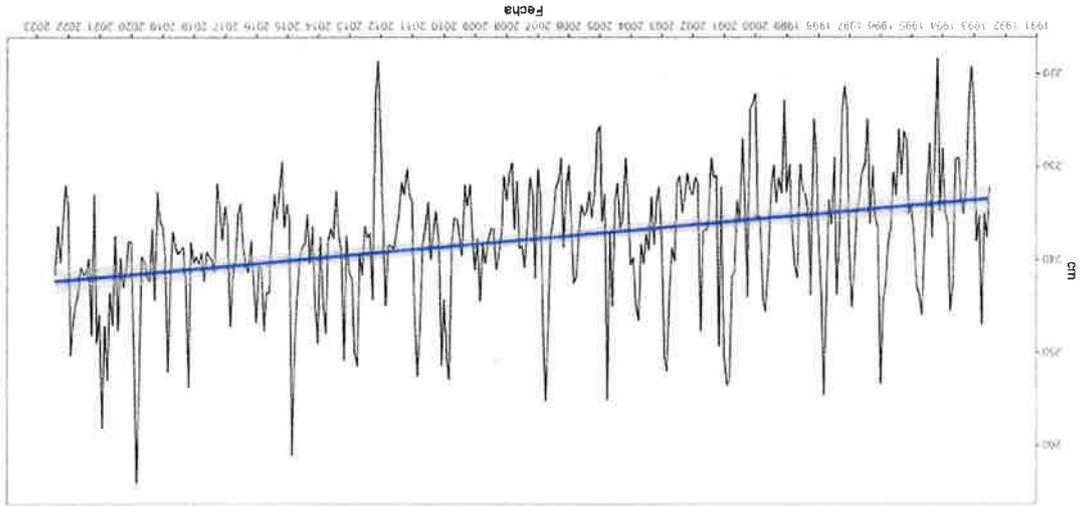
A partir del modelo lineal generado para el conjunto de los datos analizados (entre 1992 y 2022), y que se ha comentado previamente, se ha procedido a realizar una predicción a futuro. Concretamente hasta el año 2050, de manera que se abarca la totalidad del tiempo de concesión establecido de acuerdo al Reglamento General de Costas para el entorno del Bar Atxarre en Ibarangelu, la cual finalizaría en 2049.

No obstante, hay que tener en cuenta que el resultado de la modelización realizada en el presente apartado, responde a los datos del Puerto de Bilbao, y aunque es

encima del nivel medio de marea actual. De este modo, se puede observar cómo para el año horizonte 2050, el valor medio estimado de nivel de marea en el Puerto de Bilbao sería de $250,6 \pm 1,36\text{cm}$ si se mantiene la tendencia actualmente existente, es decir, aproximadamente 8 cm por

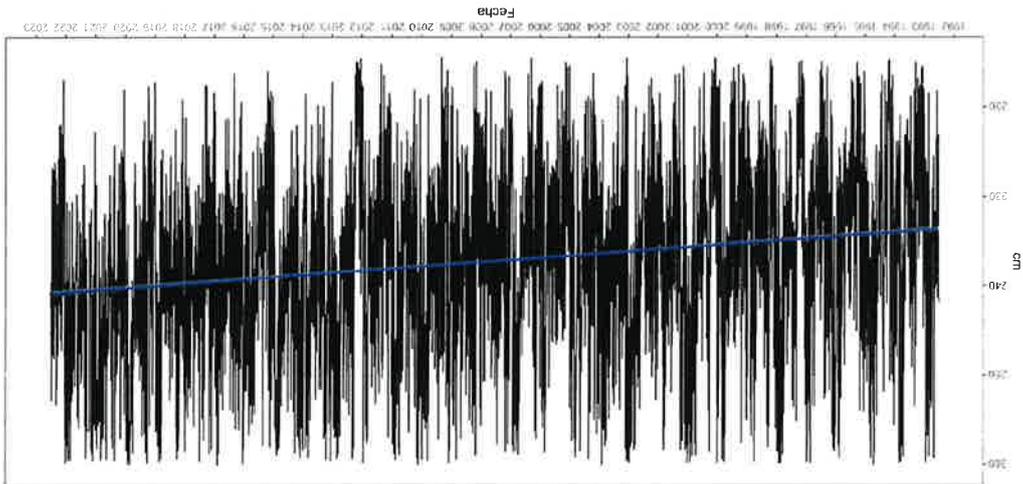
regresión lineal obtenido. El resultado de dicha predicción se muestra en la Figura 6.5. La mitad inicial de esta Figura es similar a la anterior Figura 6.4, mostrando a continuación de la misma (parte derecha), el valor estimado de altura de marea a partir del modelo de

Figura 6.4: Serie de nivel medio mensual para el puerto de Bilbao y línea de tendencia para el conjunto de los datos. Elaboración propia. Datos: REDMAR. Puertos del Estado



Mareógrafo del Puerto de Bilbao: Medias mensuales de 1992 a 2022

Figura 6.3: Serie de nivel medio diario para el puerto de Bilbao y línea de tendencia para el conjunto de los datos. Elaboración propia (se han eliminado valores atípicos de acuerdo a: $abs(x - \bar{X}) > 2\sigma$). Datos: REDMAR. Puertos del Estado



Mareógrafo del Puerto de Bilbao: Medias diarias de 1992 a 2022 sin valores extremos

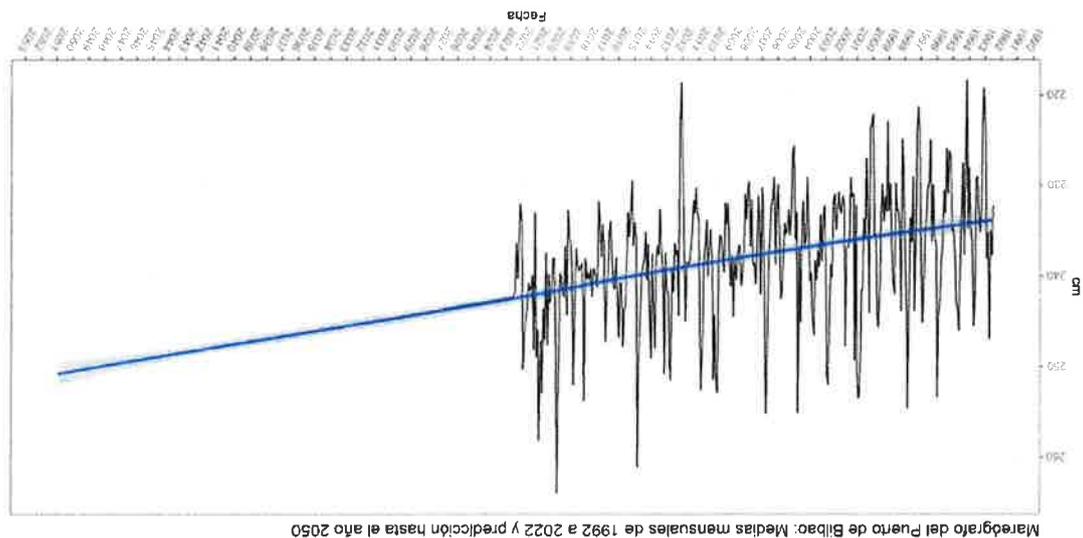
Por ello, para caracterizar y analizar los datos correspondientes al oleaje en la zona del ámbito de estudio, se ha recurrido a las Series SIMAR, pertenecientes a Puertos del Estado. El conjunto de datos SIMAR está formado por series temporales de parámetros de viento y oleaje procedentes de modulado numérico. Son, por tanto, datos simulados y no proceden de medidas directas de la naturaleza. Esta colección de datos presenta información desde el año 1958, y se basa en la concatenación de

meandro del Río Oka presente en esta zona. oleaje y sus corrientes inducidas, así como a la propia corriente fluvial del último año en los que la dinámica litoral y sobre todo, fuertes temporales, han eliminado incluso parte de la playa supramareal existente, pudiendo exponer la zona a algo de No obstante, si que se han producido algunos episodios puntuales a lo largo de los

(barra de desembocadura) y, en menor medida, en el extremo norte de la bocana. olas tiene lugar en los arenales situados en el frente norte de la playa intermareal este ámbito junto al canal fluvial del último tramo del río Oka. La rompiente de las expuesta al oleaje (ver Figura 6.6), al tratarse de un entorno estuarino y ubicarse de Laida, hay que tener en cuenta que esta ubicación no se encuentra por lo general parte del Dominio Público Marítimo Terrestre en la zona del Bar Atxarre de la playa En el caso particular del ámbito de estudio correspondiente a la concesión de

6.2. Oleaje

En la determinación del nivel de marca exacto en el ámbito de estudio. res climatológicos, condicionan la posible presencia de cierto grado de incertidumbre posibles variaciones en la tendencia observada hasta el momento por múltiples facto- vizcaina del Cantábrico, dicho factor, la naturaleza estuarina de la zona de estudio y lógico pensar que resultan extrapolables al entorno costero de esta parte de la costa predicción estimada hasta el año 2050. Elaboración propia. Datos: REDMAR. Puertos del Estado



Para el análisis de los regímenes medios de la altura significativa del oleaje de la zona, tanto para el periodo anual como para los periodos estacionales, se ha recurrido a la información disponible del ya señalado Nodo SIMAR 3164034, con datos para el periodo comprendido entre enero de 1958 y abril de 2022.

