



Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía
CONSEJERÍA DE FOMENTO Y VIVIENDA



Universidad de Granada

Unión Europea



Fondo Europeo
de Desarrollo Regional

G-GI3002/IDII

Dragados en el sistema portuario andaluz: método para la gestión y toma de decisiones

Universidad de Granada, Universidad de
Córdoba



TAREA 2:

**Caracterización de la Zona de Estudio y Clima Marítimo.
Carboneras**



Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía
CONSEJERÍA DE FOMENTO Y VIVIENDA



Universidad de Granada

Unión Europea



Fondo Europeo
de Desarrollo Regional

29/04/2015

ÍNDICE:

1. INTRODUCCIÓN	7
1.1. MOTIVACIÓN	7
1.2. ANTECEDENTES	7
1.3. SITUACIÓN ACTUAL.....	10
1.3.1. <i>Problemática y principales peculiaridades</i>	12
1.4. OBJETIVOS.....	17
1.4.1. <i>Objetivo general</i>	17
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i>	17
2. CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	18
2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	18
2.1.1. <i>Ámbito y escala de la zona de estudio</i>	19
2.1.2. <i>Geología y geomorfología</i>	20
2.1.3. <i>Topografía</i>	24
2.1.4. <i>Geología marina</i>	26
2.1.5. <i>Batimetría</i>	28
2.1.6. <i>Perfiles transversales a la costa</i>	31
2.1.7. <i>Evolución de la línea de costa</i>	33
3. CLIMA MARÍTIMO EN LA ZONA DE ESTUDIO.....	36
3.1. DATOS PARA EL ESTUDIO DEL CLIMA MARÍTIMO DE LA ZONA DE ESTUDIO	36
Características de los datos	37
3.2. OLEAJE	38
3.2.1. <i>Descripción general del oleaje en profundidades indefinidas</i>	38
Resumen de resultados parciales	45
3.2.2. <i>Régimen medio anual de Hs en profundidades indefinidas</i>	45
Régimen medio escalar	46
Régimen medio direccional ENE	47
Régimen medio direccional SW	48
Resumen de resultados parciales	48
3.2.3. <i>Régimen extremal de Hs en profundidades indefinidas</i>	49
Régimen extremal escalar	50
Régimen extremal direccional ENE.....	50
Régimen extremal direccional SW.....	51
3.3. VIENTO	52
3.3.1. <i>Descripción general del viento en profundidades indefinidas</i>	52
Resumen de resultados parciales	54
3.3.2. <i>Régimen medio anual de V_v en profundidades indefinidas</i>	55
Régimen medio escalar	56
Régimen medio direccional NNE	56
Régimen medio direccional SW	57
Resumen de resultados parciales	57
3.3.3. <i>Régimen extremal de V_v en profundidades indefinidas</i>	58
Régimen extremal escalar	59
Régimen extremal direccional NNE	59
Régimen extremal direccional SW.....	60



ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. EJE CRONOLÓGICO DE LAS ACTUACIONES EN EL PTO. DE CARBONERAS.....	8
FIGURA 2. VOLUMEN DRAGADO EN LAS ACTUACIONES EN EL PTO. DE CARBONERAS.....	8
FIGURA 3. PRESUPUESTOS DE LIQUIDACIÓN DE CADA UNA DE LAS ACTUACIONES EN EL PUERTO DE CARBONERAS.....	9
FIGURA 4. PRECIOS MEDIOS DE LA EJECUCIÓN DE UN METRO CÚBICO EN LAS ACTUACIONES EN EL PTO. DE CARBONERAS.....	9
FIGURA 5. UBICACIÓN DEL PUERTO DE CARBONERAS.....	10
FIGURA 6. VISTA AÉREA DE LOS TRES PUERTOS DE CARBONERAS.....	10
FIGURA 7. FOTOGRAFÍA AÉREA DEL PTO. PESQUERO DE CARBONERAS.....	11
FIGURA 8. VARIACIÓN LÍNEA DE PLAYA CREADA POR EL CONTRADIQUE.....	12
FIGURA 9. LOCALIZACIÓN ISLA DE SAN ANDRÉS.....	13
FIGURA 10. MAPA ZONAS RED NATURA 2000.....	14
FIGURA 11. CALADEROS DE LA ZONA JUNTO A LA RED DE ESPACIOS PROTEGIDOS.....	15
FIGURA 12. FOTOGRAFÍA EMPLAZAMIENTO PUEBLO DE CARBONERAS.....	18
FIGURA 13. PLANO LOCALIZACIÓN PLAYAS DE CARBONERAS.....	19
FIGURA 14. SITUACIÓN GEOLÓGICA DE LAS CUENTAS ALMERIENSES.....	20
FIGURA 15. FALLAS PRINCIPALES EN LA ZONA DE ESTUDIO.....	21
FIGURA 16. ESQUEMA ESTRATIGRÁFICO.....	22
FIGURA 17. MAPA GEOLÓGICO DEL LEVANTE ALMERIENSE.....	23
FIGURA 18. DISTRIBUCIÓN GEOLÓGICA EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE CARBONERAS.....	23
FIGURA 19. MAPA CON LA NUMERACIÓN DE LAS HOJAS DEL MTN50.....	24
FIGURA 20. TOPOGRAFÍA DE LA ZONA TRAS SU TRATAMIENTO EN MATLAB.....	25
FIGURA 21. MODELO 3D COSTA DE CARBONERAS.....	25
FIGURA 22. MAPA GEOLOGÍA FONDO MARINO.....	26
FIGURA 23. LOCALIZACIÓN PUNTOS RECOGIDA DE MUESTRAS.....	27
FIGURA 24. ENSAYO GRANULOMÉTRICO EN EL PUNTO 1.....	27
FIGURA 25. BATIMETRÍA.....	29
FIGURA 26. BATIMETRÍA ZONA DEL PUERTO. LÍNEAS CADA METRO.....	29
FIGURA 27. ESQUEMA EN 3D DE LA BATIMETRÍA DE LA ZONA.....	30
FIGURA 28. PLANO BATIMETRÍA PUERTO DE CARBONERAS.....	31
FIGURA 29. PERFILES TRANSVERSALES A LA COSTA SOBRE MODELO 3D.....	32
FIGURA 30. PERFIL PLAYA DE LAS MARTINICAS.....	32
FIGURA 31. PERFIL A LA ALTURA DEL DIQUE DEL PTO.....	32
FIGURA 32. PERFIL PLAYA LOS BARQUICOS.....	33
FIGURA 33. PERFIL A LA ALTURA DE LA ISLA.....	33
FIGURA 34. PERFIL PLAYA EL LANCÓN.....	33
FIGURA 35. EVOLUCIÓN LÍNEA DE COSTA ZONA DEL PUERTO.....	34
FIGURA 36. EVOLUCIÓN LÍNEA DE COSTA ZONA AGUAS ARRIBA.....	34
FIGURA 37. LOCALIZACIÓN DE LAS RAMBLAS.....	35
FIGURA 38. LOCALIZACIÓN PUNTO SIMAR.....	36
FIGURA 39. SERIE TEMPORAL DE ALTURA DE OLA (M).....	38
FIGURA 40. HISTOGRAMA DE ALTURA DE OLA.....	39
FIGURA 41. GRÁFICO DE DISPERSIÓN HS-TP.....	39
FIGURA 42. ALTURA SIGNIFICANTE DE OLA - PERIODO PICO.....	41
FIGURA 43. GRÁFICO DE DISPERSIÓN TP-DM.....	41
FIGURA 44. HISTOGRAMA DE DIRECCIONES MEDIAS DE PROCEDENCIA.....	43
FIGURA 45. GRÁFICO DE DISPERSIÓN HS-DM DEL OLAJE.....	43



FIGURA 46. ROSA DEL OLEAJE	45
FIGURA 47. FUNCIÓN DE DENSIDAD ESCALAR	46
FIGURA 48. FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN ESCALAR	46
FIGURA 49. FUNCIÓN DISTRIBUCIÓN ESCALAR EN PAPEL PROBABILÍSTICO NORMAL	46
FIGURA 50. FUNCIÓN DE DENSIDAD DIRECCIONAL: ENE.....	47
FIGURA 51. FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN DIRECCIONAL: ENE	47
FIGURA 52. FUNCIÓN DISTRIBUCIÓN DIRECCIONAL ENE EN PAPEL PROBABILÍSTICO NORMAL	47
FIGURA 53. FUNCIÓN DE DENSIDAD DIRECCIONAL: SW	48
FIGURA 54. FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN DIRECCIONAL: SW	48
FIGURA 55. FUNCIÓN DISTRIBUCIÓN DIRECCIONAL SW EN PAPEL PROBABILÍSTICO NORMAL	48
FIGURA 56. PICOS DE ALTURA DE OLA SOBRE UMBRAL CON HSU = 2 M	49
FIGURA 57. FUNCIÓN DE DENSIDAD ESCALAR	50
FIGURA 58. FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN ESCALAR.....	50
FIGURA 59. FUNCIÓN DE DENSIDAD DIRECCIONAL:ENE	50
FIGURA 60. FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN DIRECCIONAL:ENE	50
FIGURA 61. FUNCIÓN DE DENSIDAD DIRECCIONAL:SW	51
FIGURA 62. FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN DIRECCIONAL:SW	51
FIGURA 63. HISTOGRAMA DE ALTURA DE VELOCIDADES DE VIENTO.....	52
FIGURA 64. HISTOGRAMA DE DIRECCIONES MEDIAS DE PROCEDENCIA.....	53
FIGURA 65. GRÁFICO DE DISPERSIÓN V_v Y θ_v	53
FIGURA 66. ROSA DE LOS VIENTOS.....	54
FIGURA 67. FUNCIÓN DE DENSIDAD ESCALAR. Vv	56
FIGURA 68. FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN ESCALAR. Vv	56
FIGURA 69. FUNCIÓN DE DENSIDAD DIRECCIONAL NNE. Vv	56
FIGURA 70. FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN DIRECCIONAL NNE. Vv	56
FIGURA 71. FUNCIÓN DE DENSIDAD DIRECCIONAL SW. Vv	57
FIGURA 72. FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN DIRECCIONAL SW. Vv	57
FIGURA 73. PICOS DE VELOCIDAD DE VIENTO SOBRE UMBRAL CON $V_v = 10,4$ M/S.....	58
FIGURA 74. FUNCIÓN DE DENSIDAD ESCALAR	59
FIGURA 75. FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN ESCALAR.....	59
FIGURA 76. FUNCIÓN DE DENSIDAD DIRECC. NNE	59
FIGURA 77. FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN DIRECC. NNE	59
FIGURA 78. FUNCIÓN DE DENSIDAD DIRECC. SW	60
FIGURA 79. FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN DIRECC. SW.....	60

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. EXTRACTO BASE DE DATOS FACILITADOS POR LA APPA	16
TABLA 2. EXTRACTO BASE DE DATOS FACILITADOS POR LA APPA	26
TABLA 3. COORDENADAS PUNTOS SIMAR	37
TABLA 4. PORCENTAJE DE ALTURAS DE OLA.....	39
TABLA 5. PERIODO PICO (s) – ALTURA DE OLA SIGNIFICANTE (M)	40
TABLA 6. PORCENTAJE DE PERIODOS PICO	41
TABLA 7. PERIODO PICO (s) – DIRECCIÓN MEDIA DE PROCEDENCIA DEL OLEAJE (°).....	42
TABLA 8. PORCENTAJE DE DIRECCIONES MEDIAS DE PROCEDENCIA.....	43
TABLA 9 ALTURA DE OLA SIGNIFICANTE (M) – DIRECCIÓN MEDIA DE PROCEDENCIA DEL OLEAJE (°).....	44
TABLA 10. PARÁMETROS DE LA DISTRIBUCIÓN TIPO WEIBULL PARA EL RÉGIMEN MEDIO	46



TABLA 11. TABLA RESUMEN DEL RÉGIMEN MEDIO PARA LA ALTURA DE OLA.....	48
TABLA 12. PARÁMETROS DE AJUSTE PARA EL RÉGIMEN EXTREMAL ESCALAR	50
TABLA 13. PARÁMETROS DE AJUSTE PARA RÉGIMEN EXTREMAL DIRECCIONAL: ENE.....	50
TABLA 14. PARÁMETROS DE AJUSTE PARA RÉGIMEN EXTREMAL DIRECCIONAL: SW	51
TABLA 15. PORCENTAJES DE VELOCIDADES DE VIENTO	52
TABLA 16. PORCENTAJES DE DIRECCIONES MEDIAS DE PROCEDENCIA	53
TABLA 17. PARÁMETROS DE LA DISTRIBUCIÓN TIPO WEIBULL PARA EL RÉGIMEN MEDIO	55
TABLA 18. TABLA RESUMEN DEL RÉGIMEN MEDIO PARA LA VELOCIDAD DEL VIENTO.	57
TABLA 19. PARÁMETROS DE AJUSTE PARA RÉGIMEN EXTREMAL ESCALAR.	59
TABLA 20. PARÁMETROS DE AJUSTE PARA RÉGIMEN EXTREMAL DIRECCIONAL NNE	59
TABLA 21. PARÁMETROS DE AJUSTE PARA RÉGIMEN EXTREMAL DIRECCIONAL SW	60



1. Introducción

1.1. Motivación

El presente proyecto se encuadra en una zona un tanto peculiar dentro de la geografía española. Nos encontramos en el Levante almeriense, en dicha zona conviven espacios naturales de alto valor ecológico y actividades industriales de elevado impacto económico comarcal y regional, de las cuales, las relacionadas con la actividad portuaria tienen un peso significativo. Desde el punto de vista ambiental y socioeconómico cabe destacar las siguientes bases sobre las que se asienta la motivación de este informe técnico:

- La existencia de espacios naturales protegidos por figuras tanto comunitarias como nacionales y regionales. Estos ecosistemas presentan una elevada producción biológica, tanto primaria como secundaria.
- Diversas actuaciones antrópicas han podido modificar significativamente el esquema circulatorio y la dinámica litoral natural. Lo cual ha podido ser una afección ambiental y haber podido cambiar las condiciones que favorecen el desarrollo de la vida.
- La actividad portuaria representa uno de los pilares de la economía de la región.
- Busca de una gestión más económica y eficiente en el sistema de dragado actual.

1.2. Antecedentes

Este informe se encuadra dentro de la TAREA 2: “Caracterización de las zonas de estudio” como parte del proyecto “Dragados en el sistema portuario andaluz: método para la gestión y toma de decisiones”. Este proyecto permitirá contribuir al conocimiento de los procesos físicos para concebir y diseñar así estrategias de dragado compatibles con el entorno natural y que aprovechen favorablemente la contribución de los agentes naturales. El informe ha sido realizado por Ángela Tintoré Parra y Rafael Bergillos Meca, bajo la dirección del IP del Proyecto Miguel Ortega Sánchez.

Con la realización de la TAREA 1, consistente en la recopilación de información, en la cual se consultaron más de 60 actuaciones de dragado llevadas a cabo en diferentes puertos de Andalucía, titularidad de la Agencia Pública de Puertos de Andalucía (a partir de ahora APPA), y su posterior tratamiento, se obtuvo como resultado una completa y actualizada base de datos.

A la luz de los datos obtenidos se llega a la conclusión de que una de las zonas prioritarias de estudio sea el puerto de Carboneras (Almería).

En este gráfico se muestran las actuaciones llevadas a cabo en el puerto pesquero de Carboneras. Las fechas marcadas coinciden con la redacción del proyecto, no con la realización de las obras.



Figura 1. Eje cronológico de las actuaciones en el Pto. de Carboneras

A primera vista, se aprecia que el puerto de Carboneras, no requiere ser dragado periódicamente cada cierto tiempo.

En los 3 dragados realizados hasta el momento el volumen extraído ha sido el siguiente:

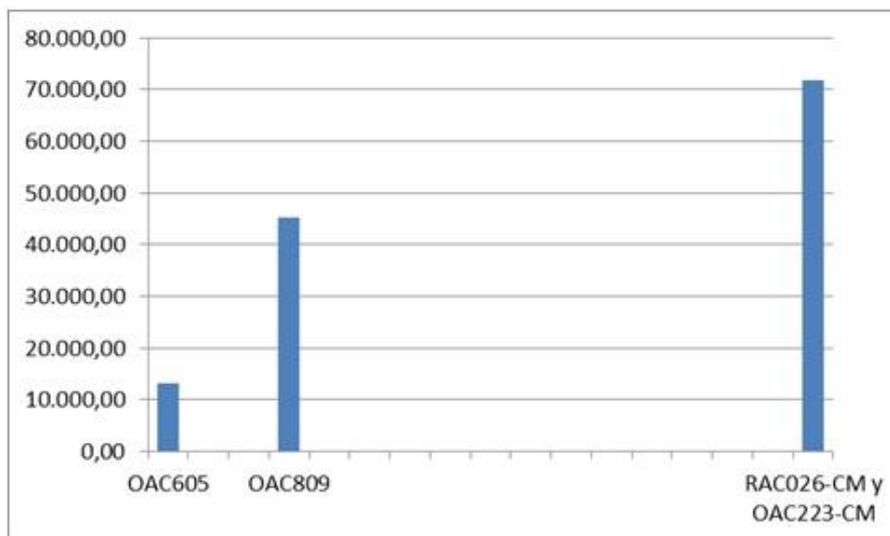


Figura 2. Volumen dragado en las actuaciones en el Pto. de Carboneras

Se ve claramente que el de mayor volumen dragado ha sido el último, el realizado en 2012. También cabe destacar que en la última actuación la cota máxima de dragado es de -6,00 B.M.V.E. frente a los -5,00 B.M.V.E. de las actuaciones anteriores y que el talud máximo es de 6:1 en la última actuación mientras que en las predecesoras fue de 2:1 y 4:1.

El presupuesto total destinado a actuaciones de dragado en el Puerto de Carboneras es de **1.298.222,07€** que se reparten por actuaciones del siguiente modo:

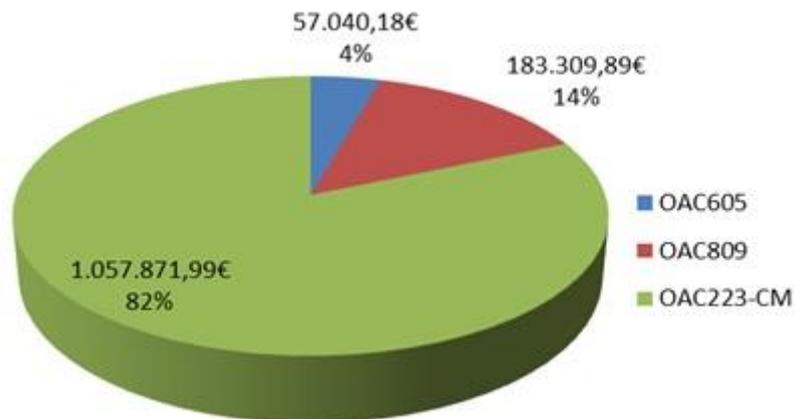


Figura 3. Presupuestos de liquidación de cada una de las actuaciones en el Puerto de Carboneras

Se observa también con facilidad que el mayor presupuesto se ha alcanzado en la actuación más reciente. Lo cual es fácilmente deducible si se analiza los precios medios de ejecución de 1m^3 de dragado según las diferentes actuaciones.

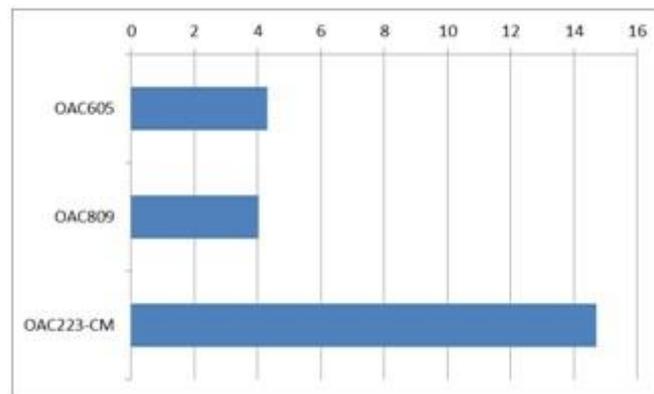


Figura 4. Precios medios de la ejecución de un metro cúbico en las actuaciones en el Pto. de Carboneras.

Vemos que en la última actuación se alcanza un precio medio de ejecución casi de 15€, superior al alcanzado en las dos primeras actuaciones. El precio medio de la ejecución de 1m^3 de dragado en el Puerto de Carboneras es de **9,95€**.

Por último, con respecto a los materiales que se han extraído y su utilización han sido: por lado **arenas** y por otro lado **arenas con fangos**. El destino de estos materiales ha sido vertido a mar abierto o regeneración de playas para el primer caso y vertido en vertedero autorizado para el segundo caso. En la última actuación, también mencionar que el material dragado en el interior de la dársena del puerto, el cual son arenas fue destinado a la regeneración de una cantera en la localidad de Níjar.

1.3. Situación actual

Carboneras es un municipio de la provincia de Almería, Andalucía, situado en la comarca del Levante Almeriense, a una altitud de 10 msnm y a 63 km. de la capital de provincia, Almería.



Figura 5. Ubicación del puerto de Carboneras

Primeramente es conveniente mencionar que el pueblo de Carboneras tiene 3 puertos, 2 de ellos son comerciales, y el puerto pesquero, el cual está situado más al norte y el cual es objeto de nuestro proyecto.

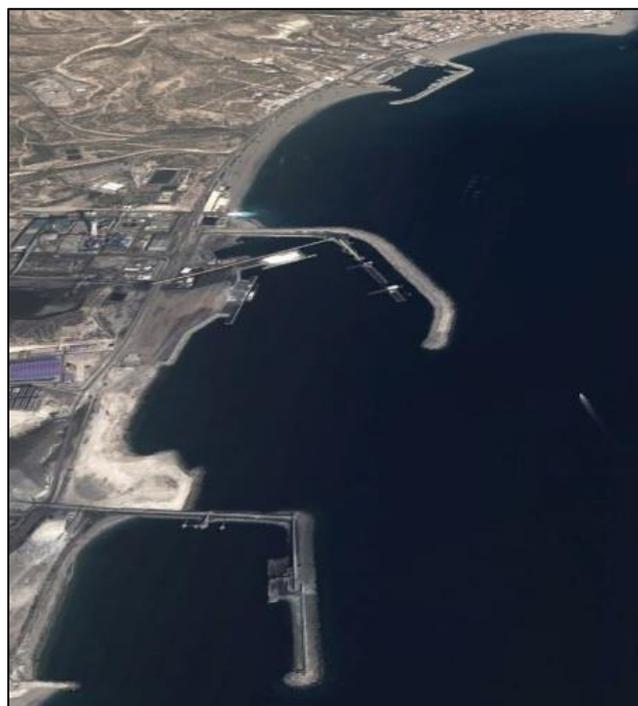


Figura 6. Vista aérea de los tres puertos de Carboneras

La pesca sigue teniendo una gran importancia en el “pueblocico”, como es conocido coloquialmente Carboneras, aun así, se desprende un ambiente pesimista (bien es cierto que esta situación ha sido más o menos general a lo largo del litoral andaluz), y varios buques están esperando el desguace. La modalidad pesquera predominante es el palangre de superficie, llevando a cabo importantes desplazamientos en busca de sus capturas. Esto influye bastante en la vida del pueblo, pues hay grandes temporadas en las que los marineros están lejos de sus casas. Y como no, también influye en la economía, ya que cuando los barcos están en puerto las actividades incrementan su dinamismo.

En total, aproximadamente, la flota de Carboneras está formada por 65 buques que desplazan 3.167,8 GT y tienen una potencia registrada de 9.624,8 CV. De este total, 37 buques se dedican al palangre de superficie, así, hablar de palangre de superficie en Andalucía es hacer alusión a Carboneras, que dispone de la flota más importante en esta modalidad. La siguiente modalidad más numerosa en el puerto carbonero son los artes menores, mientras que el rastro, el cerco, el arrastre de fondo y el palangre de fondo tienen mucho menos protagonismo.



Figura 7. Fotografía aérea del Pto. pesquero de Carboneras

La **geometría actual** del puerto se describe, a grandes rasgos, del siguiente modo:

1. Un primer dique que frena el tren de olas originados por los vientos del primer cuadrante (Norte-Noreste), generando así un espacio inicial de agua abrigada que aprovecha las condiciones de la ensenada. Dicho dique posee un morro circular cuyas coordenadas son: Latitud: 36º59' 17,08" N Longitud: 1º 53' 53,31" O.
2. Un contradique que frena los temporales del sur.
3. Las instalaciones con las que cuenta el puerto son las siguientes: Lonja, la cual tiene una superficie total de 1.481,33 m² y dispone de una sala para la subasta de las capturas, cámaras frigoríficas y oficinas, cuartos de armadores, suministro combustibles (gasolina y gasoil) y varadero.

1.3.1. Problemática y principales peculiaridades

Como se ha comentado con anterioridad el puerto de Carboneras no es un puerto que necesite un dragado periódico de frecuencia fija. Pero es obvio que con el paso del tiempo va sufriendo pérdida de calado que complica la operatividad de los buques que en él operan.

El primer punto a destacar es que observando las ortofotos de años sucesivos del puerto y sus zonas adyacentes vemos que la playa creada gracias al contradique está creciendo cada vez más en la parte pegada al citado contradique. En la siguiente imagen podemos ver la variación en la línea de costa de esta playa desde 1956 cuando aún no existía el puerto hasta 2009.



Figura 8. Variación línea de playa creada por el contradique

Observando esta imagen se ve la situación mencionada. Una vez llegado al extremo del contradique el sedimento, por la propia dinámica litoral, puede entrar en el puerto arrastrado por las corrientes en esta dirección. Este hecho presenta un punto muy peculiar también, que merece ser estudiado con detenimiento, ya que esta playa se encuentra abrigada entre el puerto pesquero y el puerto comercial de Purcasa, y por lo tanto la alimentación de esta playa tiene que ser debida a un proceso un tanto peculiar. Se tratará de conocer a fondo la zona con la ayuda del modelo numérico.

En el año 2001 vemos un retroceso en esta línea de playa. Esto puede ser debido a acción antrópica, consecuencia de la actuación de dragado efectuada en el año 1999.

Otro punto característico de la zona es la presencia de la isla de San Andrés, que está situada a apenas un kilómetro de la costa, a la altura del puerto pesquero de Carboneras. Esta isla puede representar un punto determinante en la dinámica litoral de la zona y como consecuencia de la

creación o erosión de las playas adyacentes. Por este motivo también se analizará con detenimiento y se utilizará el modelo para ver cómo de significativa es la presencia de esta isla.



Figura 9. Localización isla de San Andrés

Además de estos factores, el Puerto de Carboneras posee una serie de **limitaciones en cuanto a la gestión y vertido del material dragado**. Vemos a continuación dichas limitaciones.

Como ya dijimos al comienzo una de las principales peculiaridades de este proyecto es que nos encontramos en una zona que tiene un gran valor ambiental y que está rodeada de espacios naturales protegidos.

Carboneras se encuentra rodeada del **Parque Natural de Cabo de Gata**, el cual ocupa ciertas zonas de su término municipal. Estos espacios pertenecen a la **Red Natura 2000**. Debido a la gran protección ambiental de estas áreas, cerca de estas hay que actuar con mucha cautela. La red Natura 2000 es una red ecológica europea de áreas de conservación de la biodiversidad. Es establecida con arreglo a la Directiva 92/43/CEE, sobre la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres, (conocida como Directiva Hábitats) de 1992. Consta de **Zonas Especiales de Conservación (ZEC)** establecidas de acuerdo con la Directiva Hábitat y de **Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA)** designadas en virtud de la Directiva 79/409/CEE (Directiva Aves) de 1979. También consta de Lugares de Importancia Comunitaria (LIC) que con el paso del tiempo pasan a ser Zonas Especiales de Conservación (ZEC). Su finalidad es asegurar la supervivencia a largo plazo de las especies y los tipos de hábitat en Europa, contribuyendo a detener la pérdida de biodiversidad. Es el principal instrumento para la conservación de la naturaleza en la Unión Europea.

La trayectoria que ha seguido el Parque Natural de Cabo de Gata desde que fue nombrado Parque Natural hasta la actualidad ha sido la siguiente.

- 1987

La extensa zona de 26.000 hectáreas que comprende la costa y sierra de Cabo de Gata y una enorme franja costera de Níjar fueron declaradas Parque Natural el 23 de diciembre de 1987

- 1994

Se amplió el territorio del Parque Natural en 1994 con la inclusión de gran parte del término municipal de Carboneras. En la actualidad su extensión es de 38.000 hectáreas terrestres y 12.000 marinas. Aquí se ve que las zonas protegidas son tanto zonas emergidas como zonas sumergidas.

- 1997

El Parque fue declarado por la UNESCO “Reserva de la Biosfera”, obteniendo también las denominaciones de “Zona de Especial Protección para las Aves” (ZEPA), “Zona RAMSA”, “Lugar de Interés Comunitario” y, muy recientemente, “Zona de Especial Interés del Mediterráneo” (ZEPIM).

- 2006

La UE aprueba definitivamente los Lugares de Interés Comunitario que pasan a integrar la Red Natura 2000. El Parque de Cabo de Gata es uno de los LIC incluidos, contando con una extensión total de 49.547,10 hectáreas.

Se muestra un mapa donde aparecen delimitados todos los espacios protegidos de la Red Natura 2000 de nuestra zona, divididos en Zonas LIC, ZEC y ZEPA.

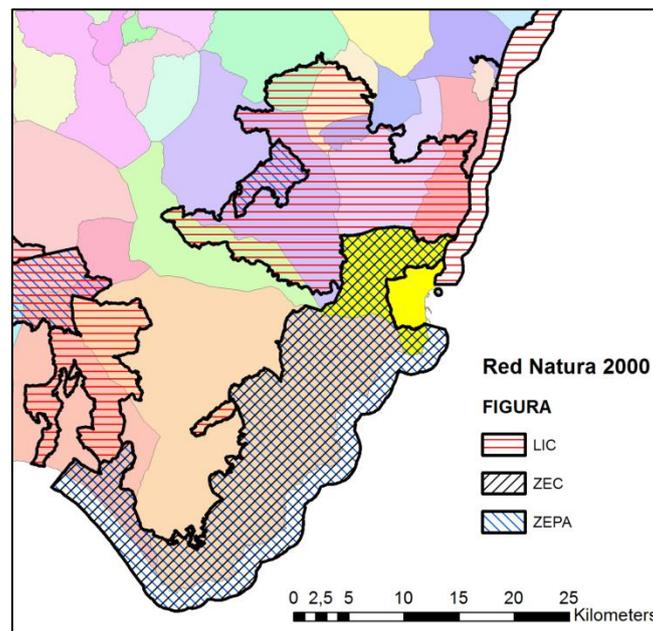


Figura 10. Mapa Zonas Red Natura 2000

Como se puede observar en la figura esto puede representar una gran limitación a la hora del vertido del material dragado, puesto que son zonas muy especiales y la actuación en ellas debe ser bien estudiada y analizada. Hay que analizar muy bien los valores ambientales que fueron tenidos en cuenta para su catalogación o hábitats o especies prioritarios localizados en sus programas de seguimiento y los objetivos de conservación de los mismos, así como hacer una

estimación de la probabilidad de que el vertido o colocación les pudiera afectar atendiendo a la dispersión de los sedimentos en función del hidrodinamismo de la zona. Se asegurará que las actuaciones de reubicación de los materiales resultan compatibles con los objetivos de conservación de estos espacios.

Las obras de mantenimiento que se realicen en el interior o las inmediaciones de un espacio Natura 2000 deben estar concebidas específicamente para cada zona costera. A esta limitación se le suma la presencia de tres grandes caladeros próximos a la costa de Carboneras. Esta presencia también reduce libertad a la hora del vertido en el mar del material dragado. Las especies que se pueden encontrar en estos caladeros son: sardina, boquerón, caballa, jurel, pez espada, marrajo, bonito, melva, atún, lecha, jibia, salmonete, breca y pulpo.

En la siguiente figura se muestra la localización de estos caladeros y su posición relativa con respecto a las zonas pertenecientes a la Red Natura 2000.

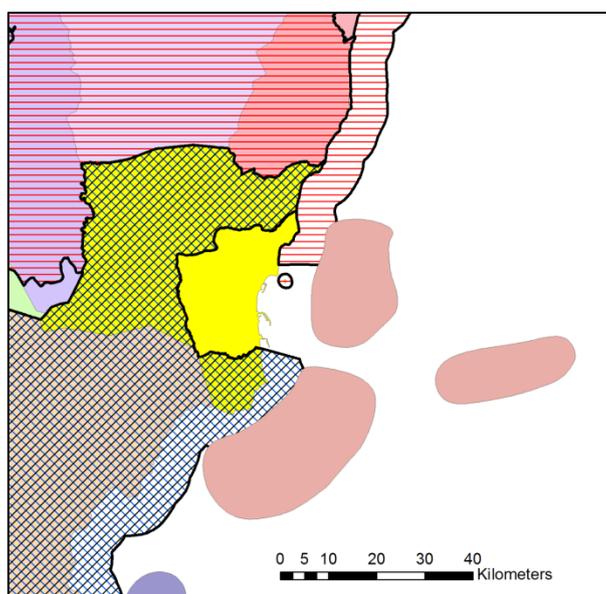


Figura 11. Caladeros de la zona junto a la red de espacios protegidos

Observando esta última figura se ve como el área que encierran todas las limitaciones hasta ahora citadas es algo reducida. A todas estas áreas peculiares habría que añadir otra franja que correspondería con los primeros metros de costa, puesto que esta área está restringida al vertido de material dragado hasta una profundidad aproximada de 25 metros. Entre las variables que van a jugar un papel predominante en la localización del punto de vertido del material se encuentra como es de esperar el tipo y categoría del material. Siendo así, según el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas se definen a grandes rasgos 3 categorías de materiales:

- **Categoría I**

Pueden verterse libremente al mar, con la única consideración de los efectos de tipo mecánico. Se considera que los efectos sobre la flora y la fauna marinas son nulos o prácticamente insignificantes.

▪ Categoría II

Pueden verterse al mar de forma controlada, de acuerdo con el procedimiento que establecen las RGMD. Todos los materiales de Categoría I y II pueden dedicarse a usos productivos en el continente.

▪ Categoría III

Han de ser aislados de las aguas marinas o someterse a tratamientos adecuados.

Si con esta información consultamos la base de datos de la que disponemos para ver qué tipo y qué categoría tenían los materiales dragados anteriormente vemos que el 90% son arenas de Categoría I por lo que se podrían verter al mar con las mencionadas limitaciones; pero una pequeña parte de la totalidad son arenas con fangos, que estos últimos y tratándose de la zona tan delicada en la que nos encontramos pueden resultar muchos más peligrosos que las arenas, sobre todo en las proximidades de caladeros, por ello resulta lógico trasladarlos un vertedero autorizado, fuera de las zonas protegidas, como se hizo en la última actuación.