Para el periodo anual, la función Weibull de mínimos muestra los valores de $A=0.8$, $B=0.03$ y $C=1.17$. En la Figura 6.12 se muestra el régimen medio de altura de ola para todos los periodos analizados (anual y estacional) en dicho nodo SIMAR.

6.2.1.1. Régimen medio

6.2.1. Altura de ola

El punto SIMAR más próximo al entorno del ámbito estudiado, corresponde al Nodo SIMAR 3164034, de profundidad indefinida y situado a poco más de 2 kilómetros hacia el noroeste del ámbito estudiado (Longitud 2.67° O y Latitud 43.42° N), y cuyos datos se han tenido en cuenta en los siguientes apartados.

Estatal de Meteorología.

dos grandes conjuntos de datos: SIMAR y WANNA, con la colaboración de la Agencia

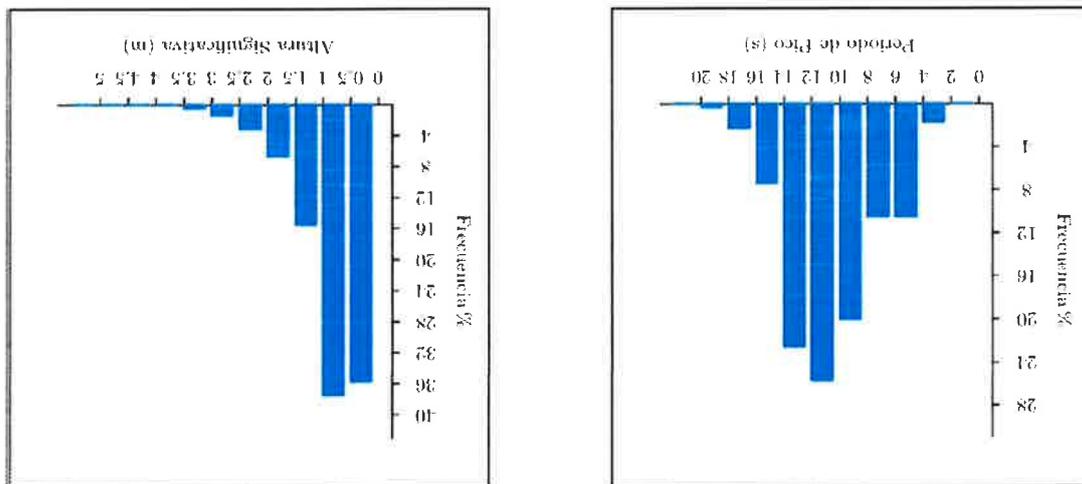
Figura 6.6: Vista general de los diferentes elementos constitutivos de la desembocadura del estuario.
Fuente: Cearreta, Monge-Ganuzas e Iriarte 2006



Tabla 6.1: Periodo de Pico (Tp) - Altura Significativa (Hs) en %, Periodo anual. Fuente: Banco de datos oceanográficos de Puertos del Estado.

Hs (m)	Tp (s)											Total
	< 2.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	
< 0.5	0.001	1.378	5.329	5.411	10.947	8.067	3.610	0.692	0.199	0.039	0.005	35.712
0.5	-	0.112	4.615	3.367	7.240	11.873	8.071	1.629	0.371	0.059	0.006	37.104
1.0	-	0.002	0.348	1.290	1.270	3.996	5.993	1.842	0.432	0.050	0.005	15.227
1.5	-	-	0.009	0.308	0.393	1.095	2.873	1.373	0.352	0.033	0.006	6.443
2.0	-	-	-	0.038	0.124	0.100	1.146	0.897	0.307	0.031	0.002	2.945
2.5	-	-	-	-	0.005	0.035	0.306	0.221	0.031	0.002	-	1.492
3.0	-	-	-	-	-	0.006	0.124	0.167	0.018	0.003	-	0.449
3.5	-	-	-	-	-	-	0.052	0.061	0.011	0.001	-	0.186
4.0	-	-	-	-	-	0.004	0.022	0.026	0.009	-	-	0.083
4.5	-	-	-	-	-	-	0.010	0.013	0.004	-	-	0.036
5.0	-	-	-	-	-	-	0.009	0.011	0.002	-	-	0.025
> 5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100%

Figura 6.7: Distribución Conjunta de Periodo de Pico y Altura Significativa de Ola. Periodo anual. Fuente: Banco de datos oceanográficos de Puertos del Estado.



SERIE ANUALIZADA : Ene. 1958 - Abr. 2022

PERIODO : Anual

PERIODO : Dic - Feb

SERIE ANALIZADA : Ene. 1958 - Abr. 2022

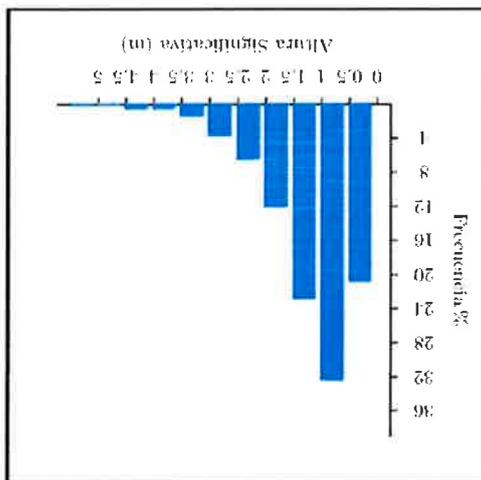
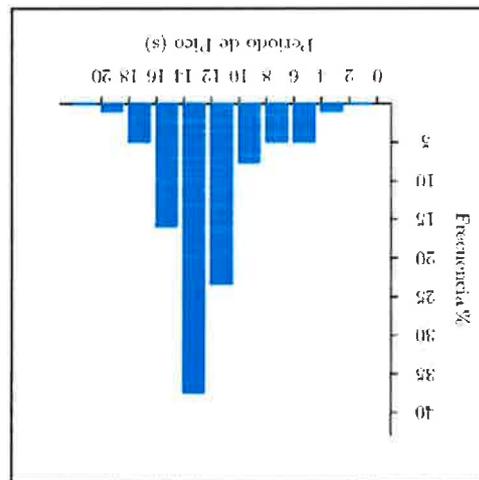


Figura 6.8: Distribución Conjunta de Período de Pico y Altura Significativa de Ola. Período Dic-Feb. Fuente: Banco de datos oceanográficos de Puertos del Estado.

Hs (m)	Tp (s)											Total
	< 2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	> 20.0	
< 0.5	0.730	2.118	0.861	2.859	6.617	5.718	1.171	0.294	0.073	0.011	20.515	0.011
1.0	0.071	2.312	1.828	2.571	9.575	12.016	3.006	0.611	0.121	0.013	32.112	0.013
1.5	0.361	1.593	1.316	1.131	10.132	3.933	0.933	0.104	0.013	22.818	0.013	
2.0	0.006	0.186	0.557	1.627	5.203	3.207	0.923	0.082	0.013	12.105	0.013	
2.5	0.063	0.207	0.756	2.332	2.211	0.819	0.091	0.004	6.513	3.727	0.004	
3.0	0.013	0.065	0.214	1.262	1.394	0.676	0.097	0.006	1.260	3.277	0.006	
3.5	0.019	0.290	0.501	0.320	0.006	0.007	0.000	1.260	0.562	0.223	0.006	
4.0	0.011	0.149	0.158	0.205	0.037	0.002	0.562	0.223	0.095	0.071	0.002	
4.5	0.045	0.069	0.082	0.026	0.013	0.095	0.223	0.095	0.071	0.071	0.013	
5.0	0.011	0.030	0.041	0.013	0.071	0.095	0.223	0.095	0.071	0.071	0.013	
> 5.0	0.006	0.022	0.043	0.071	0.095	0.223	0.095	0.071	0.071	0.071	0.013	
Total	10.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	> 20.0	Total	100%	0.071

Tabla 6.2: Período de Pico (Tp) - Altura Significativa (Hs) en %. Período Dic-Feb. Fuente: Banco de datos oceanográficos de Puertos del Estado.