Material 1: caracterización	Material 1: Uso	Material 1: Destino	Material 2	Material 2: Uso	Material 2: Destino
Arenas y fangos Categoría I	Vertido a mar abierto	A 4 millas dirección Este desde el Puerto			
Arenas Categoría I	Regeneración de playas	Playa al norte del Puerto de Carboneras y a una distancia no superior a 3 millas de éste.			
Arenas	Regeneración de playas	Playa de las Escobetas Playa del Lancón	Arenas con fangos		Vertedero autorizado

Tabla 1. Extracto base de datos facilitados por la APPA

Se observa mirando las 3 actuaciones que a pesar de que en la primera de ellas, la cual se produjo en el año 1996, se obtuvieron también arenas con fangos, todo el material dragado fue vertido al fondo marino. Esto pudo ser debido a una mayor flexibilidad en cuanto a la legislación en materia medioambiental, pasando ésta a ser más restrictiva con el paso de los años.

En general, en la corta historia de los dragados en el puerto de Carboneras, el material dragado se podría verter al mar, o bien, como ha ocurrido en las 2 últimas actuaciones, resultando mucho más productivo, se podría utilizar este material para la regeneración de playas cercanas, como también se ha hecho con anterioridad.

Como conclusión podemos decir que además del problema de aterramiento del puerto hay que prestar especial atención a la reubicación y gestión de los vertidos puesto que nos encontramos en un área rodeada de espacios protegidos y caladeros próximos, todo ello intentando darle un uso lo más productivo posible.



1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

El objetivo final de este proyecto es analizar en detalle la problemática con la que nos encontramos y proponer soluciones que mejoren ambiental y económicamente la gestión de los dragados en el Pto. pesquero de Carboneras. Para ello se proponen los siguientes objetivos específicos que se describen a continuación:

1.4.2. Objetivos específicos

- Análisis de la situación actual de la zona de estudio
- Estudio del clima marítimo de la zona de estudio
- Calibración y validación de un modelo numérico de propagación de oleaje e hidrodinámico
- Definición de unos escenarios correspondientes a diferentes situaciones e hipótesis, con los cuales podremos ver la diferencia entre las distintas posibles actuaciones.
- Simulación del régimen medio y de tormenta sobre dichos escenarios para analizar la influencia de estos sobre la hidrodinámica de la zona.
- Análisis de los resultados obtenidos al simular los escenarios con el modelo numérico calibrado
- Redacción de conclusiones y recomendaciones

2. Caracterización de la zona de estudio

2.1. Descripción general de la zona de estudio

El pueblo pesquero de Carboneras se encuentra a orillas del mar Mediterráneo, en el litoral levantino almeriense, a pie de Sierra Cabrera. Cuenta con un paisaje formado por terrenos áridos, semidesérticos, volcánico, incluidos dentro del Parque Natural Cabo de Gata-Níjar, primer espacio protegido andaluz terrestre-marítimo que comprende espacios y paisajes únicos: las únicas montañas de origen volcánico de la península; la franja costera con sus dunas, playas y salinas se considera un verdadero espectáculo natural destacando la milla de mar protegida cuyos fondos son de una gran riqueza. En ese entorno se encuentra el pueblo, cuyo origen está en la construcción del Castillo de San Andrés para uso militar en el siglo XVI. Conjunto blanco y luminoso de casas agrupadas junto al mar azul cobalto; lugar ideal para el disfrute del sol y la playa, de la tranquilidad y de un clima excelente.



Figura 12. Fotografía emplazamiento pueblo de Carboneras

La localidad cuenta con **14,5 kilómetros de playas**, destacando las urbanas de **El Ancón, Los Barquicos y Los Cocones**, pudiéndose divisar desde toda la playa de Carboneras, la Isla de San Andrés, una pequeña isla rocosa de 1,5 hectáreas cuya línea en el horizonte asemeja al de una ballena y que es Monumento Natural desde el año 2.003. En la desembocadura del río Alías se encuentran una serie de playas vírgenes como la **playa del Corral, la playa del Algarrobico y la Playa de los Muertos**, con formaciones rocosas de naturaleza volcánica modeladas por el viento y el mar.



Figura 13. Plano localización playas de Carboneras

Al sur del pueblo siguiendo la costa se encuentra el faro y la torre de Mesa Roldán, del siglo XVIII. Hacia el suroeste limita con las playas de Níjar y la pedanía nijareña de Agua Amarga.

Carboneras cuenta con una zona industrial en la que se sitúan una fábrica cementera, una central térmica, una de las mayores planta desaladoras de Europa (con capacidad para desalar 120.000 metros cúbicos de agua diarios) y una piscifactoría dedicada a la cría y engorde de Lubina y Dorada.

La existencia de la industria cementera era anterior a la creación del Parque Natural de Cabo de Gata en 1987, e incompatible con las restricciones a la industria que conlleva la concesión del título de parque natural.

Si nos vamos a una escala superior, puesto que las características siguen siendo similares, podemos decir que la costa almeriense la conforman un total de 232 km en los que se alternan acantilados y zonas más o menos abruptas con otras de suave morfología, playas, dunas, etc.; es decir que cuenta con una morfología litoral muy variada.

2.1.1. **Ámbito y escala de la zona de estudio**

Puesto que nos encontramos con problemática en diferentes escalas espaciales, desde zonas casi puntuales hasta superficies extensas hay que mencionar que la caracterización de la zona de estudio va a depender de esta diferencia de escalas. Así pues, se hará una descripción algo más general de toda la amplia zona que tiene influencia en nuestro estudio, que podría corresponder con una amplia región del levante almeriense, y se hará una descripción más detallada de la zona del puerto y su entorno más cercano.

2.1.2. Geología y geomorfología

Primeramente se va a ver los rasgos geológicos que caracterizan esta región de la península y la evolución de los mismos. Hay que mencionar que la zona se caracteriza por encontrarse en una zona geológica inestable debido a la presencia de dos grandes fallas y la significativa actividad volcánica con la que cuenta. Qué mejor manera de comenzar que viendo los orígenes de lo que actualmente es la costa del levante almeriense.

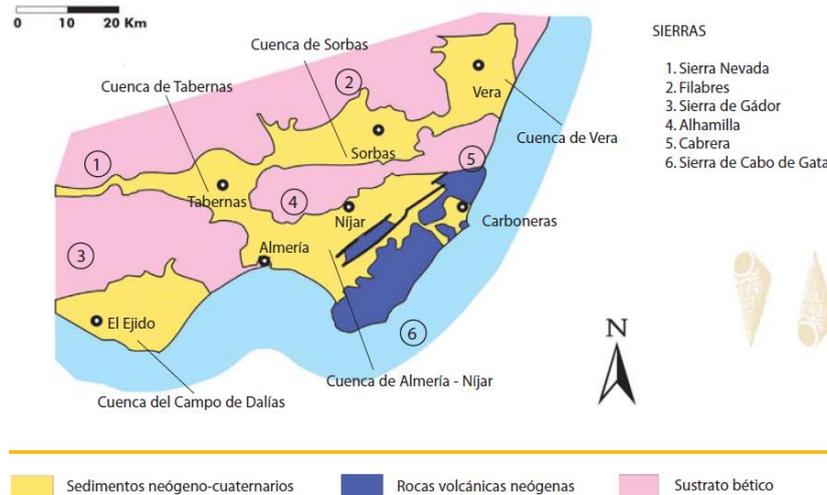


Figura 14. Situación geológica de las cuencas Almerienses

La Cuenca de Almería - Níjar ha constituido una cubeta sedimentaria marina desde hace 15 millones de años, momento en que se produce la emersión de los relieves que hoy constituyen el macizo de Sierra Nevada y la sierra de los Filabres, a cuyos pies se situaba la línea de costa.

En esta época, por tanto, la Cuenca de Almería no se encontraba individualizada de la de Tabernas o Sorbas. A esta cuenca marina abierta llegaban los sedimentos procedentes de la desmantelación de los relieves emergidos a través de grandes aparatos fluviales que generaban extensos abanicos submarinos sobre la plataforma marina, mientras que los volcanes de Cabo de Gata se encontraban en plena actividad, conformando probablemente un cálido archipiélago volcánico. Será algo más tarde, hace unos 7 millones de años, cuando el levantamiento de la Sierra de Gádor y de la de Alhamilla provoca la individualización de la Cuenca de Almería - Níjar, al sur de las mismas y entre los relieves volcánicos emergidos de Cabo de Gata. Sierra Cabrera, emergida hace 5,5 millones de años, la separará definitivamente de las cuencas de Sorbas y Vera. La Cuenca de Almería - Níjar abarca, por tanto, a las actuales tierras bajas comprendidas entre Sierra de Gádor, Sierra Alhamilla y Sierra Cabrera y la línea de costa, incluyendo los relieves volcánicos de la Sierra de Cabo de Gata. Un territorio que ha constituido durante los 15 últimos millones de años un fondo marino sobre el que ha quedado un registro sedimentario, con unas inmejorables condiciones de observación, excepcional para comprender la evolución en este tiempo de la cuenca mediterránea y de sus cambios geográficos, climáticos y ecológicos.

Como se ha dicho, la actividad volcánica es determinante en la geología y geomorfología de la zona, tanto es así que el Complejo Volcánico de Cabo de Gata es el elemento de mayor tamaño de todas las manifestaciones volcánicas del sureste español. Se continúa ampliamente bajo el Mar de Alborán, y ha sido traído hasta su posición actual por el funcionamiento de la Falla de Carboneras - Serrata. La mayor parte del volcanismo de la Cuenca de Alborán está en la actualidad sumergido. Los edificios volcánicos de Cabo de Gata también presentan signos de haberse generado, en una buena parte al menos, bajo el mar. Algunos de los edificios volcánicos mayores pudieron crecer lo suficiente como para alcanzar la superficie, formando islas de origen volcánico rodeadas de plataformas sedimentarias marinas.



Figura 15. Fallas principales en la zona de estudio

La edad del Complejo Volcánico de Cabo de Gata se conoce a partir del estudio de los fósiles presentes en las rocas sedimentarias asociadas a los elementos volcánicos y a partir de la datación con isótopos (sobre todo potasio/argón) en las rocas volcánicas. La actividad volcánica se desarrolló en un amplio periodo que va desde unos 14 - 15 hasta unos 7,5 millones de años (es decir, Mioceno Medio y Superior). Durante ese intervalo la actividad volcánica ocurrió en varios ciclos. Los elementos volcánicos mejor conocidos y conservados son los más recientes, producidos entre hace unos 9 y 7,5 millones de años. La base del Complejo Volcánico aflora en algunos puntos (Serrata de Níjar y Carboneras) y está formada por rocas del basamento bético (rocas carbonatadas y filitas del Complejo Maláguide y Alpujárride) y algunos sedimentos marinos (margas) del Mioceno Inferior - Medio.

Tras los primeros episodios volcánicos y con posterioridad a los últimos, el mar invadía los relieves volcánicos generando un extenso archipiélago. En las cuencas marinas entre relieves volcánicos se produjo el depósito de sedimentos marinos. Pueden reconocerse cinco episodios sedimentarios:

1. En un primer episodio los sedimentos se depositan sobre las primeras rocas volcánicas. Su edad es Tortoniense inferior (entre 9 y 8,7 millones de años). Son sobre todo carbonatos bioclásticos.

2. En un segundo episodio los sedimentos se forman sobre las rocas del último evento volcánico. Su edad es Tortoniense superior a Messiniense (entre hace 8,5 y 6,5 millones de años). Son también carbonatos bioclásticos, y margas, que se acumulan en zonas más profundas.
3. Sobre el episodio anterior se depositan un conjunto de unidades caracterizadas por la presencia de cuerpos arrecifales. Su edad es Messiniense (hace unos 6 millones de años).
4. Tras el depósito de los arrecifes tiene lugar un fenómeno conocido como la crisis de desecación del Mediterráneo. El Mediterráneo se secó hace 5,5 millones de años como consecuencia de su desconexión con el Atlántico. Durante este período los materiales de los bordes fueron erosionados parcialmente y en las áreas centrales de la Gran Cuenca Mediterránea y de sus pequeñas cuencas marginales se depositaron importantes espesores de yeso y de otras sales. Sobre ellos, o sobre la superficie erosiva, se depositaron sedimentos carbonatados típicos de mares cálidos: oolitos y estromatolitos.
5. Un último episodio marino da ya paso a la continentalización del medio (en el Plioceno, entre hace 5 y 2 millones de años).

A continuación se muestra un esquema de lo que conforma la estratigrafía de estos sedimentos.

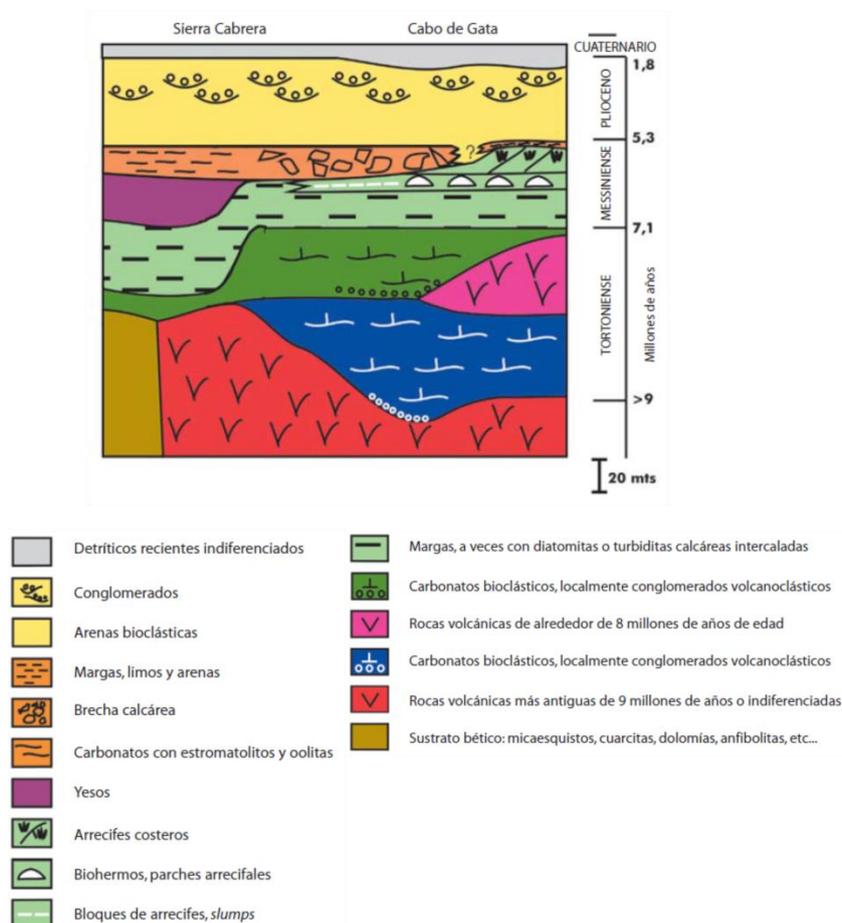


Figura 16. Esquema estratigráfico

Sabiendo ya la historia, la génesis y la evolución de nuestra zona, pasamos a la geología superficial resultante de todos estos cambios a lo largo de los años. Como ya se ha dicho el material volcánico va tener una gran relevancia. Este va a estar complementado con los sedimentos también comentados párrafos arriba. Así pues en toda la zona costera va a ver alternancia de estas dos unidades, apareciendo en la zona más interior otras unidades distintas con características completamente diferentes como pueden ser por ejemplo el complejo alpujárride. De este modo el mapa geológico queda como aparece a continuación.

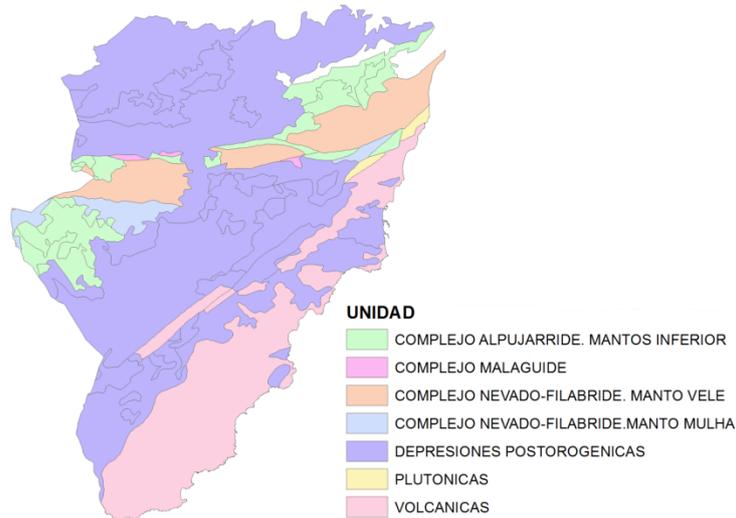


Figura 17. Mapa geológico del levante almeriense

El siguiente paso es hacer zoom para ver algo más de detalle en las inmediaciones de nuestro puerto. De este modo en el siguiente mapa se observa el mapa geológico en el término municipal de Carboneras en el que ya si se especifica el tipo concreto de litología que nos encontramos.

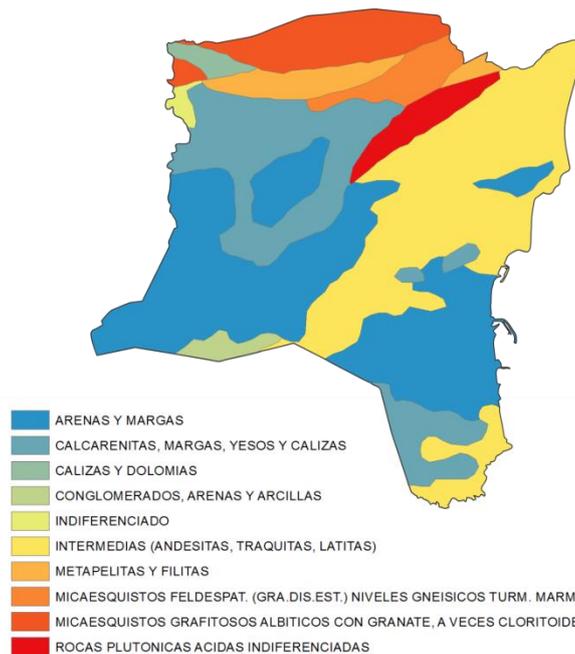


Figura 18. Distribución geológica en el término municipal de Carboneras

Se ve que a lo largo de la costa se dan tres tramos, los dos extremos pertenecen a rocas volcánicas intermedias como andesitas, tracitas y latitas mientras que el tramo central lo forman las arenas y las margas. Es de destacar que justo a la altura del puerto se da una de estas transiciones entre tramos, transición entre litologías distintas pero también como se podía observar en el mapa anterior entre unidades diferentes, entre las rocas volcánicas y las depresiones postorogénicas en las cuales se situaban los sedimentos.

2.1.3. Topografía

La topografía de la zona se ha estudiado gracias a modelos digitales de elevaciones, los cuales han sido obtenidos de las plataformas de descarga tanto del IECA (Infraestructura espacial de cartografía de Andalucía), como del IGN (Instituto Geográfico Nacional). El modelo digital de elevaciones en formato de imagen (.tiff) ha sido extraído del IECA, mientras que del Instituto Nacional se ha extraído el archivo que contiene la información espacial, en sus tres coordenadas, con una resolución de un punto cada 25 metros.

La inclusión de la topografía en el modelo es esencial para conseguir en una buena modelización en la línea de costa, puesto que el comportamiento va a ser diferente si nos encontramos con un acantilado o si nos encontramos con una playa. Por eso vamos a necesitar tanto terreno como incluya nuestra malla. Así, hemos necesitado 3 hojas del mapa del IGN para abarcar toda esta superficie; Las hojas utilizadas y que se pueden ubicar en el siguiente mapa son: **1031, 1032 y 1046**:

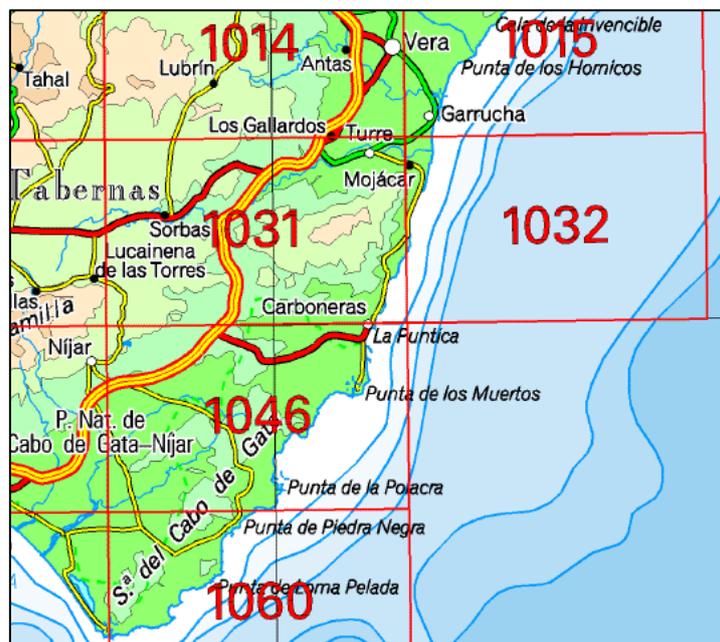


Figura 19. Mapa con la numeración de las hojas del MTN50

Para conocer los rasgos principales de la zona se representa una porción de toda la superficie. Gracias a MATLAB podemos hacer una representación en planta a través de curvas de nivel.

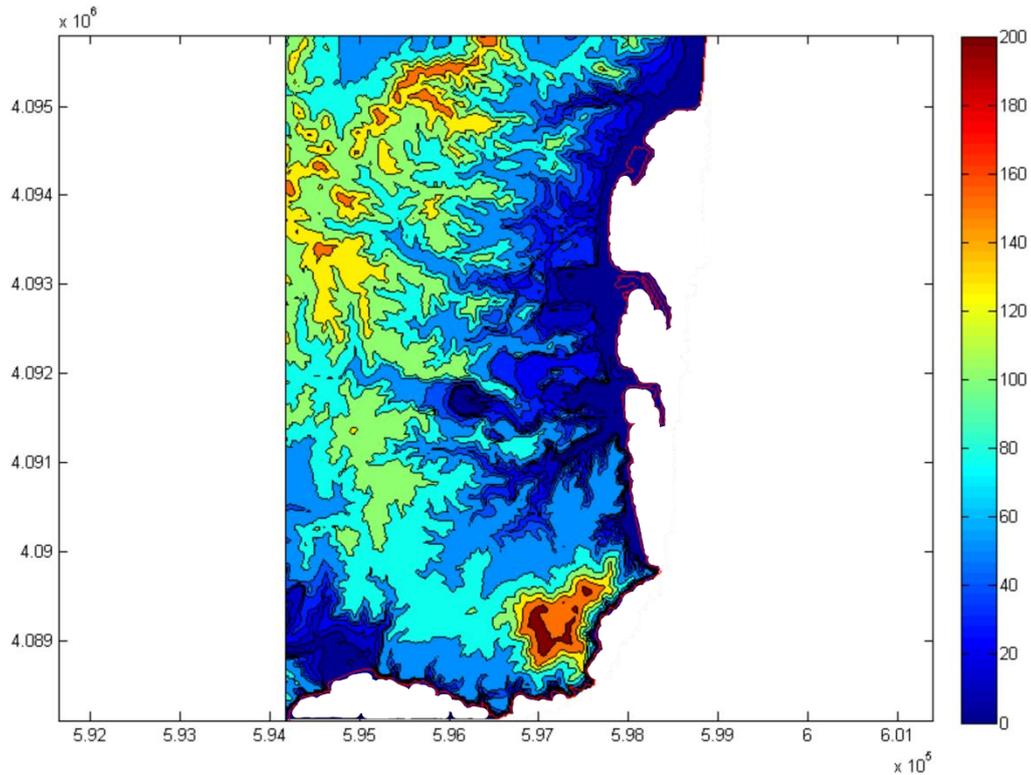


Figura 20. Topografía de la zona tras su tratamiento en MATLAB

Mediante ArcGis podemos obtener un modelo en 3D.



Figura 21. Modelo 3D costa de Carboneras

En lo que se refiere a los primeros metros de tierra, o línea de costa, se observa que en las inmediaciones del puerto se encuentran zonas llanas que corresponden con playas. Al sur de los tres puertos si se observa que la línea de costa la conforman zonas más abruptas en forma de acantilados.

Si nos adentramos un poco se ve que la altitud no tarda en subir, observándose una zona más irregular sobre la que se asientan una especie de ramblas, en todo caso en la superficie representada no se llegan alcanzar altitudes superiores a los 200 metros.

2.1.4. Geología marina

Para conocer los materiales que forman el fondo marino se ha recurrido a cartografía del DERA (Datos Espaciales de Referencia de Andalucía). Se muestra un mapa en el que aparecen las superficies que cubre cada material, diferenciando entre **arenas, gravas, fangos y rocas**, distinguiendo también el tipo de roca que nos encontramos.

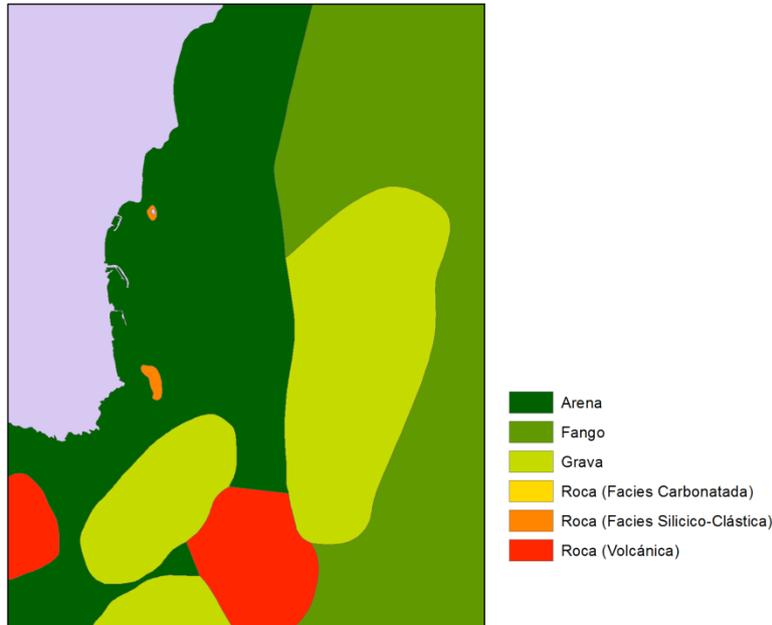


Figura 22. Mapa geología fondo marino

Se puede observar que una amplia franja desde la línea de costa está cubierta por arenas, salvo algunos puntos donde aparecen zonas rocosas como la zona de la isla de San Andrés, o zonas con gravas. Si nos vamos a aguas más profundas el fondo marino está cubierto casi en su totalidad por fangos marinos.

En este apartado puede parecer útil e interesante saber qué material exactamente cubre la zona más próxima al puerto, incluido el interior de éste. Se sabe de esta información gracias al Anejo 1 de Caracterización del material dragado que se realizó en el último proyecto ejecutado en el puerto. Uno de los trabajos previos a la ejecución del dragado fue la elección de 10 puntos de muestreo donde se recogieron muestras para caracterizar el material que allí se hallaba. La localización exacta de estos puntos es la que sigue:

Punto	Coordenada X	Coordenada Y	Punto	Coordenada X	Coordenada Y
1	598108.78	4094501.30	6	598117.64	4094291.59
2	598120.07	4094451.67	7	598089.77	4094223.32
3	598080.45	4094439.08	8	598053.23	4094242.80
4	598087.02	4094379.08	9	598027.61	4094208.83
5	598047.82	4094344.80	10	598002.36	4094132.23

Tabla 2. Extracto base de datos facilitados por la APPA



Figura 23. Localización puntos recogida de muestras

Con los ensayos se logró caracterizar granulométricamente el material, obteniendo resultados como la curva granulométrica o parámetros característicos con el D50 . Aquí se muestra a modo de ejemplo la información obtenida para el punto 1.

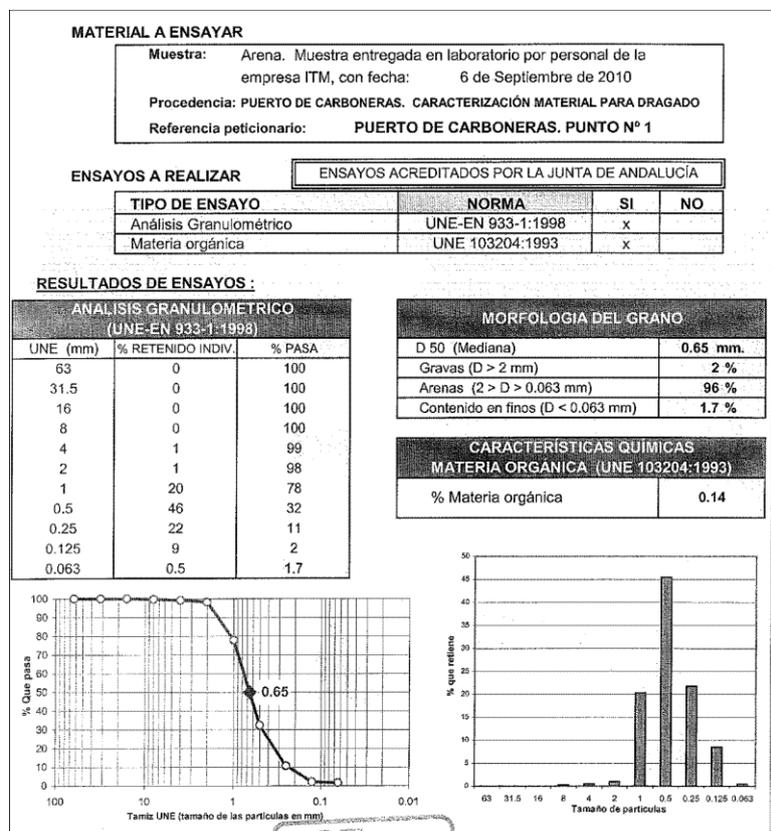


Figura 24. Ensayo granulométrico en el punto 1



Los resultados obtenidos para el resto de puntos son muy semejantes a los del punto 1, lo que es decir, que casi la totalidad del porcentaje de cada muestra obtenida lo ocupaban las arenas, apareciendo los finos y gravas en muy pequeña proporción. En lo que respecta al D50 en todas las muestras se obtuvo un D50 inferior a 0.7 mm.

Otro de los resultados que se obtuvo del análisis de cada muestra fue la categoría del material obtenido, perteneciendo cada una de las muestras a la Categoría I, corroborando esta misma información expuesta en secciones anteriores.

2.1.5. Batimetría

Estamos ante uno de los aspectos más importantes de la zona de estudio puesto que de la precisión de la batimetría va a depender la mayor o menor precisión del modelo. Cuando se habla de precisión se entiende mayor densidad de puntos con profundidad conocida. La batimetría se va a utilizar para dar un valor de profundidad a cada nodo de nuestra malla, así cuando más precisa sea nuestra batimetría más real será nuestro modelo.

Para conseguir esto ha sido necesario acudir a varias fuentes de información, puesto que cada una tenía información de un determinado ámbito y con precisiones distintas, así nuestras fuentes de datos han sido:

- Cartografía Junta de Andalucía (DERA)
- Ecocartografías
- Agencia Pública de Puertos de Andalucía (APPA)

De la cartografía del DERA hemos obtenido una batimetría poco precisa pero suficiente, ya que el oleaje a profundidades de más de 50 o 60 metros apenas siente el fondo, pero sí es necesaria para la propagación. De este modo, de la totalidad de los datos que pone a disposición la Junta de Andalucía se han cogido las líneas batimétricas entre 51 y 2000 metros de profundidad aproximadamente. El límite superior lo marca la extensión de nuestra malla más extensa, estando el punto más oriental de ésta a una distancia aproximada de la costa de 25 km.

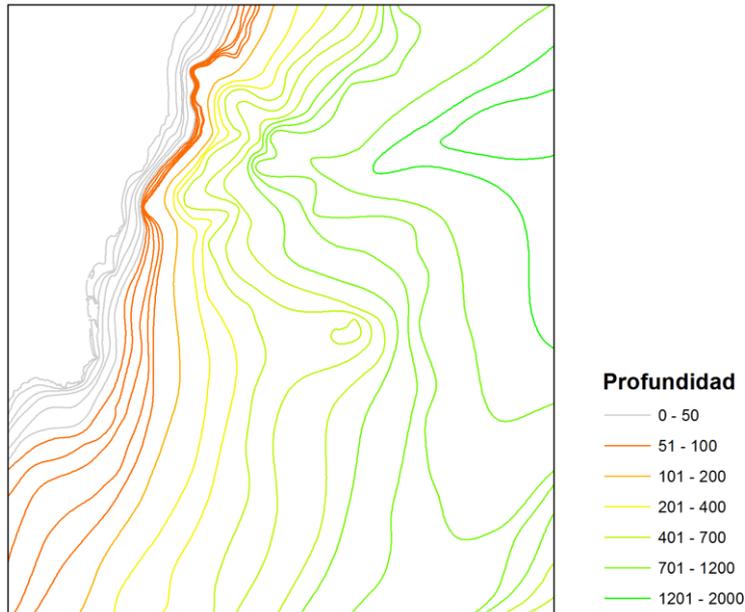


Figura 25. Batimetría

Gracias a los datos extraídos de la web de Ecocartografías se han conseguido unos datos batimétricos bastante precisos de los primeros metros de costa hasta una profundidad aproximada de 50 metros. Por tanto el área que se va a barrer con estos datos va a ser los primeros metros de costa hasta la profundidad de 50 metros y en la dirección paralela a la línea de costa toda aquella franja que abarque la malla. Una parte de esta región centrada en nuestro puerto se muestra a continuación.



Figura 26. Batimetría zona del puerto. Líneas cada metro

Si representamos esta zona en 3D se visualiza y se imagina mejor la batimetría de la zona.

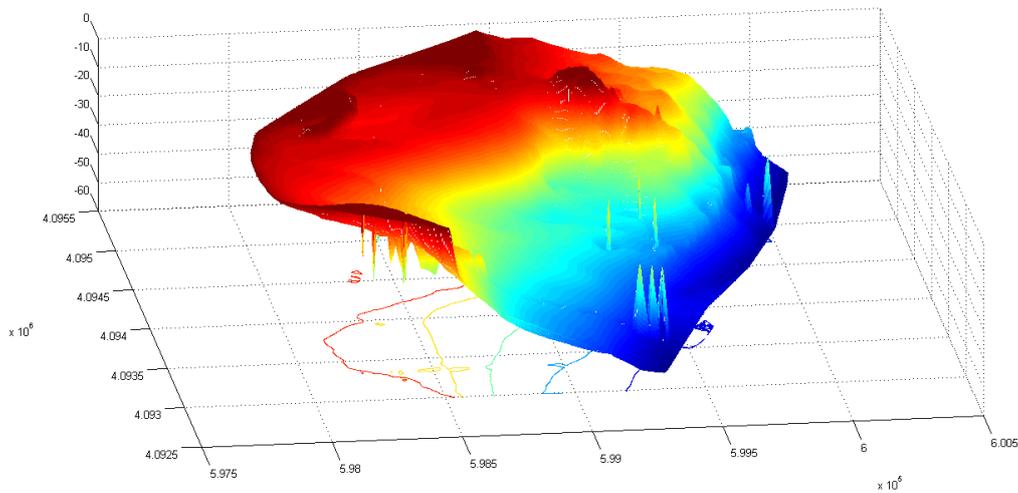


Figura 27. Esquema en 3D de la batimetría de la zona

La batimetría sacada de Ecocartografías no contiene datos del interior del puerto. Para conseguir una buena modelización del puerto se ha recurrido a una batimetría específica del Pto. de Carboneras, la cual como ya se ha dicho nos ha sido facilitada por la Agencia Pública de Puertos de Andalucía. El plano en planta se muestra en la siguiente figura.