PERIODO : Mar - May

SERIE ANALIZADA : Ene. 1958 - Abr. 2022

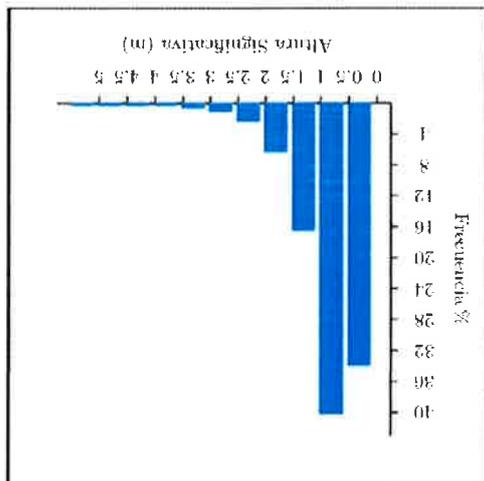
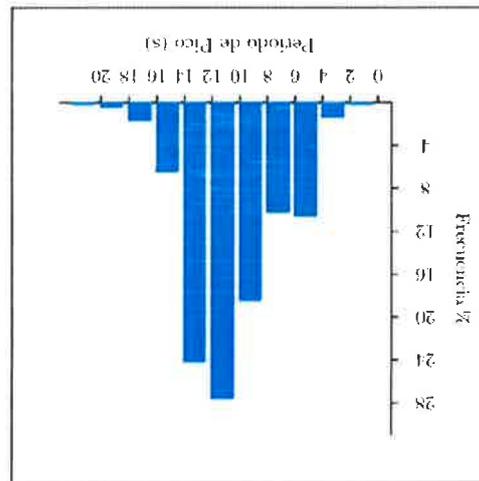


Figura 6.9: Distribución Conjunta de Período de Pico y Altura Significativa de Ola. Período Mar-May. Fuente: Banco de datos oceanográficos de Puertos del Estado.

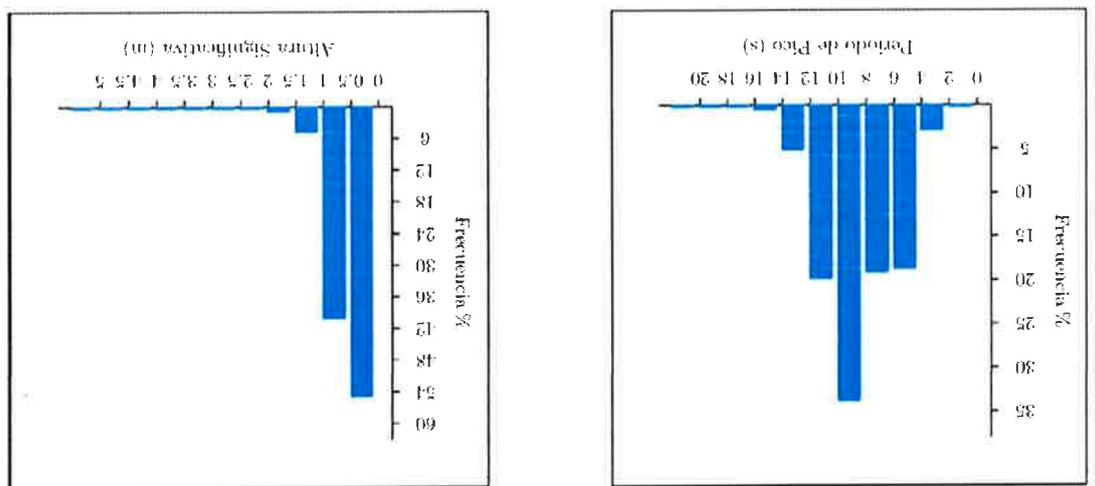
Hs (m)	Tp (s)											Total
	< 2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	> 20.0	
< 0.5	-	1.234	4.872	3.663	9.479	9.425	4.262	0.680	0.196	0.025	-	33.858
1.0	-	0.133	5.071	4.110	6.785	12.439	4.805	0.107	0.059	-	-	10.000
1.5	-	-	0.570	1.953	1.437	4.070	6.038	1.623	0.318	0.038	-	16.097
2.0	-	-	0.023	0.492	0.363	1.072	2.869	1.060	0.215	0.023	0.008	6.126
2.5	-	-	-	0.038	0.125	0.293	1.070	0.688	0.163	0.013	-	2.390
3.0	-	-	-	-	0.004	0.046	0.097	0.367	0.116	0.017	-	1.073
3.5	-	-	-	-	0.002	0.006	0.129	0.080	0.042	-	-	0.260
4.0	-	-	-	-	0.001	0.001	0.025	0.040	0.002	-	-	0.106
4.5	-	-	-	-	-	0.002	0.013	0.015	0.002	-	-	0.046
5.0	-	-	-	-	-	-	0.004	0.011	0.006	0.002	-	0.023
> 5.0	-	-	-	-	-	-	-	0.011	-	0.008	-	0.019
Total	< 2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	> 20.0	100%

Tabla 6.3: Período de Pico (Tp) - Altura Significativa (Hs) en %. Período Mar-May. Fuente: Banco de datos oceanográficos de Puertos del Estado.

Tabla 6.4: Periodo de Pico (Tp) - Altura Significativa (Hs) en %. Periodo Jun-Ago. Fuente: Banco de datos oceanográficos de Puertos del Estado.

Hs (m)	Tp (s)											Total	100 %
	≤ 2.0	2.0 - 4.0	4.0 - 6.0	6.0 - 8.0	8.0 - 10.0	10.0 - 12.0	12.0 - 14.0	14.0 - 16.0	16.0 - 18.0	18.0 - 20.0	> 20.0		
< 0.5	-	2.566	10.626	13.689	19.871	6.641	1.134	0.160	0.013	0.002	-	-	31.766
1.0	-	0.323	7.924	4.891	12.891	10.982	2.532	0.253	0.079	0.002	-	-	39.830
1.5	-	0.006	0.172	0.477	0.913	1.789	1.166	0.115	0.019	0.004	-	-	4.661
2.0	-	-	-	0.047	0.111	0.245	0.202	0.026	0.004	-	-	-	0.634
2.5	-	-	-	-	0.011	0.006	0.017	0.036	0.011	-	-	-	0.081
3.0	-	-	-	-	-	0.002	0.009	0.013	0.002	-	-	-	0.026
3.5	-	-	-	-	-	-	-	-	0.002	-	-	-	0.002
4.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
> 5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	> 20.0	-	-

Figura 6.10: Distribución Conjunta de Periodo de Pico y Altura Significativa de Ola. Periodo Jun-Ago. Fuente: Banco de datos oceanográficos de Puertos del Estado.



PERIODO : Jun - Ago. SERIE ANALIZADA : Ene. 1958 - Abr. 2022

PERIODO : Sep - Nov

SERIE ANUALIZADA : Ene. 1958 - Abr. 2022

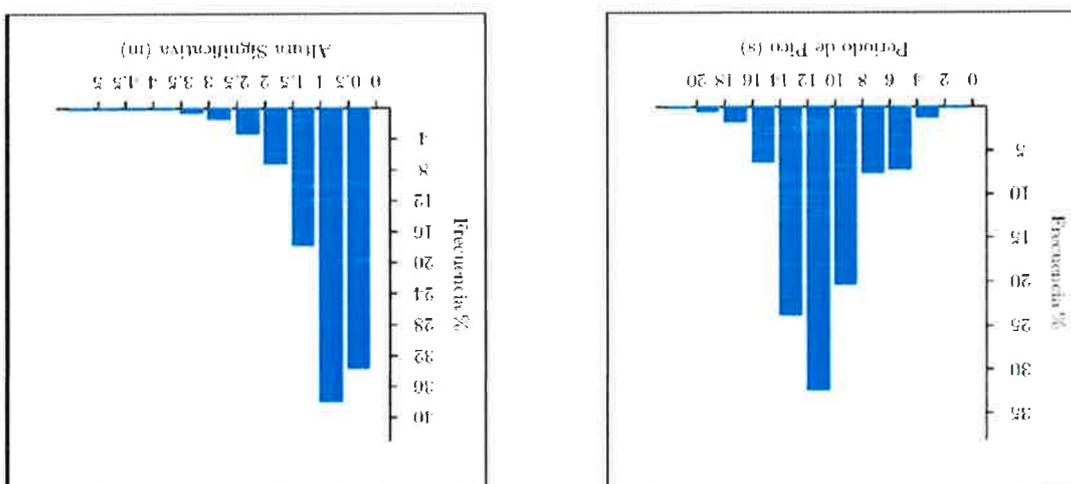


Figura 6.1: Distribución Conjunta de Periodo de Pico y Altura Significativa de Ola. Periodo Sep-Nov. Fuente: Banco de datos oceanográficos de Puertos del Estado.