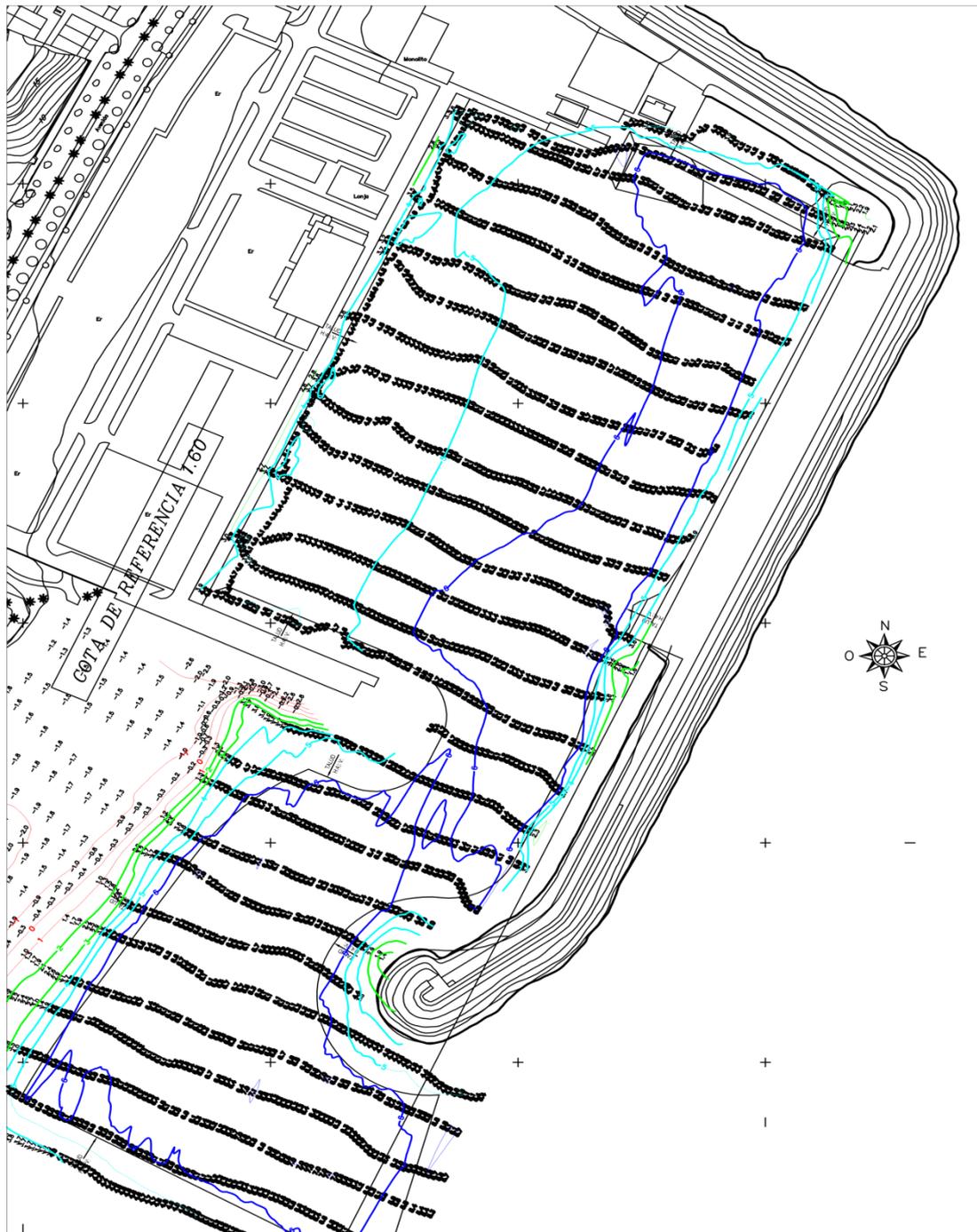


Figura 28. Plano batimetría Puerto de Carboneras

2.1.6. Perfiles transversales a la costa

Resultado directo de la batimetría son los perfiles transversales a la costa. Se han elegido puntos característicos en la línea de costa y se han hecho los perfiles del fondo del mar perpendiculares a ésta en estos puntos elegidos. Con estos resultados se visualizan mejor las diferencias entre las distintas zonas.

Los puntos elegidos han sido:

1. Perfil playa de las Martinicas
2. Perfil a la altura del dique principal del puerto
3. Perfil playa de los Barquicos
4. Perfil a la altura de la isla de San Andrés
5. Perfil playa del Lancón

La posición exacta de estos puntos, así como el perfil transversal a la costa en éstos sobre el modelo 3D son:

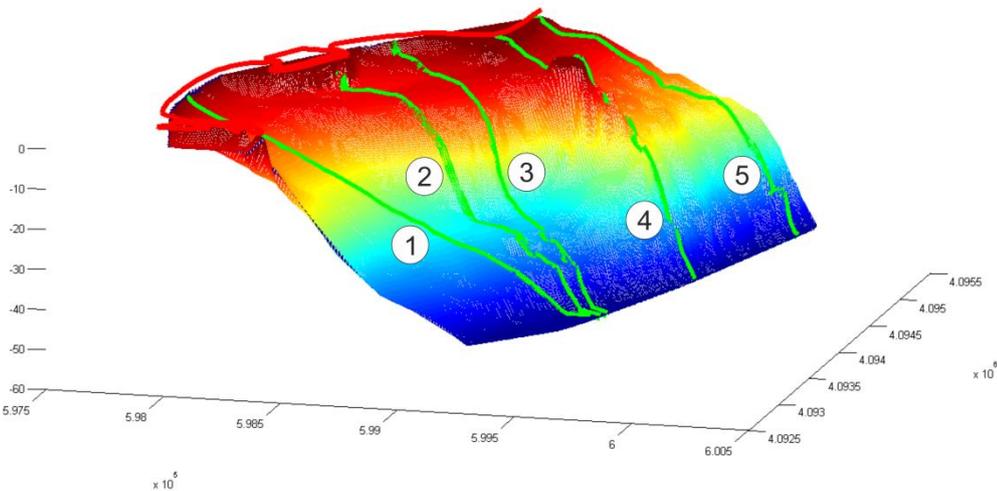


Figura 29. Perfiles transversales a la costa sobre modelo 3D

Si se dibuja cada uno sobre el plano vertical que los contiene se obtiene:

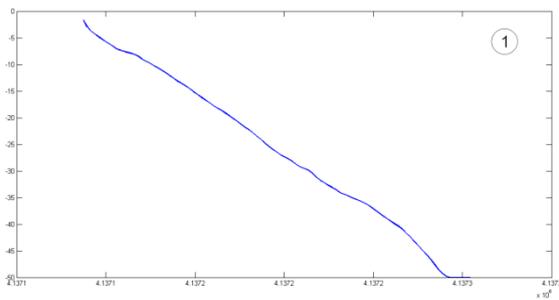


Figura 30. Perfil Playa de las Martinicas

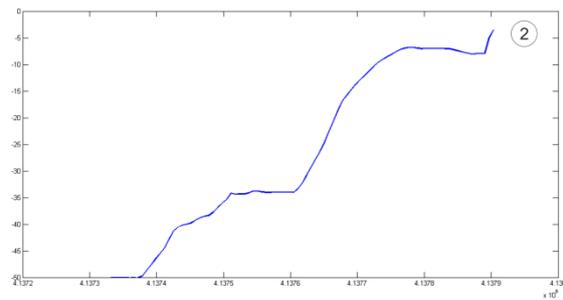


Figura 31. Perfil a la altura del dique del Pto.

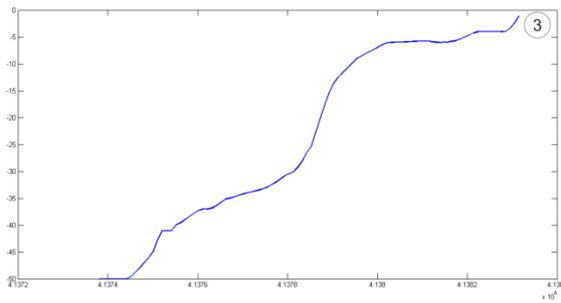


Figura 32. Perfil Playa Los Barquicos

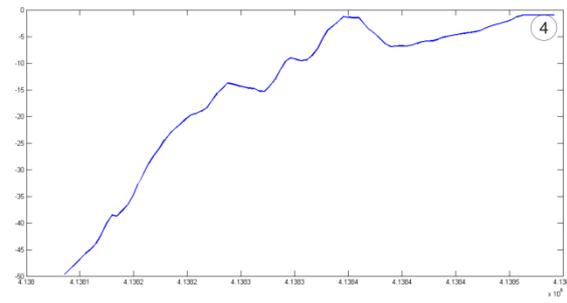


Figura 33. Perfil a la altura de la isla

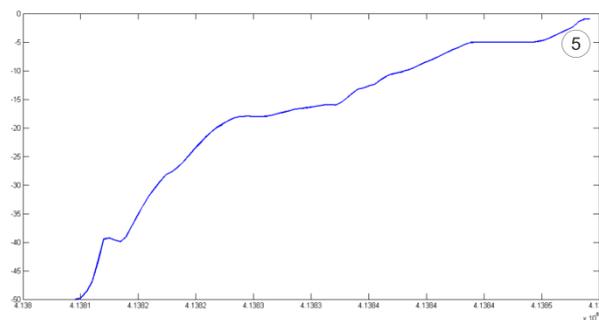


Figura 34. Perfil Playa El Lancón

Lo más característico que extraemos de observar los perfiles es que cuando pasamos el puerto pesquero hacia aguas arriba cambia significativamente el perfil del fondo marino. Mientras que la playa de las Martinicas tiene un perfil con una pendiente cuasi constante, en los perfiles situados aguas arriba esta característica no se conserva. Hacia aguas arriba de esta playa se observa una especie de plataforma casi horizontal en los primeros metros y luego cae la profundidad con una pendiente elevada. En el perfil número 2, el que está a la altura del puerto se observa incluso una disminución de profundidad, produciendo una pequeña sobre elevación, la cual podría corresponder con una barra de arena.

2.1.7. Evolución de la línea de costa

El último paso para caracterizar la zona de estudio se ha centrado en ver la evolución de la línea de costa a lo largo del tiempo y ver aquellas zonas donde ha habido erosión y aquellas en las que se han producido aportes. Esto ha sido posible gracias a la comparación de ortofotos de diferentes años. Estos años han sido **1956, 1998, 2001, 2004, 2007 y 2009.**

Los resultados obtenidos se muestran en las siguientes figuras.

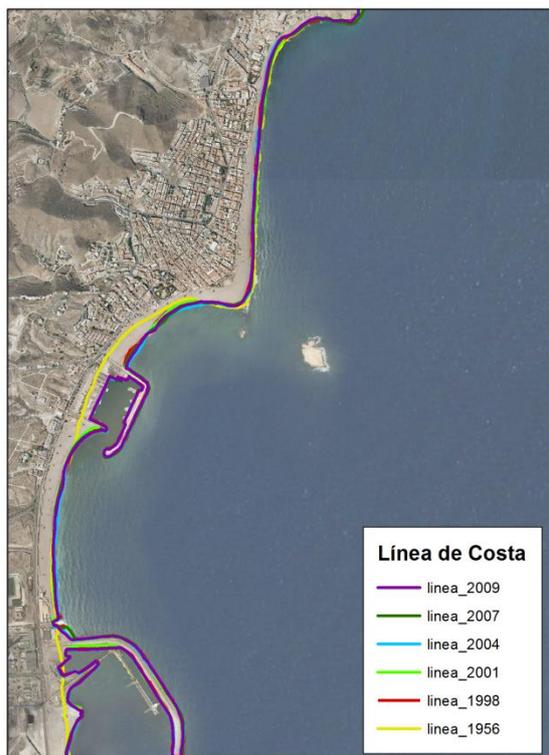


Figura 35. Evolución línea de costa zona del Puerto



Figura 36. Evolución línea de costa zona aguas arriba

En la figura de la izquierda a simple vista se observa que la variación de la línea de costa es muy pequeña. Esto significa que la línea de costa en la zona más próxima al puerto ha sido bastante estable en el periodo analizado. Esto puede explicarse por el hecho de tratarse de playas encajadas entre los puertos, resguardadas de oleajes oblicuos a la costa. No obstante hay que volver a remarcar la creación y crecimiento de las playas creadas gracias a la construcción del puerto.

Por otra parte si nos centramos ahora en la imagen derecha, la cual representa una zona situada aguas arriba del puerto, se observa que la línea de costa ha retrocedido notablemente con el paso del tiempo, lo que es decir, se ha producido una significativa erosión en esta parte. Hay que decir que esta tendencia erosiva se repite en la gran parte de la zona estudiada dentro de nuestra zona de estudio, produciéndose por tanto un balance sedimentario negativo.

La evolución de la línea de costa no depende sólo y exclusivamente de la dinámica litoral, no hay que olvidar que también puede haber aportaciones de la zona terrestre como puede ser el aporte de sedimentos de un río. Es más, esta zona del levante almeriense existen numerosas ramblas que alimentan a playas. Concretamente en nuestra zona existen 2 ramblas, la Rambla del Cinto y la Rambla del Pozo, aguas abajo y aguas arriba del puerto respectivamente, las cuales podrían alimentar las playas de las Martinicas y la de los Barquicos.



Figura 37. Localización de las ramblas

Como conclusión decir que la tendencia general de la costa es a la erosión, pero si nos vamos al puerto y sus proximidades se puede observar una cierta estabilidad en la línea de costa debido al encaje de las playas y su resguardo frente al oleaje. Además hay que puntualizar el crecimiento de las playas creadas por la infraestructura del puerto y no olvidar la posible fuente de aporte de sedimentos que pueden representar las ramblas.

3. Clima marítimo en la zona de estudio

3.1. Datos para el estudio del CLIMA MARÍTIMO de la zona de estudio

Para llevar a cabo el estudio y análisis del clima marítimo de la zona es imprescindible poseer una memoria histórica, lo más completa posible, de una serie de puntos, cercana a la zona de estudio.

Esta información la obtenemos a través de datos SIMAR. El conjunto de datos SIMAR que está formada por series temporales de diferentes parámetros de viento y de oleaje, los cuales proceden de modelado numérico. Por tanto son datos sintéticos y no proceden de medidas directas de la naturaleza. Existen datos cada cierta frecuencia dependiendo del punto en el que nos encontremos. También dependiendo del punto, los registros de datos comienzan en tiempos diferentes. Cabe destacar que estos puntos hasta hace poco tiempo se denominaban puntos WANA. Han sufrido un cambio en la denominación, pero siguen siendo los mismos que anteriormente.

Las series SIMAR proceden del sistema de predicción del estado de la mar que Puertos del Estado ha desarrollado en colaboración con la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). No obstante, los datos SIMAR no son datos de predicción, sino datos de diagnóstico o análisis. Esto supone que, para cada instante, el modelo proporciona campos de viento y presión consistentes con la evolución anterior de los parámetros modelados y consistentes con las observaciones realizadas. Las series de viento y oleaje del conjunto SIMAR no son homogéneas, pues el modelo de vientos se modifica de modo periódico.

En el siguiente mapa se puede observar la localización exacta de los puntos SIMAR más próximos a nuestra zona de estudio:

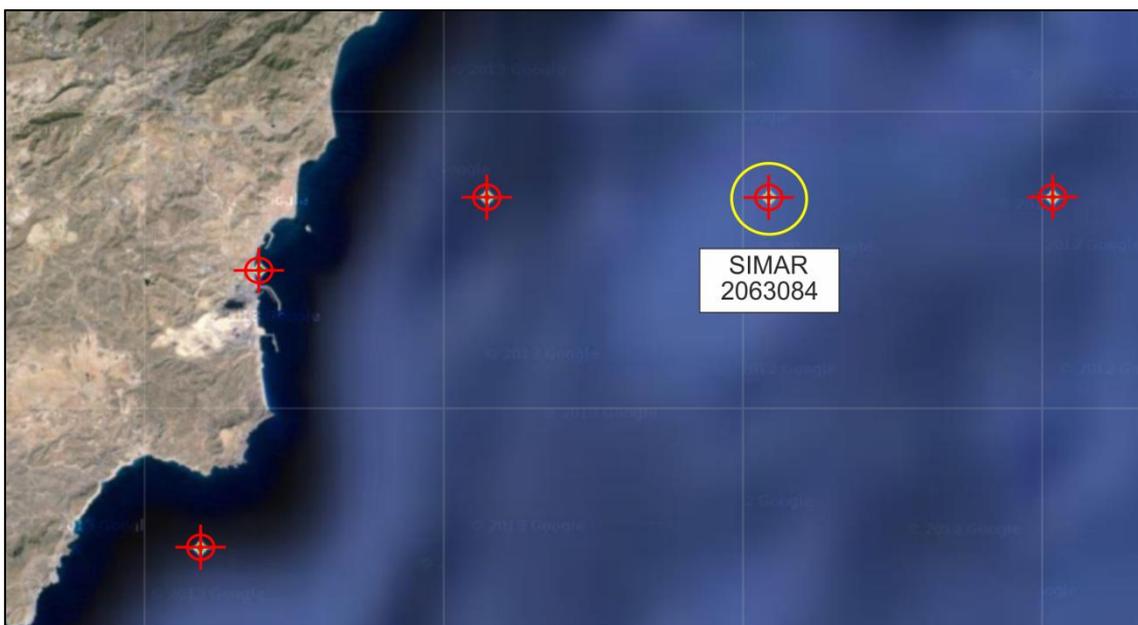


Figura 38. Localización punto SIMAR

En la figura se pueden ver los puntos SIMAR más cercanos al puerto de Carboneras. Para elaborar el clima marítimo de la zona, hemos cogido el punto SIMAR 2063084 (señalado en el mapa), ya que lo que vamos buscando es el clima marítimo general de la zona y no solamente del puerto. Por dicha razón escogemos este punto intermedio.

La localización exacta del punto es la siguiente:

Punto Simar	Latitud	Longitud
2063084	37.00 N	1.75 W

Tabla 3. Coordenadas puntos SIMAR

Características de los datos

- Viento

El modelo atmosférico utilizado para generar los campos de vientos es el HIRLAM. Este es un modelo atmosférico meso-escalar e hidrostático cuya resolución es de 5 grados en el Atlántico y 0.2 grados en el Mediterráneo. Los datos de viento facilitados son promedios horarios a 10 metros de altura sobre el nivel del mar.

Debido a la resolución con la que se ha integrado el modelo de Atmósfera, los datos de viento no reproducen ni efectos geográficos de escala inferior a 15 Km, ni procesos con escala temporal inferior a 6 horas. No obstante, el modelo reproduce correctamente los viento regionales inducidos por la topografía como el Cierzo, Tramontana, Mistral, etc. Por otro lado, de modo general, será más fiable la reproducción de situaciones con vientos procedentes del mar.

- Oleaje

Para generar los campos de oleaje de los datos WANA se usa el modelo WAM. Se trata de un modelo espectral de tercera generación que resuelve la ecuación de balance de energía. Este modelo trabaja en el Atlántico con una resolución de 0.25 grados (30 Km), y en el Mediterráneo con una resolución de 0.125 grados (15Km).

Los datos contienen una descomposición de mar de viento y mar de fondo. Es importante tener en cuenta, que, con independencia de la coordenada asignada a un nodo WANA, los datos de oleaje deben considerarse, siempre, como datos en aguas abiertas y profundidades indefinidas.

- Nivel del mar

El conjunto de datos REDMAR está formado por las medidas procedentes de la Red de Mareógrafos de Puertos del Estado. Los mareógrafos de esta red se caracterizan por estar ubicados dentro de las instalaciones portuarias, en un muelle o un dique.

Se analiza para el oleaje y para el viento:

- Descripción general en profundidades indefinidas
- Régimen medio
- Régimen extremal

3.2. Oleaje

3.2.1. Descripción general del oleaje en profundidades indefinidas

En primer lugar se realiza una descripción general de las características del oleaje en profundidades indefinidas en la zona de estudio, en el que se mostrará:

- Serie temporal de oleaje
- Tres gráficos de dispersión entre las variables H_s , T_p y " θ ". El primero representa la altura de ola respecto a la dirección de procedencia; el segundo, periodo pico respecto a la dirección de procedencia y el tercero, la altura de ola respecto al periodo pico.
- Tres tablas que representan los diagramas de dispersión de forma numérica
- Tres histogramas, uno por cada variable
- Rosa de oleaje

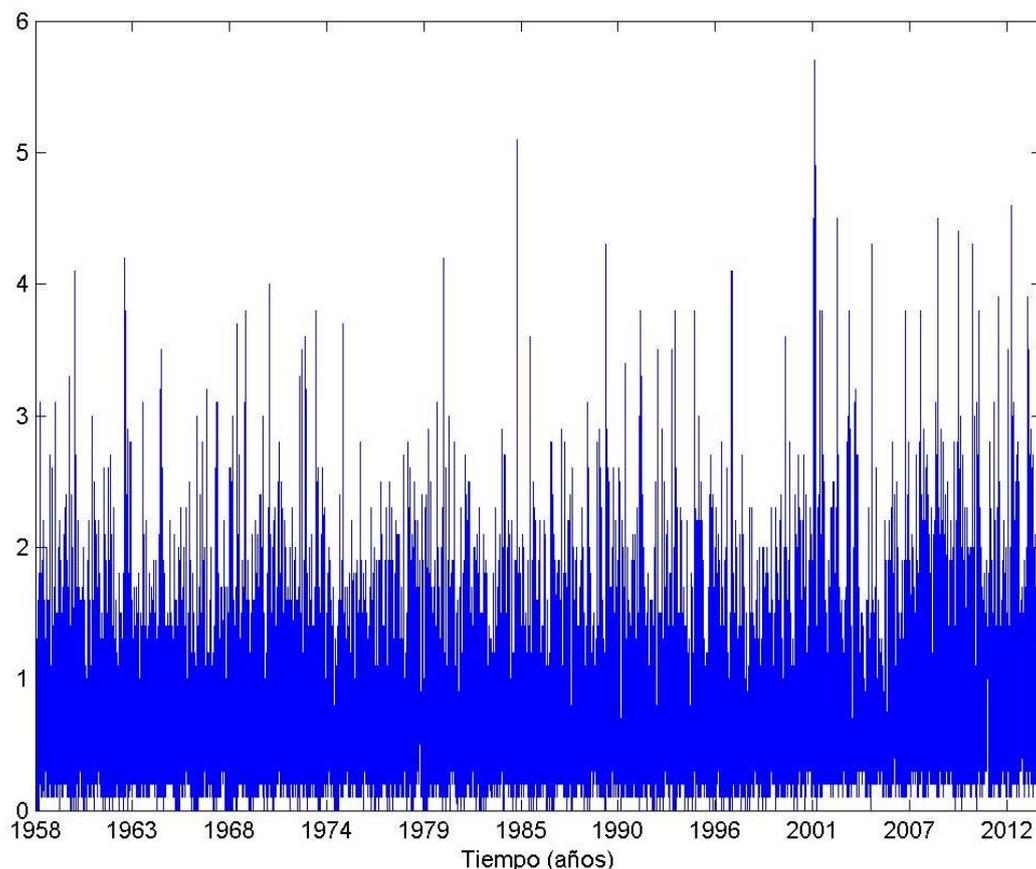


Figura 39. Serie temporal de altura de ola (m)

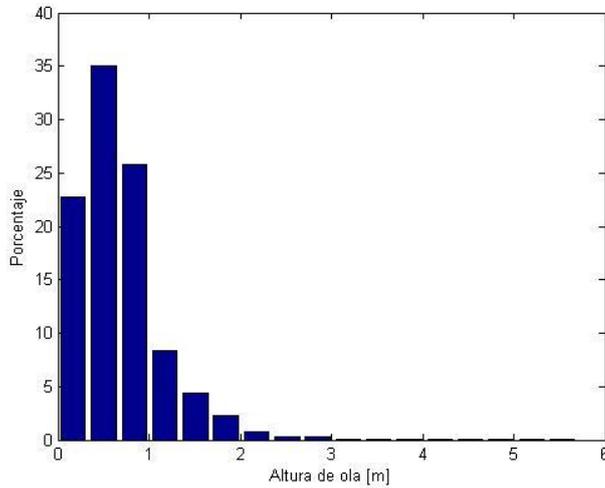


Figura 40. Histograma de altura de ola

Hs(m) [a,b)	Frecuencia (%)
0 - 0.33	22.773
0.33 - 0.66	34.975
0.66 - 1	25.785
1 - 1.33	8.321
1.33 - 1.66	4.339
1.66 - 2	2.329
2 - 2.33	0.711
2.33 - 2.66	0.342
2.66 - 3	0.245
3 - 3.33	0.072
3.33 - 3.66	0.050
3.66 - 4	0.037
4 - 4.33	0.012
4.33 - 4.66	0.006
4.66 - 5	0.002
5 - 5.33	0.001
5.33 - 5.66	0.001

Tabla 4. Porcentaje de alturas de ola

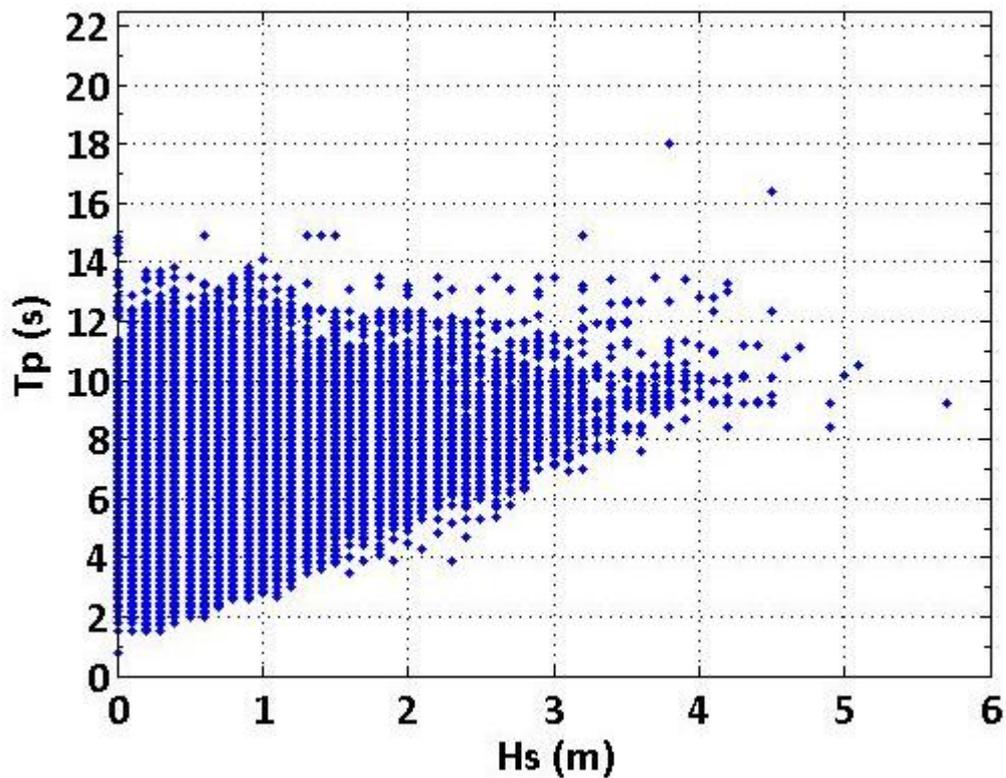


Figura 41. Gráfico de dispersión Hs-Tp



ALTURA SIGNIFICANTE DE OLA-PERODO PICO

Hm0(m)	<0,5	0,5-1,5	1,5-2,5	2,5-3,5	3,5-4,5	4,5-5,5	5,5-6,5	6,5-7,5	7,5-8,5	8,5-9,5	9,5-10,5	10,5-11,5	11,5-12,5	12,5-13,5	13,5-14,5	14,5-15,5	15,5-16,5	16,5-17,5	17,5-18,5	18,5-19,5	TOTAL
	Tp(s)																				
<0,125	0	0.0112	0.2961	1.4011	1.1548	0.6078	0.4089	0.2754	0.2235	0.1425	0.0810	0.0447	0.0106	0.0039	0.0017	0.0011	0	0	0	0	4.6643
0,125-0,375	0	0.0067	0.3302	2.2928	6.7487	4.8308	1.9123	0.6710	0.5346	0.3615	0.2637	0.1134	0.0346	0.0073	0.0011	0	0	0	0	0	18.1086
0,375-0,625	0	0	0.1743	2.6721	7.7699	11.2493	7.7252	3.1777	1.0508	0.4682	0.3933	0.2056	0.0754	0.0117	0.0006	0.0006	0	0	0	0	34.9747
0,625-0,875	0	0	0.0034	0.2888	1.9710	4.7330	4.3308	2.0559	1.2062	0.3022	0.1436	0.0721	0.0313	0.0089	0	0	0	0	0	0	15.1471
0,875-1,125	0	0	0	0.0687	0.9475	3.1391	5.3498	2.1704	1.4380	0.6626	0.2318	0.0844	0.0318	0.0095	0.0028	0	0	0	0	0	14.1365
1,125-1,375	0	0	0	0.0061	0.0732	0.6603	1.7324	1.2676	0.5520	0.3352	0.1581	0.0229	0.0117	0.0022	0	0.0006	0	0	0	0	4.8224
1,375-1,625	0	0	0	0.0006	0.0268	0.2821	1.2570	1.4821	0.6648	0.3201	0.2196	0.0726	0.0112	0.0006	0	0.0017	0	0	0	0	4.3392
1,625-1,875	0	0	0	0	0.0039	0.0363	0.2581	0.5341	0.3492	0.1196	0.0765	0.0497	0.0084	0.0011	0	0	0	0	0	0	1.4369
1,875-2,125	0	0	0	0	0.0017	0.0128	0.1637	0.3581	0.3939	0.1179	0.0564	0.0436	0.0145	0.0039	0	0	0	0	0	0	1.1665
2,125-2,375	0	0	0	0	0.0006	0.0017	0.0268	0.1129	0.1899	0.0609	0.0173	0.0168	0.0073	0.0022	0	0	0	0	0	0	0.4363
2,375-2,625	0	0	0	0	0	0.0022	0.0173	0.0542	0.1486	0.0698	0.0274	0.0128	0.0084	0.0011	0	0	0	0	0	0	0.3419
2,625-2,875	0	0	0	0	0	0	0.0045	0.0235	0.0547	0.0397	0.0162	0.0067	0.0011	0.0006	0	0	0	0	0	0	0.1469
2,875-3,125	0	0	0	0	0	0	0	0.0101	0.0497	0.0402	0.0173	0.0112	0.0011	0.0028	0	0	0	0	0	0	0.1324
3,125-3,375	0	0	0	0	0	0	0	0.0006	0.0084	0.0140	0.0084	0.0011	0.0034	0.0011	0.0006	0	0	0	0	0	0.0374
3,375-3,625	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0089	0.0190	0.0134	0.0028	0.0028	0.0034	0	0	0	0	0	0	0.0503
3,625-3,875	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0017	0.0112	0.0101	0.0017	0	0.0011	0	0	0	0	0.0006	0	0.0263
3,875-4,125	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0028	0.0073	0.0028	0.0006	0.0017	0	0	0	0	0	0	0.0151
4,125-4,375	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0011	0.0028	0.0028	0.0006	0	0.0011	0	0	0	0	0	0	0.0084
4,375-4,625	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0028	0.0006	0.0011	0.0006	0	0	0.0006	0	0	0	0	0.0056
4,625-4,875	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0006
4,875-5,125	0	0	0	0	0	0	0	0.0006	0.0006	0.0011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0022
5,125-5,375	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5,375-5,625	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5,625-5,875	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0006
5,875-6,125	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6,125-6,375	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6,375-6,625	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6,625-6,875	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6,875-7,125	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7,125-7,375	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7,375-7,625	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	0	0.0179	0.8039	6.7302	18.6980	25.5556	23.1869	12.1934	6.8766	3.0939	1.7458	0.7670	0.2548	0.0642	0.0061	0.0045	0.0006	0	0.0006	0	100

Tabla 5. Periodo Pico (s) – Altura de ola significativa (m)

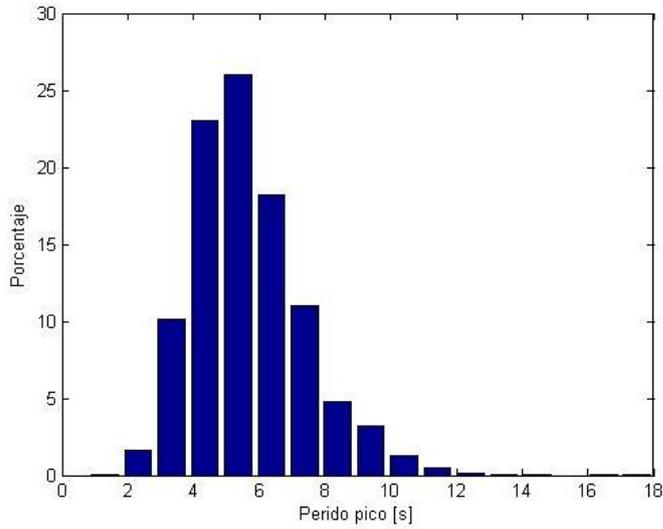


Figura 42. Altura significativa de ola - Periodo pico

Tp(s) [a,b]	Frecuencia (%)
0 - 1	0.000
1 - 2	0.031
2 - 3	1.595
3 - 4	10.168
4 - 5	23.025
5 - 6	26.019
6 - 7	18.205
7 - 8	11.020
8 - 9	4.797
9 - 10	3.201
10 - 11	1.254
11 - 12	0.470
12 - 13	0.166
13 - 14	0.042
14 -15	0.006
15 -16	0.000
16 - 17	0.001
17 - 18	0.001