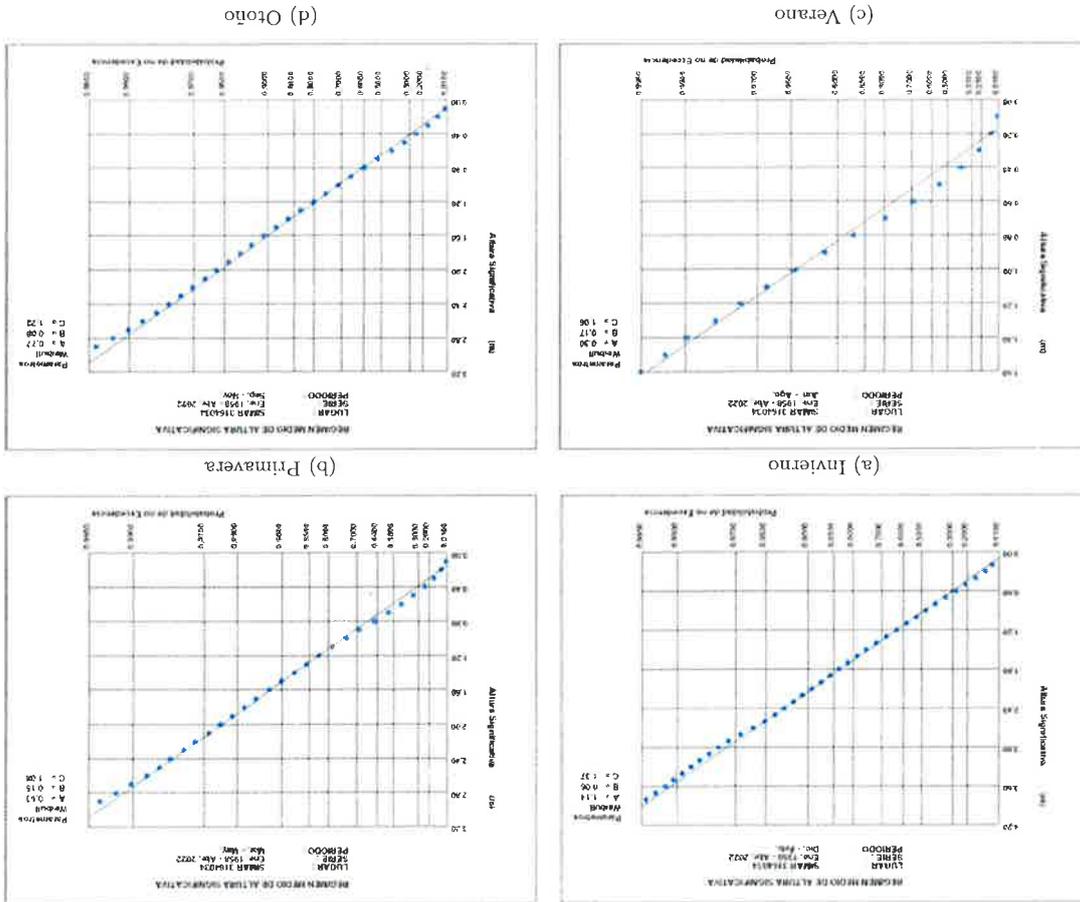
Hs (m)	Tp (s)											Total	
	< 2.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	> 20.0		
< 0.5	0.004	0.918	3.608	3.483	11.168	11.168	9.332	3.322	0.767	0.261	0.036	0.011	33.161
1.0	-	0.081	3.219	2.600	6.636	11.335	8.601	1.172	0.357	0.036	0.011	37.572	17.161
1.5	-	-	0.286	1.135	1.397	3.711	6.706	1.730	0.131	0.056	0.006	17.161	7.003
2.0	-	-	0.006	0.208	0.511	1.118	3.258	1.231	0.275	0.028	0.001	7.003	2.856
2.5	-	-	-	0.011	0.139	0.539	1.165	0.701	0.226	0.021	0.001	2.856	1.173
3.0	-	-	-	-	0.002	0.026	0.232	0.529	0.273	0.099	0.011	1.173	0.286
3.5	-	-	-	-	-	0.002	0.060	0.080	0.092	0.011	0.006	0.286	0.009
4.0	-	-	-	-	-	-	0.002	0.017	0.013	0.011	0.006	0.009	0.002
4.5	-	-	-	-	-	-	-	0.032	0.015	0.006	0.006	0.002	0.028
5.0	-	-	-	-	-	-	-	0.021	-	0.001	-	-	0.009
> 5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	0.002	0.001	0.002	-	0.009
Total	< 2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	> 20.0	100%	33.161

Tabla 6.5: Periodo de Pico (Tp) - Altura Significativa (Hs) en %. Periodo Sep-Nov. Fuente: Banco de datos oceanográficos de Puertos del Estado.

6.2.1.2. Régimen extremo

A pesar de que, por lo general, la ubicación del ámbito de la concesión objeto del presente análisis, se sitúa fuera de la zona expuesta al oleaje del Mar Cantábrico, no puede descartarse que durante periodos de temporal (régimen extremo) y de confluencia de otros factores como mareas astronómicas y meteorológicas, la zona pueda quedar expuesta a las olas. Por ello, a continuación se van a caracterizar los máximos valores registrados, así como información correspondiente a la persistencia de estos picos de oleaje de máxima altura de acuerdo a los datos del Nodo SIMAR 3164034.

Figura 6.12: Régimen medio de altura significativa de la ola. Periodos estacionales. Fuente: Banco de datos oceanográficos de Puertos del Estado.



De este modo, analizados los datos de altura máxima mensual para la totalidad del periodo de 1958 a 2022 (Ver Tabla 6.6), se observa que entre noviembre y enero se registran las mayores alturas significativas del oleaje, con valores que han llegado a alcanzar cerca de 6.7 metros.

El periodo del pico de estos oleajes máximos oscila entre los 10 y los 18 segundos, con una media en torno a 14 segundos.

De acuerdo a las definiciones del Banco de Datos Oceanográficos del Estado, un temporal es aquella situación durante la cual la altura del oleaje supera un umbral determinado. El temporal, además, queda representado por el pico o valor máximo de altura alcanzado por el oleaje durante un periodo de 5 días (ver Figura 6.13).

Teniendo en cuenta esta definición de temporal y régimen extremo de la altura significativa del oleaje, el Banco de Datos Oceanográficos de Puertos del Estado dispone de datos y el análisis de los mismos en relación al régimen extremo del oleaje de boyas situadas en el mar, así como algunas en las inmediaciones de los puertos.

En este caso, una de estas boyas denominada "Bilbao-Vizcaya", y situada en una zona con 600 metros de profundidad, lleva registrando datos desde noviembre

Mes	Altura signif. (m)	Dirección °	Período (s)	Año	Día	Hora
Enero	6.68	340	16.04	2009	24	9
Febrero	5.53	10	14.29	1996	8	3
Marzo	5.76	343	18.33	2014	3	21
Abril	3.75	7	13.7	1962	5	13
Mayo	3.36	334	12.94	2015	15	5
Junio	3.13	311	13.32	2019	7	12
Julio	2.87	1	13.51	1961	13	7
Agosto	2.78	350	10.33	2007	21	9
Septiembre	5.05	327	13.32	2020	25	11
Octubre	5.03	324	13.32	2020	3	8
Noviembre	6.53	323	14.66	2019	3	8
Diciembre	6.01	325	17.74	2020	28	18

Tabla 6.6: Altura máxima mensual para el período 1958 a 2022 en el Nodo SIMAR 3164034. Fuente: Banco de datos oceanográficos de Puertos del Estado.

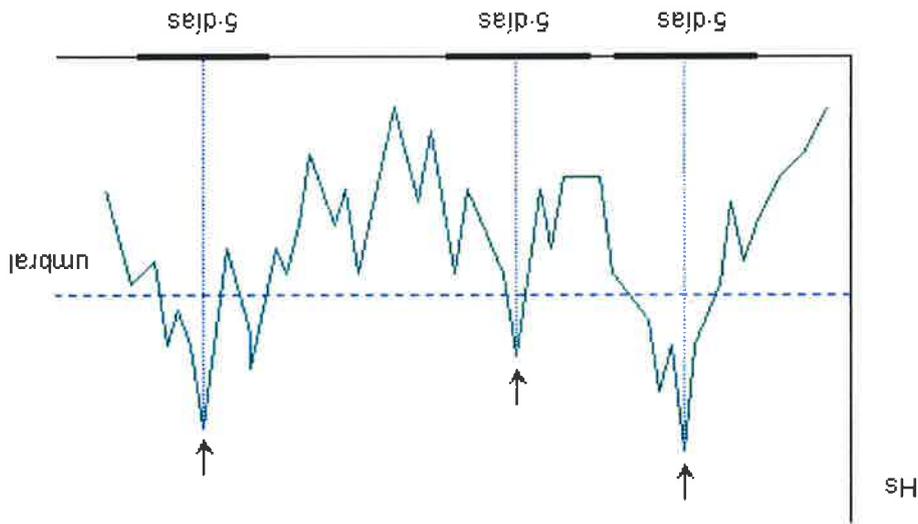


Figura 6.13: El método de selección de temporales descrito se conoce como POT (Peak Over Threshold) y con él se realiza la selección de los valores de altura que representan el comportamiento extremal de una serie. Fuente: Banco de datos oceanográficos de Puertos del Estado.

de 1990. En el último informe de diciembre de 2021, Puertos del Estado ha analizado el régimen extremal de esta boya, el cual se muestra en la Figura 6.14, de acuerdo a la cual, para un período de retorno de 20 años, la estimación central de la altura de ola significativa (Hs) sería de 12.5 metros, mientras que la banda superior correspondiente al 90% de la Hs es de 13.87. El período del pico sería de 15.26 segundos. La probabilidad de excedencia en 20 años sería de 0.64, mientras que en 50 años sería de 0.92.