Tabla 6. Porcentaje de periodos pico

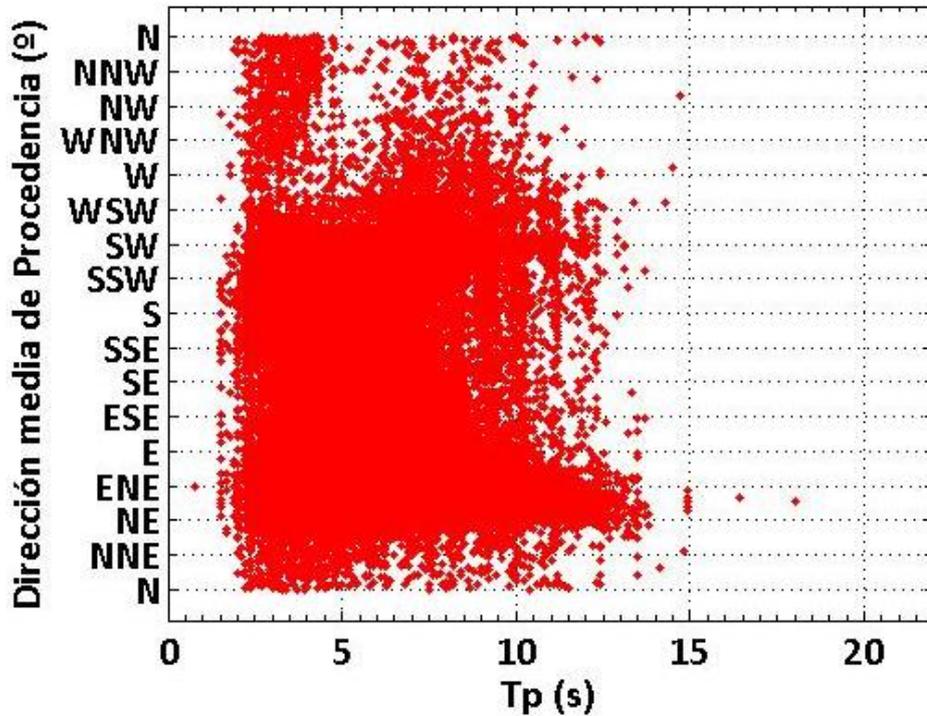


Figura 43. Gráfico de dispersión Tp-Dm



PERIODO PICO - DIRECCIÓN DE PROCEDENCIA

Tp(s)	DIRECCIÓN DE PROCEDENCIA (°)																TOTAL
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	
<0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,5-1,5	0	0	0.0017	0.0034	0.0017	0.0011	0.0006	0.0039	0.0017	0.0028	0	0.0006	0	0	0.0006	0	0.0179
1,5-2,5	0.0112	0.0123	0.0609	0.1006	0.0464	0.0251	0.0419	0.0508	0.0955	0.1793	0.1017	0.0413	0.0106	0.0106	0.0084	0.0073	0.8039
2,5-3,5	0.0469	0.0626	0.2832	0.9855	0.7564	0.2000	0.1464	0.2117	0.7240	2.2743	0.8000	0.0732	0.0251	0.0475	0.0503	0.0430	6.7302
3,5-4,5	0.0508	0.0877	0.7045	5.2682	5.0096	0.3961	0.2129	0.2101	0.6257	4.1369	1.8520	0.0542	0.0112	0.0140	0.0257	0.0385	18.6980
4,5-5,5	0.0128	0.0531	0.6732	9.4392	7.2414	0.3514	0.2816	0.2715	0.5134	3.9079	2.7252	0.0542	0.0145	0.0067	0.0034	0.0061	25.5556
5,5-6,5	0.0095	0.0330	0.5894	9.5403	4.9001	0.3039	0.2704	0.2609	0.3967	2.3587	4.3917	0.0827	0.0291	0.0095	0.0078	0.0034	23.1869
6,5-7,5	0.0073	0.0212	0.5542	4.6107	1.7961	0.1441	0.1179	0.1413	0.1525	0.6866	3.7408	0.1223	0.0447	0.0263	0.0151	0.0123	12.1934
7,5-8,5	0.0117	0.0201	0.6173	2.4671	0.7464	0.1168	0.0955	0.0788	0.0966	0.2285	2.1503	0.1480	0.0508	0.0268	0.0151	0.0067	6.8766
8,5-9,5	0.0084	0.0190	0.5129	1.0855	0.1721	0.0525	0.0430	0.0358	0.0536	0.0793	0.8637	0.0983	0.0369	0.0168	0.0089	0.0073	3.0939
9,5-10,5	0.0061	0.0162	0.4263	0.5620	0.0994	0.0279	0.0296	0.0296	0.0358	0.0402	0.3615	0.0710	0.0240	0.0078	0.0073	0.0011	1.7458
10,5-11,5	0.0084	0.0101	0.2397	0.2531	0.0318	0.0128	0.0112	0.0089	0.0123	0.0190	0.1095	0.0385	0.0095	0.0022	0	0	0.7670
11,5-12,5	0.0039	0.0028	0.0866	0.0793	0.0095	0.0073	0.0050	0.0050	0.0089	0.0095	0.0246	0.0084	0.0022	0.0006	0	0.0011	0.2548
12,5-13,5	0.0006	0.0011	0.0279	0.0240	0.0017	0.0022	0.0006	0.0006	0.0006	0.0011	0.0028	0.0011	0	0	0	0	0.0642
13,5-14,5	0	0.0006	0.0034	0	0	0.0006	0	0	0	0.0006	0	0.0006	0.0006	0	0	0	0.0061
14,5-15,5	0	0.0006	0.0011	0.0022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0006	0	0.0045
15,5-16,5	0	0	0	0.0006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0006
16,5-17,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17,5-18,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18,5-19,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19,5-20,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20,5-21,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21,5-22,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22,5-23,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	0.17765562	0.34022727	4.78217634	34.4216136	20.812523	1.64191779	1.25643862	1.30895317	2.7173488	13.9247366	17.123655	0.79442228	0.25922077	0.16871697	0.14301836	0.12681706	100

Tabla 7. Periodo Pico (s) – Dirección media de procedencia del oleaje (°)

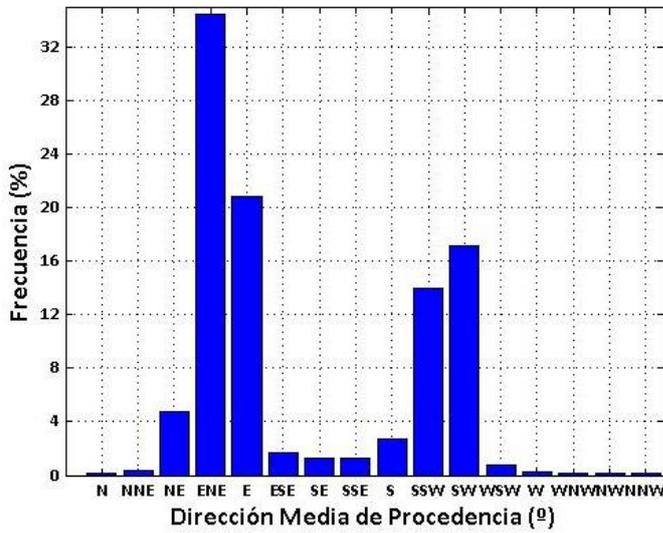


Figura 44. Histograma de direcciones medias de procedencia

Dm	Frecuencia (%)
N	0.178
NNE	0.340
NE	4.782
ENE	34.422
E	20.813
ESE	1.642
SE	1.256
SSE	1.309
S	2.717
SSW	13.925
SW	17.124
WSW	0.794
W	0.259
WNW	0.169
NW	0.143
NNW	0.127

Tabla 8. Porcentaje de direcciones medias de procedencia

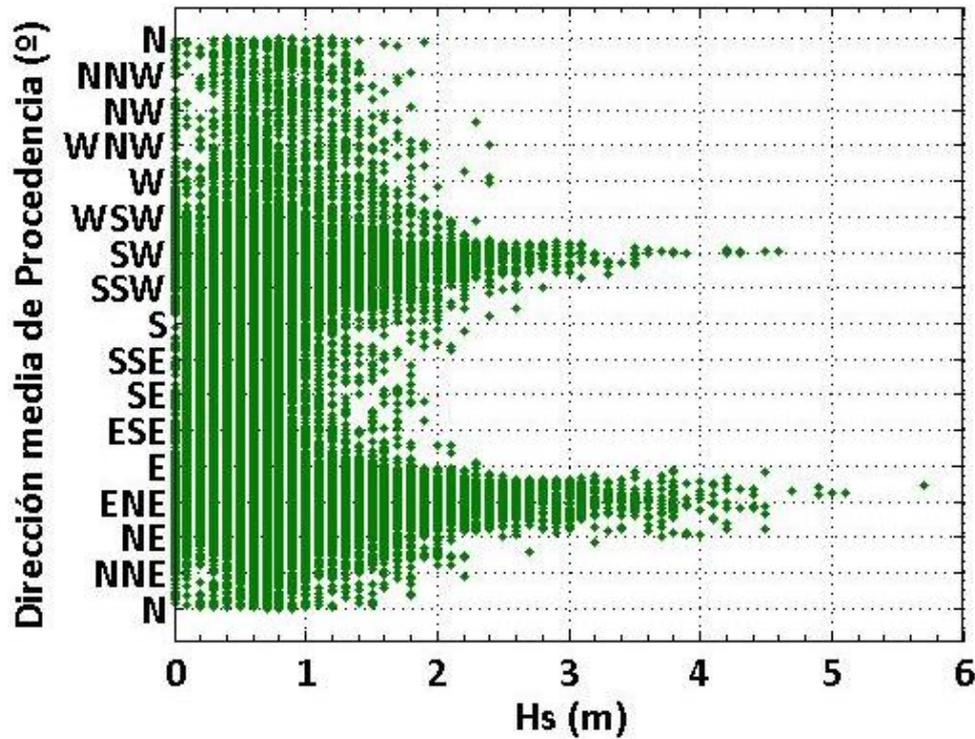


Figura 45. Gráfico de dispersión Hs-Dm del oleaje



ALTURA SIGNIFICANTE DE OLA-DIRECCIÓN DE PROCEDENCIA

Hm0(m)	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	TOTAL	
	DIRECCIÓN DE PROCEDENCIA (º)																
<0,125	0.0134	0.0285	0.8508	1.1469	0.6307	0.1743	0.1419	0.1006	0.1592	0.4698	0.6553	0.2419	0.0285	0.0073	0.0084	0.0067	4.6643
0,125-0,375	0.0156	0.0190	1.0888	5.0414	4.3833	0.6050	0.3810	0.4067	0.8363	3.3676	1.8833	0.0408	0.0179	0.0073	0.0045	0.0101	18.1086
0,375-0,625	0.0520	0.1022	1.2307	11.1923	8.5727	0.6291	0.5190	0.5643	1.1643	5.4928	5.0716	0.1637	0.0710	0.0570	0.0553	0.0369	34.9747
0,625-0,875	0.0408	0.0698	0.5263	5.7727	2.8788	0.1296	0.1318	0.1318	0.3218	2.0145	2.8715	0.1218	0.0520	0.0374	0.0229	0.0235	15.1471
0,875-1,125	0.0380	0.0598	0.5324	5.4056	2.4956	0.0721	0.0603	0.0793	0.1710	1.6928	3.2732	0.1112	0.0475	0.0313	0.0363	0.0302	14.1365
1,125-1,375	0.0112	0.0179	0.1749	1.9520	0.7877	0.0173	0.0101	0.0128	0.0307	0.4419	1.2637	0.0514	0.0162	0.0134	0.0101	0.0112	4.8224
1,375-1,625	0.0045	0.0246	0.1855	1.9436	0.6151	0.0089	0.0061	0.0089	0.0151	0.3061	1.1425	0.0391	0.0190	0.0095	0.0039	0.0067	4.3392
1,625-1,875	0.0017	0.0112	0.0665	0.6441	0.2067	0.0039	0.0056	0.0022	0.0073	0.0682	0.3961	0.0128	0.0039	0.0039	0.0011	0.0017	1.4369
1,875-2,125	0.0006	0.0056	0.0620	0.5933	0.1447	0.0017	0.0006	0.0022	0.0095	0.0453	0.2877	0.0106	0.0017	0.0011	0	0	1.1665
2,125-2,375	0	0.0017	0.0201	0.2274	0.0441	0	0	0	0.0011	0.0101	0.1296	0.0011	0.0006	0	0.0006	0	0.4363
2,375-2,625	0	0	0.0134	0.2145	0.0229	0	0	0.0011	0.0123	0.0760	0	0.0011	0.0006	0	0	0	0.3419
2,625-2,875	0	0	0.0084	0.0916	0.0084	0	0	0	0.0011	0.0374	0	0	0	0	0	0	0.1469
2,875-3,125	0	0	0.0112	0.0933	0.0084	0	0	0	0.0017	0.0179	0	0	0	0	0	0	0.1324
3,125-3,375	0	0	0.0017	0.0268	0.0045	0	0	0	0.0006	0.0039	0	0	0	0	0	0	0.0374
3,375-3,625	0	0	0.0022	0.0397	0.0028	0	0	0	0	0.0056	0	0	0	0	0	0	0.0503
3,625-3,875	0	0	0.0022	0.0184	0.0028	0	0	0	0	0.0028	0	0	0	0	0	0	0.0263
3,875-4,125	0	0	0.0034	0.0084	0.0017	0	0	0	0	0.0017	0	0	0	0	0	0	0.0151
4,125-4,375	0	0	0.0011	0.0034	0.0011	0	0	0.0011	0.0011	0.0028	0	0	0	0	0	0	0.0084
4,375-4,625	0	0	0.0006	0.0034	0.0006	0	0	0	0	0.0011	0	0	0	0	0	0	0.0056
4,625-4,875	0	0	0	0.0006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0006
4,875-5,125	0	0	0	0.0022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0022
5,125-5,375	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5,375-5,625	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5,625-5,875	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5,875-6,125	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6,125-6,375	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6,375-6,625	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6,625-6,875	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6,875-7,125	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7,125-7,375	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7,375-7,625	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	0.1777	0.3402	4.7822	34.4216	20.8125	1.6419	1.2564	1.3090	2.7173	13.9247	17.1237	0.7944	0.2592	0.1687	0.1430	0.1268	100

Tabla 9 Altura de ola significativa (m) – Dirección media de procedencia del oleaje (º)

Se representa a continuación la rosa de oleaje de los datos del punto SIMAR.

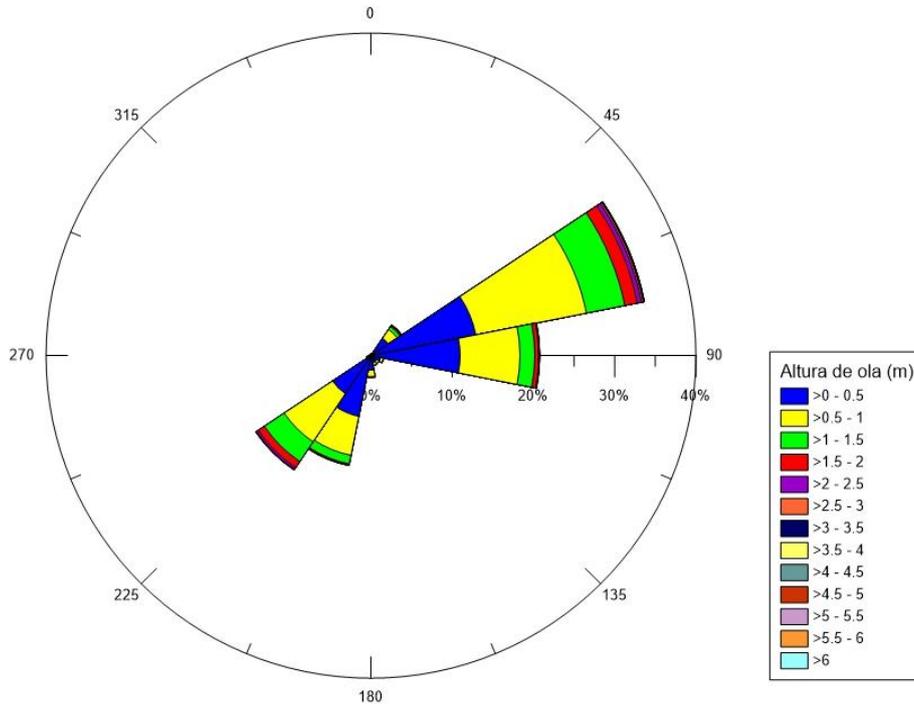


Figura 46. Rosa del oleaje

Resumen de resultados parciales

Los resultados más destacables de la descripción general del oleaje en profundidades indefinidas son:

- Las alturas de ola más frecuentes se encuentran en el intervalo de 0.5-1 m. El 35 % de las olas están en torno a 0.5 metros, siendo esta la altura ola más frecuente.
- Los periodos más frecuentes son los que están entre 4 y 6 segundos y los periodos menores a 2 segundos y mayores de 10 segundos apenas se dan.
- Las direcciones de procedencia del oleaje más frecuentes son **ENE** y **SW**

3.2.2. Régimen medio anual de Hs en profundidades indefinidas

Se obtiene el régimen medio anual del oleaje en profundidades indefinidas para la “Altura de ola significativa Hs (m)” considerando todas las direcciones. Después se calcula de nuevo el régimen medio pero únicamente para las dos direcciones predominantes del oleaje: **ENE** y **SW**.

Todos los regímenes medios de altura de ola significativa se ajustan a una distribución de probabilidad tipo Weibull cuya función de densidad viene representada por:

$$y = f(x|a, b) = ba^{-b}x^{b-1}e^{-\left(\frac{x}{a}\right)^b}I_{(0,\infty)}(x)$$

En la siguiente tabla se muestran los parámetros de ajuste de los regímenes medios direccionales y escalar de altura de ola obtenidos según la distribución de Weibull.

	a	b
Escalar	0.7707342	1.63251448
ENE	0.85899682	1.63409307
SW	0.9066909	1.77744403

Tabla 10. Parámetros de la distribución tipo Weibull para el régimen medio

Las figuras siguientes se organizan en tres bloques, cada bloque corresponde con un régimen medio distinto: el escalar y los dos direccionales (ENE y SW). Dentro de cada bloque se pueden diferenciar tres figuras, en la primera se representa el histograma de frecuencias (datos reales) junto con la función de densidad de los datos ajustados según una distribución de Weibull (datos empíricos), esta gráfica permite conocer la probabilidad de ocurrencia de cada altura de ola. En la segunda figura se encuentra representado el histograma de frecuencias acumuladas junto con la función de distribución que indica la probabilidad de no excedencia de cada altura de ola, es decir, la probabilidad de que dicha altura de ola no sea superada.