Por otro lado, para un período de retorno de 50 años, la estimación central de la altura de ola significativa (Hs) sería de 13.7 metros, mientras que la banda superior correspondiente al 90% de la Hs es de 15.49. En cuanto al período del pico, éste sería de 15.66 segundos. La probabilidad de excedencia en 20 años sería de 0.33,

En el caso del Nodo SIMAR 3164034, considerado como el que mejor representa el ámbito en estudio en torno a la playa de Laida, de acuerdo a los datos publicados

Además de la altura significativa del oleaje, los nodos SIMAR también incluyen información sobre la dirección de procedencia de las mismas, representando dicha información en forma de rosa de oleaje (ver Figura 6.15).

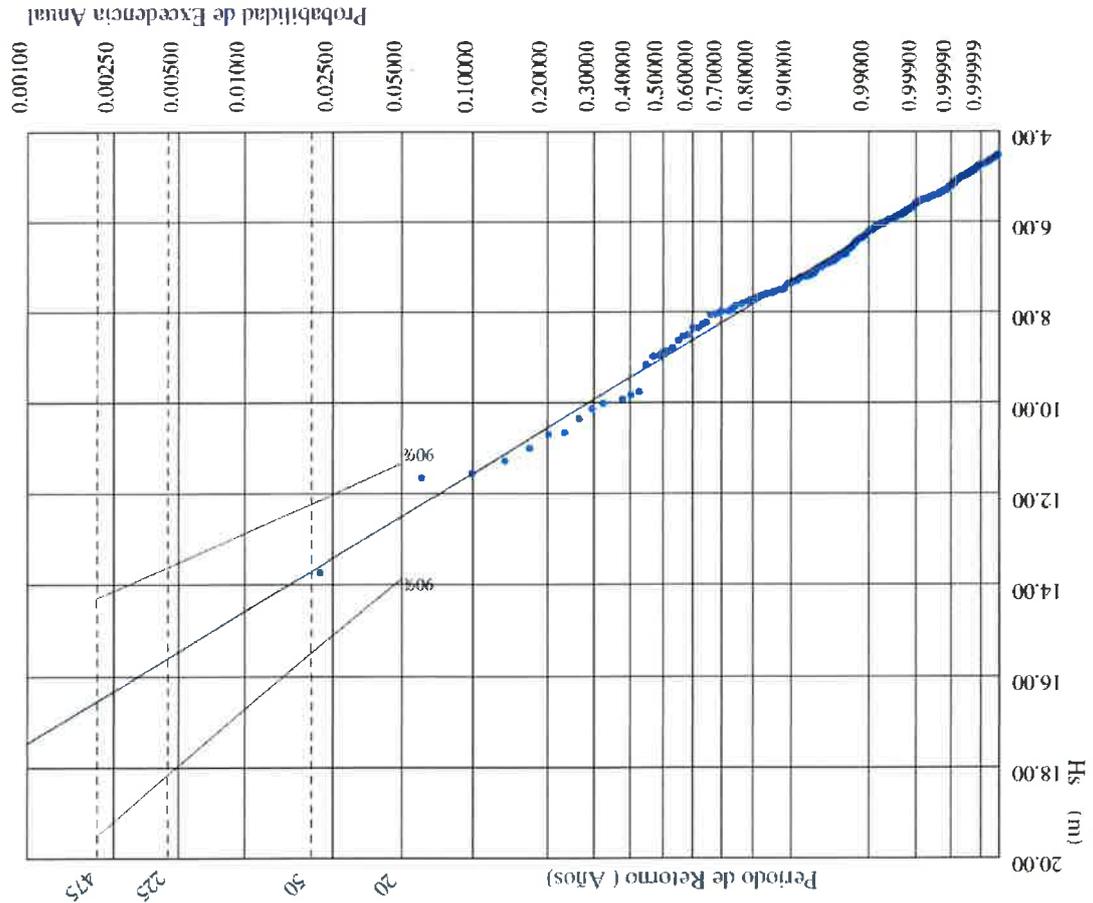
6.2.2.1. Régimen medio

6.2.2. Dirección del oleaje

$$\alpha = 4,53, \beta = 1,71 \text{ y } \gamma = 1,11$$

Respecto a los datos del método POT de ajuste de altura significativa, el umbral mientras que en 50 años sería de 0.64. Teniendo en cuenta que el número de días mínimo entre diferentes picos es de 5, el número medio anual de picos (valor Lambda) es de 12.90 para el conjunto de los datos de la boya "Bilbao-Vizcaya". En cuanto a los parámetros de la distribución Weibull de excedencias:

Figura 6.14: Régimen extremal escalar del oleaje en la boya Bilbao-Vizcaya. Fuente: Banco de datos oceanográficos de Puertos del Estado.



$$\alpha = 4,46, \beta = 1,86, \gamma = 1,26$$

Figura 6.16: Rosa de altura significativa en función de la dirección de procedencia de la ola. Periodos estacionales. Fuente: Banco de datos oceanográficos de Puertos del Estado. Picos (valor Lambda) es de 8.89 para el conjunto de los datos de la boya "Billbao-Vizcaya". En cuanto a los parámetros de la distribución Weibull de excedencias:

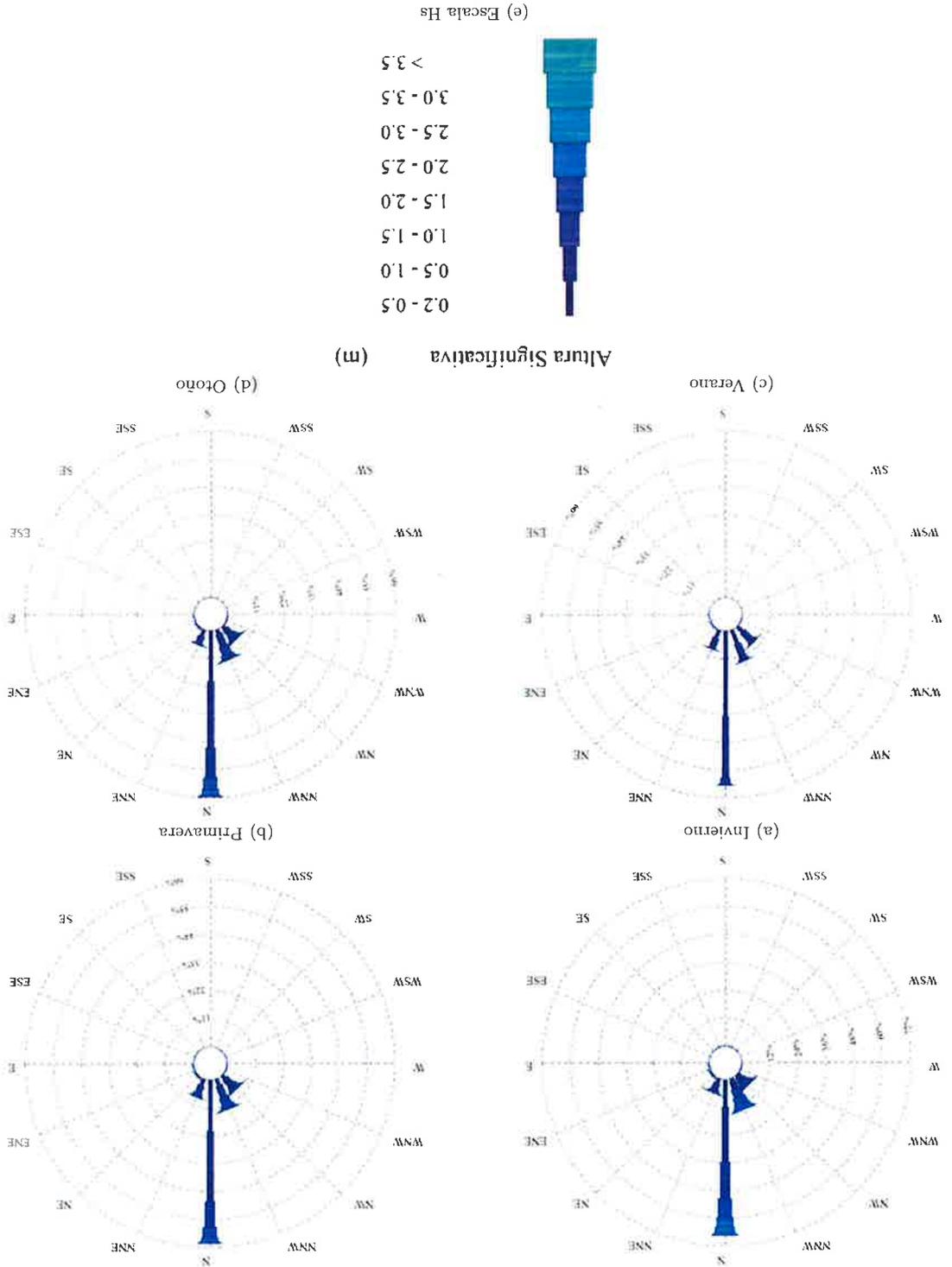


Figura 6.18: Régimen extremal direccional (NW en este caso) del oleaje en la boya Bilbao-Vizcaya. Fuente: Banco de datos oceanográficos de Puertos del Estado.

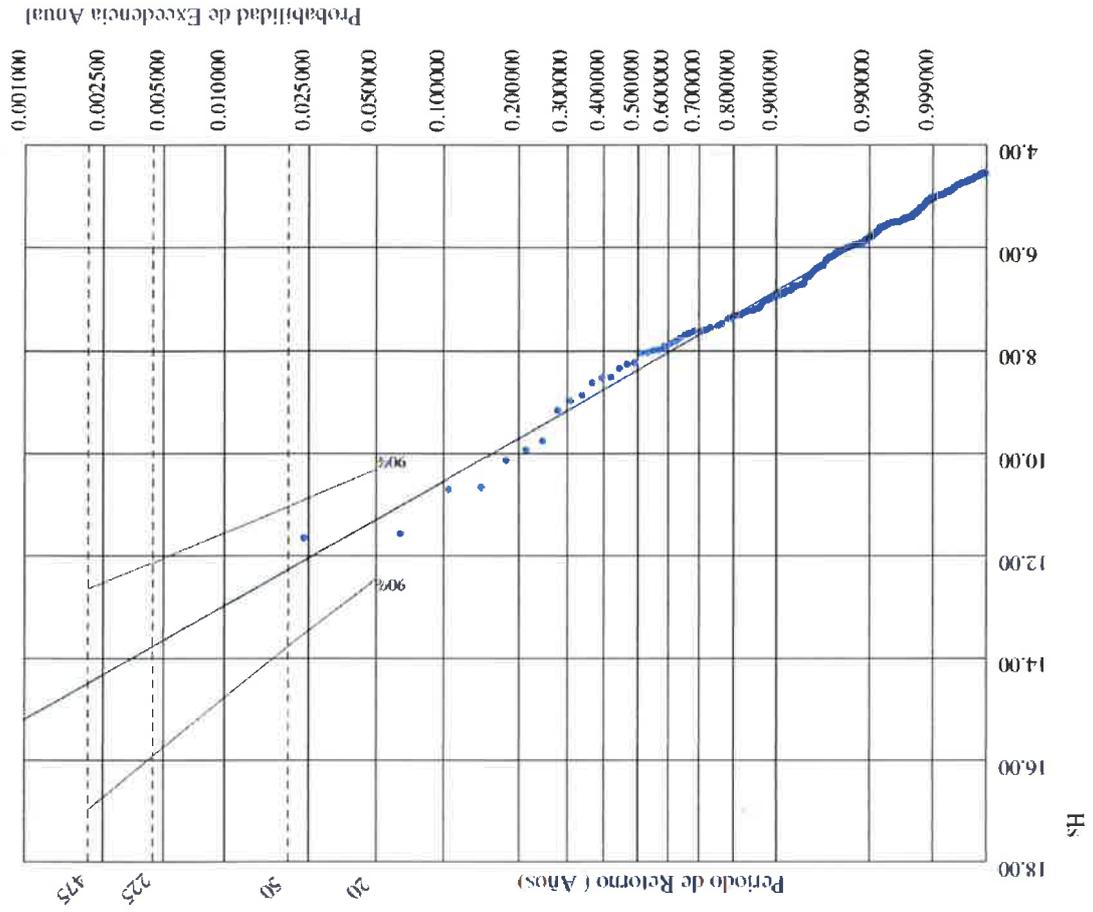
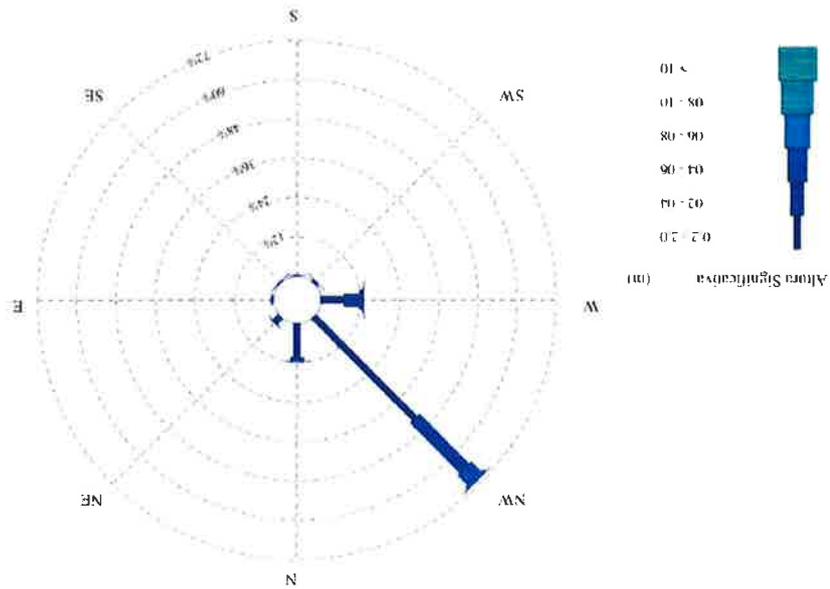


Figura 6.17: Direcciones dominantes. Rosa de altura significativa en la boya Bilbao-Vizcaya. Fuente: Banco de datos oceanográficos de Puertos del Estado.



7. Efectos del cambio climático en el clima marítimo

Son numerosos los estudios, estrategias y previsiones de los efectos del cambio climático, en particular en zonas de costa. Así, para analizar los posibles efectos del cambio climático en el ámbito estudiado, se ha recurrido a diversas fuentes y datos, como son:

- La Estrategia de adaptación al cambio climático de la costa española
- Artículos y estudios publicados relacionados con la influencia del cambio climático en la costa vasca
- Proyecto "Kostaegoki"

7.0.1. Estrategia de adaptación al cambio climático de la costa española

Elaborada por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico esta "Estrategia de adaptación al cambio climático de la costa española", presenta una serie de modelos y sus resultados, correspondientes a dos posibles escenarios de cambio climático planteados por el IPCC en su informe AR5⁴, como son el RCP 4.5 y el RCP 8.5, ya comentados en el apartado 4 del presente documento.

Además, estos modelos se han realizado para dos periodos de tiempo o años horizonte: 2026-2045 y 2081-2100, en ambos casos a partir de los datos considerados de referencia correspondientes al periodo 1985-2005.

En este sentido, los modelos mencionados para el periodo 2026-2045 (para el año horizonte 2050 del presente estudio, éste se considera el más representativo) señalan las siguientes predicciones para el entorno del ámbito estudiado:

- Escenario RCP 4.5:
 - Nivel medio del mar: +0,1313 m.

⁴<https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar5/>

- Marea meteorológica (perc. 99,9%): -0,0039 m.
 - Nivel medio del mar compuesto: +0,1193 m.
 - Nivel del mar compuesto (perc. 99,9%): +0,1158 m.
- Escenario RCP 8.5:

- Nivel medio del mar: +0,1347 m.
- Marea meteorológica (perc. 99,9%): -0,0062 m.
- Nivel medio del mar compuesto: +0,1228 m.
- Nivel del mar compuesto (perc. 99,9%): +0,1214 m.

Respecto a la marea meteorológica o aumento episódico de la altura del mar como consecuencia de condiciones meteorológicas extremas, las previsiones de la Estrategia de adaptación al cambio climático del Ministerio para la transición ecológica, prevén una reducción en el periodo 2026-2045 de la influencia de las mismas como consecuencia del cambio climático, tanto en el RCP4.5 (-0,0039 m.) como en el RCP8.5 (-0,0062 m.).

7.0.2. Artículos y estudios específicos

Entre los diversos estudios y artículos encontrados centrados en el análisis de los efectos del cambio climático, y en particular por su referencia al entorno del País Vasco y su zona costera, destacan dos de ellos: "Aumento del nivel del mar en la costa vasca: una aproximación probabilística", de Elisa Sainz de Murieta⁵ y "Climate regime shifts and biodiversity redistribution in the Bay of Biscay", de Guillem Chust⁶.

El primero de estos artículos destaca, entre otras cosas, por incorporar en sus modelos y estimaciones la incertidumbre inherente al análisis estadístico de las proyecciones de aumento del nivel del mar. Precisamente por ello, estos autores recurren a modelos estocásticos como el Modelo Browniano Geométrico o GBM y el modelo de Distribución del Valor Extremo o GEV. De este modo, recomiendan no sólo centrarse en los valores medios de predicciones y modelos, sino considerar fundamentalmente los peores escenarios posibles, como los valores extremos (subidas del nivel del mar con una probabilidad de ocurrencia del 5%) e incluso el valor medio de estos valores extremos.

En cuanto a los resultados de dicho estudio, ambos modelos (GBM y GEV) estiman un incremento medio en el nivel del mar para la zona de Bermeo (punto de costos trabajos más cercano al entorno de Laida), de entre 24 y 27 cm para el año horizonte 2050 y para los RCP 4.5 y 8.5 (respecto al año de referencia 2000).

En cuanto a los valores extremos y de reducida probabilidad de ocurrencia en ambos modelos y escenarios de cambio climático, el entorno de Bermeo podría llegar

⁵Murieta, Abadie, Galarraga et al. 2018.

⁶Chust et al. 2022.

De acuerdo a los resultados de este proyecto "Kostaegoki", y de su modelización de zonas inundables, el ámbito de estudio presenta en la actualidad una cota de inundación en torno a los 5 m, y que podría ascender en el año 2050 unos 30 cm adicionales. Para el cálculo de estas cotas de inundación, la metodología utilizada tiene en cuenta múltiples parámetros como son el nivel medio del mar, la marea meteorológica, la marea astronómica y el oleaje, y considera en sus resultados la peor de las situaciones.

Teniendo en cuenta el año horizonte del presente estudio sobre los efectos del cambio climático en el entorno de Laida, resultan de interés para su consideración los escenarios climáticos correspondientes al año horizonte 2050.

Asimismo, el proyecto analiza hasta 10 escenarios climáticos diferentes y que abarcan los periodos de retorno de 100 y 500 años, para diferentes intervalos de tiempo (actual y años horizonte 2050 y 2100), considerando al mismo tiempo diferentes niveles de ascenso del nivel del mar en base a las previsiones de los escenarios RCP4.5 y RCP8.5 del IPCC (+26 cm para el 2050 y +51, +70 y +100 cm para el 2100).

Su principal objetivo es aportar información y herramientas relevantes con relación a los efectos del ascenso del nivel medio del mar provocado por el Cambio Climático e impacto del oleaje sobre la costa vasca, con objeto de hacer frente a los retos de este fenómeno global. Para ello recurre a diversos modelos y fuentes de datos para analizar aspectos como la inundación y la erosión en playas (aunque no incluye Laida).

El proyecto "Kostaegoki", impulsado por el Gobierno Vasco, se enmarca en el Plan de Impulso al Medio Ambiente (PIMA) Adapta Costas CCAA 2017, del Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico, dirigido a las Comunidades Autónomas, para desarrollar el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC).

7.0.3. Proyecto Kostaegoki

Respecto al segundo de los artículos considerados, el equipo de Guillem Chust basa sus observaciones y resultados, entre otros, en los datos obtenidos a partir de satélites y sus sensores, según los cuales, el Golfo de Bizkaia ha presentado entre los años 1993 y 2019, una tasa de aumento en el nivel del mar de $2,46 \pm 0,43$ cm por década.

Figura 7.2: Cotas de inundación en el entorno de la playa de Laida y alrededores para el año 2050 y un periodo de retorno de 500 años. Fuente: Gobierno Vasco



Figura 7.1: Cotas de inundación en el entorno de la playa de Laida y alrededores para la situación actual y un periodo de retorno de 500 años. Fuente: Gobierno Vasco



8. Conclusiones

8.1. Previsiones futuras en relación al nivel del mar

A la vista de los diferentes resultados, modelos y observaciones analizados a lo largo del presente documento, se aprecian dos tipos de previsiones en lo que respecta al posible incremento del nivel del mar en el ámbito estudiado. Una de ellas, con previsiones de incremento medio en torno a los 3 cm por década, como en caso de la "Estrategia de adaptación al cambio climático de la costa española", supondrían para el año 2050 un nivel medio del mar de entre 8,4 y 14 cm superior respecto al nivel actual (+13 cm para el año 2045 concretamente).

El segundo grupo de previsiones y modelos, como el del reciente proyecto autonómico "Kostaegokti", de Iñobe - Gobierno Vasco, es mucho más pesimista, y en lugar de valores medios, estiman valores extremos, de manera que para el año 2050 el incremento del nivel del mar podría llegar puntualmente a valores en torno a los 30 cm. No obstante, hay que tener en cuenta que los modelos considerados para dicho cálculo tienen en cuenta el efecto acumulativo de múltiples variables como son el nivel medio del mar, la marea astronómica, la marea astronómica y el oleaje, por lo que no será un valor medio sino que corresponderá a periodos de retorno de 100 y 500 años, ya que su objetivo es el de predecir las zonas en riesgo por inundabilidad de la costa del País Vasco como consecuencia del Cambio Climático.

Por lo tanto, se puede considerar que ambas aproximaciones resultan igualmente válidas y que, por lo tanto, es de esperar que, como valor general, para el año horizonte 2050 sea esperable un incremento de entre 8 y 14 cm del nivel medio del mar en la zona de playa situada bajo la concesión del Bar Atxarre, en Laida. Y que, adicionalmente a dicho valor medio, la conjunción de aspectos como marea meteorológica, marea astronómica y fuerte oleaje, podrían suponer que la zona afectada por inundación llegue hasta la cota de 5,3 m, 30 cm más que la existente en la actualidad.

En cualquier caso, la superficie y cota a la que se encuentra el Bar Atxarre está por encima de dichos niveles de marea. Concretamente, la zona de playa supramareal

de Laida presenta una cota de entre 2 y 3 metros de altitud ⁷, mientras que la zona de aparcamientos, terraza y acceso al propio Bar presentan una cota de 5.8 metros. Dicha diferencia de cota resulta evidente a la vista del muro de escollera del talud existente, y que se puede salvar para acceder a la zona de playa a través de 2 rampas de acceso, una al norte y otra al sur del propio Bar Atxarre. Dicho muro presenta una altura de entre 3 y 4 metros respecto a la propia playa, según zonas, tal y como se puede apreciar en las Figuras 8.1 y 8.2.

Es decir, se trata de un terreno que se encuentra muy por encima de la zona de influencia mareal, incluso para el año horizonte 2050 y la previsión de incremento del nivel del mar estimado en unos 8-14 cm adicionales al nivel actual. En el caso más extremo descrito previamente y para el que la zona inundable podría alcanzar la cota de 5.3 m, la diferencia de cota en este caso se reduciría significativamente pudiendo quedar la zona inundable muy próxima a la cota del terreno (el entorno del Bar Atxerre está a unos 5.8 m); aunque la probabilidad de ocurrencia de estos eventos es muy reducida (períodos de retorno de 100 y 500 años).

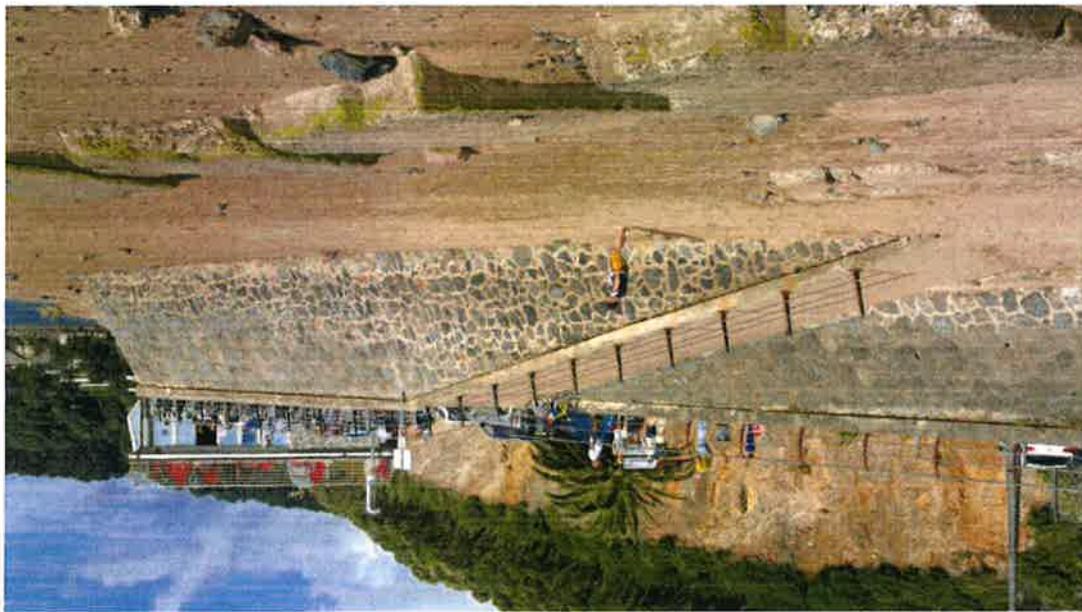


Figura 8.1: Vista general desde la playa y rampa de acceso al norte del Bar

⁷Altitudes tomadas de la cartografía del Gobierno Vasco y vuelo LIDAR 2017

De acuerdo a los resultados y previsiones a futuro de la "Estrategia de adaptación al cambio climático de la costa española", para el periodo 2026-2045 (el siguiente periodo considerado en dicha Estrategia excede enormemente el año horizonte del presente documento al ser de 2081-2100) en el ámbito estudiado se esperan algunos cambios o variaciones respecto a los valores actuales (periodo de referencia 1985-2005), los cuales se han resumido en la Tabla 8.1.

8.2. Previsiones futuras en relación al oleaje

Figura 8.3: Rampa de acceso a la playa en la zona sur del Bar



Figura 8.2: Vista general desde la playa



Es decir, a la vista del resultado de los trabajos en el marco de la Estrategia de Adaptación al Cambio Climático del Ministerio para la transición ecológica, no se esperan diferencias significativas en los parámetros que caracterizan el oleaje de esta zona, con muy leves reducciones en la mayor parte de las variables, siendo prácticamente despreciables y sin consecuencias respecto a la situación actual.

Tabla 8.1: Resumen de las variaciones previstas para el período 2026-2045 en relación a las características del oleaje en el Nodo SIMAR 3164034. Fuente: Estrategia de adaptación al cambio climático del Ministerio para la transición ecológica

RCP4.5		RCP8.5	
Hs-m Actual (m)	0.8957	Hs-m Actual (m)	0.8957
Var. Hs-m (m)	-0.0151	Var. Hs-m (m)	-0.0120
Int. Conf. 5 % y 95 %	-0.0304, 0.0002	Int. Conf. 5 % y 95 %	-0.0280, 0.0039
Hs-99.9 % Actual (m)	3.5408	Hs-99.9 % Actual (m)	3.5408
Var. Hs-99.9 % (m)	-0.0056	Var. Hs-99.9 % (m)	-0.0119
Int. Conf. 5 % y 95 %	-0.1164, 0.1053	Int. Conf. 5 % y 95 %	-0.0925, 0.0686
Tp-m Actual (s)	10.3050	Tp-m Actual (s)	10.3050
Var. Tp-m (s)	-0.0944	Var. Tp-m (s)	-0.1316
Int. Conf. 5 % y 95 %	-0.1619, -0.0270	Int. Conf. 5 % y 95 %	-0.2417, -0.0216
Tp-99.9 % Actual (s)	18.1818	Tp-99.9 % Actual (s)	18.1818
Var. Tp-99.9 % (s)	-0.0205	Var. Tp-99.9 % (s)	-0.0861
Int. Conf. 5 % y 95 %	-0.1223, 0.0813	Int. Conf. 5 % y 95 %	-0.4281, 0.2560
Dir Actual (\circ)	330.6947	Dir Actual (\circ)	330.6947
Var. Dir (\circ)	0.3557	Var. Dir (\circ)	0.2624
Int. Conf. 5 % y 95 %	-0.2409, 0.9523	Int. Conf. 5 % y 95 %	-0.3407, 0.8655

En cuanto a la variación de la dirección de procedencia del oleaje, se prevé que se incrementa ligeramente, es decir, que partiendo de los 330.69° del período de referencia, rote menos de un grado hacia el este, para situarse en torno a los 331°.

Respecto a las variaciones en el período de las olas, en ambos escenarios se prevén reducciones del orden de centésimas de segundo, o de décimas según los intervalos de confianza calculados.

La variación en la altura de ola para el percentil 99.9 es de apenas 5 mm en el escenario RCP4.5 y de 1 cm en el RCP8.5.

Concretamente, las previsiones parecen mostrar una muy pequeña reducción respecto a los valores actuales. Así, por ejemplo, para el escenario RCP4.5 se espera que para el año 2045 la altura media significativa de ola se reduzca en 1.5 cm (hasta 3 cm teniendo en cuenta el intervalo de confianza del 5 % de los datos). Por su parte, para el escenario RCP8.5 esta misma variación en la media de la altura de ola sería algo menor, del orden de 1.2 cm respecto al valor de referencia de 2005.

8.3. Medidas de adaptación

Teniendo en cuenta los efectos del cambio climático en el entorno de la concesión del Bar Atxarre, en Laida, descritos en el presente documento, así como las características y naturaleza de dicho entorno, que permiten que se sitúe por encima de las previsiones de incremento del nivel del mar, además de tratarse de una zona estuarina fuera del efecto directo del oleaje (al menos en condiciones normales y muy eventualmente para periodos de retorno de 100 y 500 años), se estima que no será necesaria la aplicación de medidas específicas protectoras o correctoras adicionales a las ya existentes.

No obstante, se recomienda considerar la necesidad de controlar e informar de los posibles efectos y daños que pudieran tener lugar de manera eventual como consecuencia de fuertes temporales, especialmente en relación a posibles pérdidas de arena y materiales en la base de muros o las rampas de acceso a la playa, como ya ha ocurrido en enero de 2015. En este caso los daños se centraron fundamentalmente en la pérdida de la playa supramareal de Laida, con el posible efecto sobre el turismo y el ocio, aunque hay que tener en cuenta que esto es un hecho natural, y propio de la dinámica de un estuario, y que suele recuperarse de forma natural en cuanto se recupera el régimen normal de mareas y oleaje, aunque con frecuencia se refuerza esta recuperación mediante actuaciones directas de aporte de arena de otros puntos de la zona.



Figura 8.4: Pérdida de parte de la cimentación de la rampa sur de acceso a la playa como consecuencia de los fuertes temporales de finales de enero de 2015. Fuente: Plan Litoral 2015: Erosión en playas de la provincia

Pero además de la pérdida de arena de la zona de playa, estos temporales de finales de enero de 2015 también produjeron algunos descabezados del muro de escollera en la parte central de la playa de Laida, o de la cimentación de la rampa sur de

ALBUREN CONSULTORIA MEDIOAMBIENTAL, S.L.
alburen@alburen.com
944 07 07 81 / 618 499 124

Oscar Ruiz Reyes
Licenciado En CC. Ambientales Y En Biología

En Bermeo, a 13 de julio de 2022

78872652V
OSCAR RUIZ
(R: B95660486)
Firmado digitalmente por OSCAR RUIZ (R: B95660486)
Fecha: 2022.07.13 10:35:53 +02'00'

Figura 8.5: Desperfectos en la barandilla de madera de la rampa sur de acceso a la playa como consecuencia de los fuertes temporales de finales de enero de 2015. Fuente: Plan Litoral 2015: Erosión en playas de la provincia



acceso a la playa (ver Figura 8.4); lo que afectó también a la barandilla de madera de la misma (ver Figura 8.5). Teniendo esto en cuenta, se considera que éstos son el tipo de efectos que se podría seguir esperando en el futuro de manera muy puntual, aunque siendo precisos, ninguna de esas afectaciones tuvo lugar dentro del ámbito de la concesión del Bar Atxarre.

Bibliografía

Cearreta, A, MEI Monge-Ganzuzas y E Irarte (2006). «Seguimiento morfofisiológico de la desembocadura del estuario de Oka (Mundakaka-Ibarrangelu, Reserva de la Biosfera de Urdabai): 2005e2006». En: *Basque Government* 131.

Chust, Guillem et al. (2022). «Climate regime shifts and biodiversity redistribution in the Bay of Biscay». En: *Science of The Total Environment* 803, pág. 149622.

Murjeta, Elisa Sainz de, Luis María Abadie, Ibon Galarraga et al. (2018). «Aumento del nivel del mar en la costa vasca: una aproximación probabilística». En: *EKONOMIAZ. Revista vasca de Economía* 94.02, págs. 324-344.