Régimen medio escalar

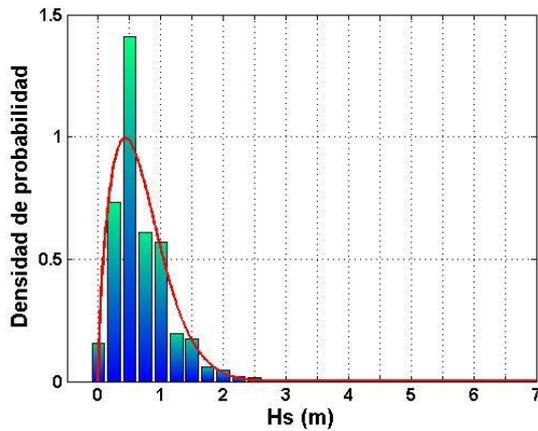


Figura 47. Función de densidad escalar

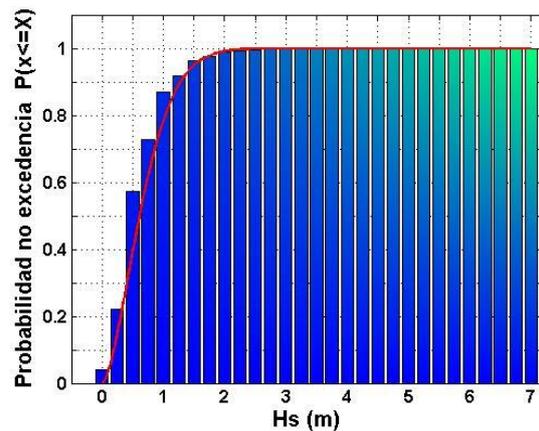


Figura 48. Función de distribución escalar

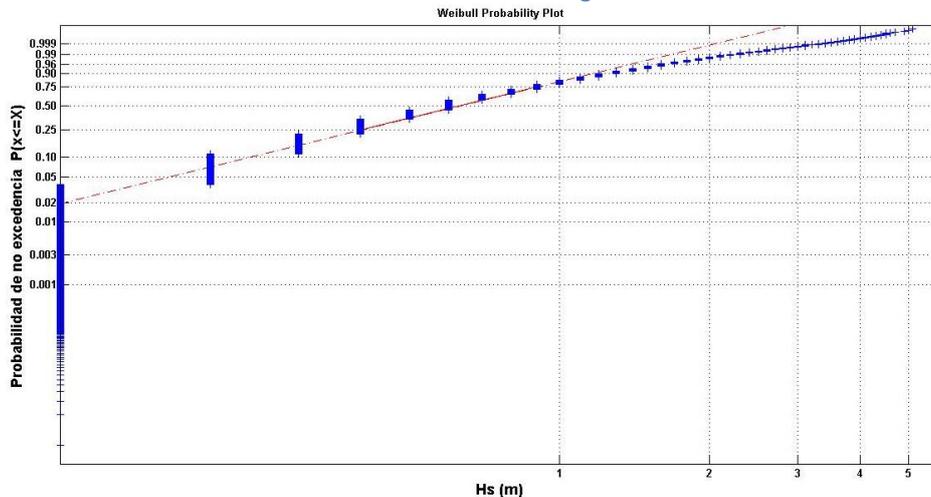


Figura 49. Función distribución escalar en papel probabilístico normal

Régimen medio direccional ENE

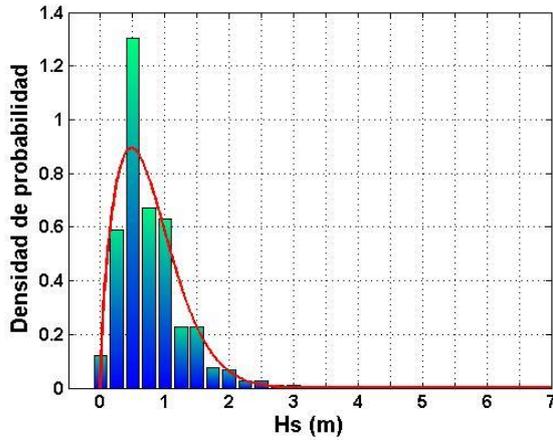


Figura 50. Función de densidad direccional: ENE

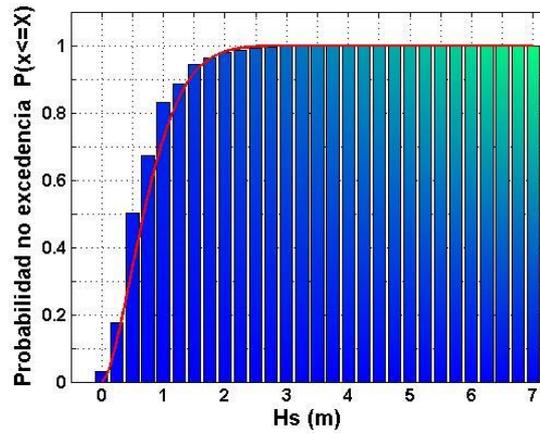


Figura 51. Función de distribución direccional: ENE

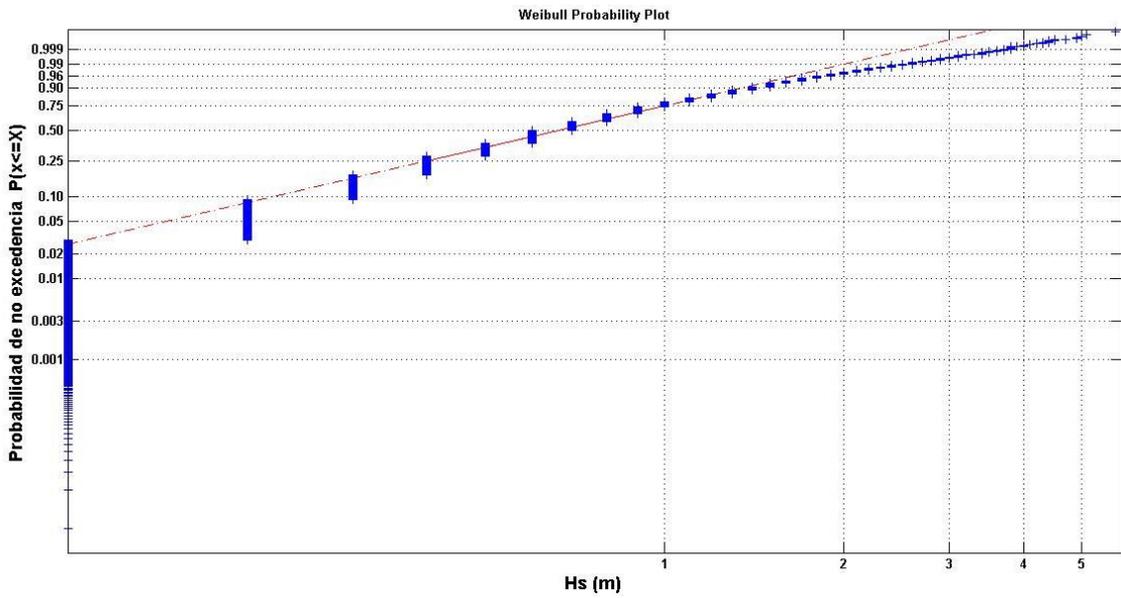


Figura 52. Función distribución direccional ENE en papel probabilístico normal

Régimen medio direccional SW

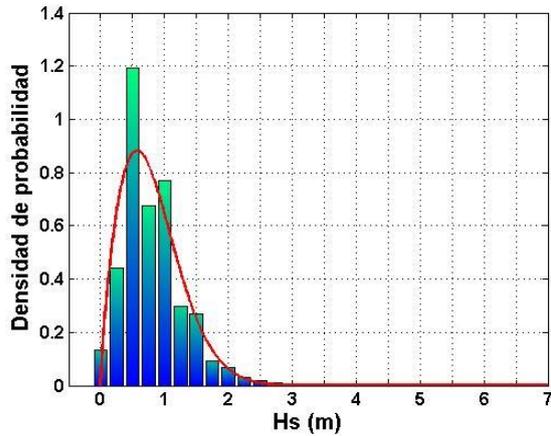


Figura 53. Función de densidad direccional: SW

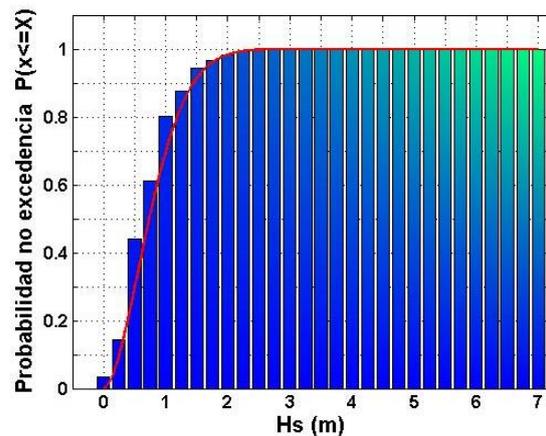


Figura 54. Función de distribución direccional: SW

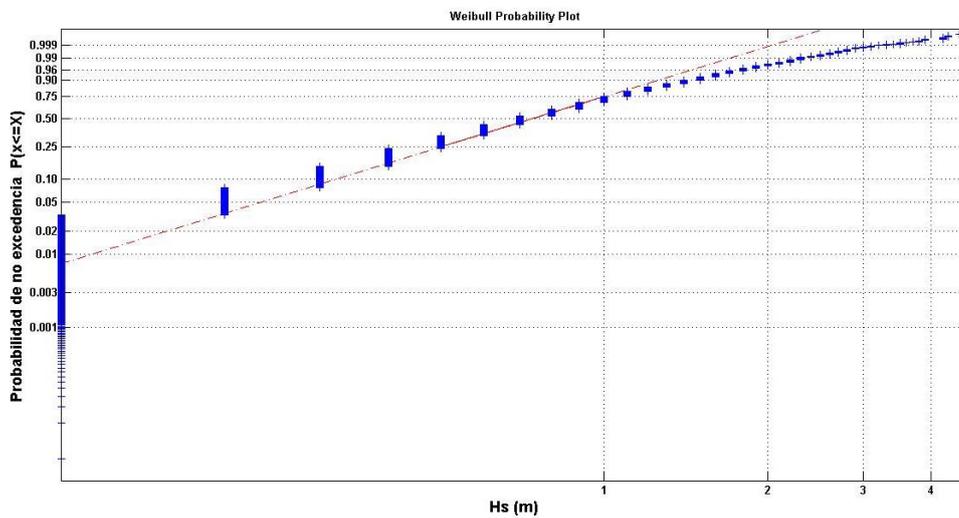


Figura 55. Función distribución direccional SW en papel probabilístico normal

Resumen de resultados parciales

Como resumen del régimen medio para la altura de ola se presenta la siguiente tabla:

REGIMEN MEDIO	ALTURA DE OLA ,Hs(m)	
	Prob. No excedencia 50 %	Prob. No excedencia 85 %
ESCALAR	0.62	1.14
DIRECCIONAL ENE	0.69	1.27
DIRECCIONAL SW	0.74	1.3

Tabla 11. Tabla resumen del régimen medio para la altura de ola.

3.2.3. Régimen extremal de Hs en profundidades indefinidas

Para la obtención del régimen extremal se ha usado el método de Picos Sobre Umbral (POT, Peaks Over Threshold). Para ello se ha fijado la altura de ola umbral correspondiente a 2 m, correspondiente al valor que es superado en menos del 1%. Para garantizar la independencia estadística entre temporales, se ha supuesto que la duración mínima entre temporales debe ser superior a 48 horas. De esta manera se han obtenido 231 eventos extremales respectivamente, en los 18 años meteorológicos analizados. Hemos reducido la serie temporal en este análisis extremal puesto que era bastante regular en el tiempo y con la gran cantidad de datos no se aprecia con tanta precisión la representación.

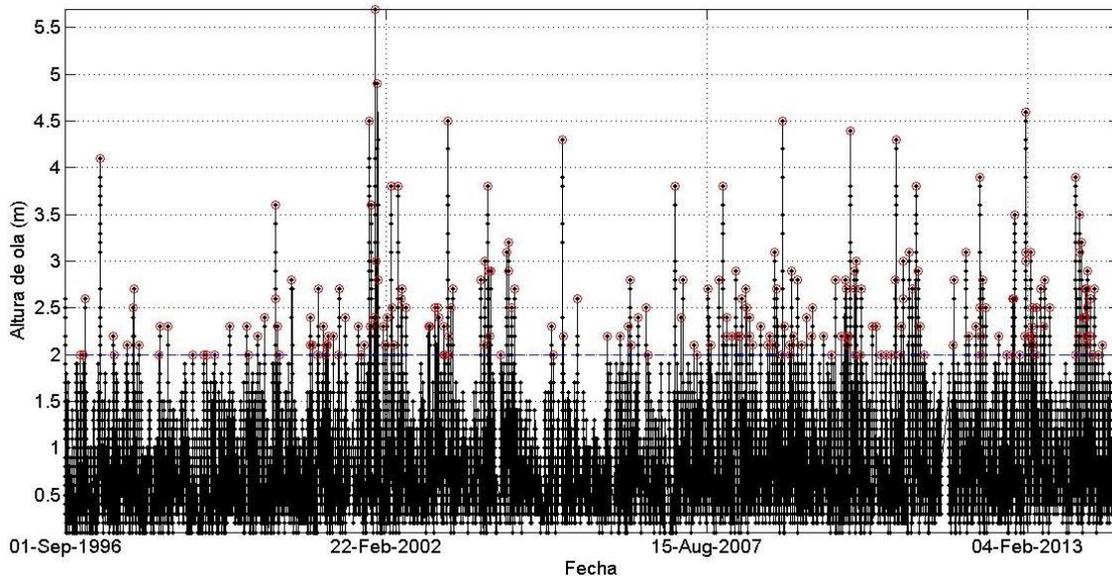


Figura 56. Picos de altura de ola sobre umbral con Hsu = 2 m

Para caracterizar al régimen de picos sobre umbral, se utiliza la distribución de Valores Extremos Generalizada representativa del régimen. La forma general de la distribución utilizada es:

$$y = f(x|k, \mu, \sigma) = \left(\frac{1}{\sigma}\right) \exp\left(-\left(1 + k\frac{x - \mu}{\sigma}\right)^{-\frac{1}{k}}\right) \left(1 + k\frac{x - \mu}{\sigma}\right)^{-1 - \frac{1}{k}}$$

La distribución generalizada de los Valores Extremos (GEV) une a las distribuciones de tipo I (Gumbel), tipo II (Frechet) y tipo III (Weibull) en una sola familia para permitir un rango continuo de posibles ajustes. Esta distribución posee unos parámetros de localización y escala, μ y σ , y un parámetro de forma, k . De esta manera, cuando $k < 0$, el GEV es equivalente al valor de tipo III (Weibull); cuando $k > 0$, es equivalente a la de tipo II (Frechet); y en el límite cuando $k = 0$, se convierte en el tipo I (Gumbel).

Régimen extremal escalar

Régimen extremal escalar	k	σ	μ	Distribución equivalente	Nº eventos
	0.7601	0.1852	2.1307	Frechet	231

Tabla 12. Parámetros de ajuste para el régimen extremal escalar

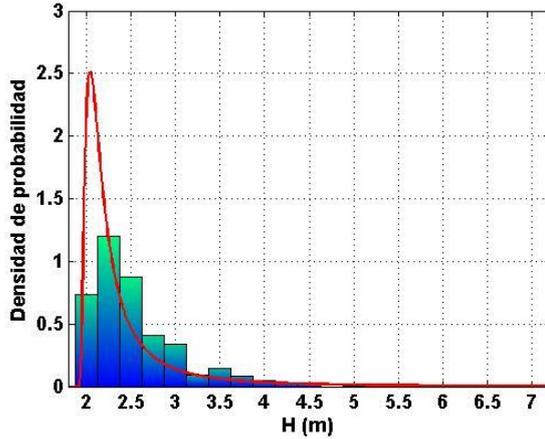


Figura 57. Función de densidad escalar

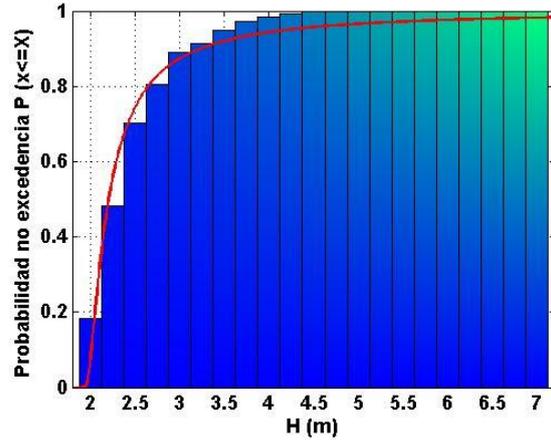


Figura 58. Función de distribución escalar

Régimen extremal direccional ENE

Régimen extremal direcc. ENE	k	σ	μ	Distribución equivalente	Nº eventos
	0.5667	0.2423	2.1912	Frechet	91

Tabla 13. Parámetros de ajuste para régimen extremal direccional: ENE

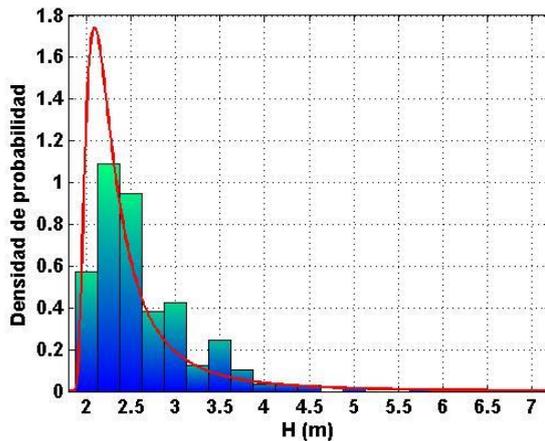


Figura 59. Función de densidad direccional:ENE

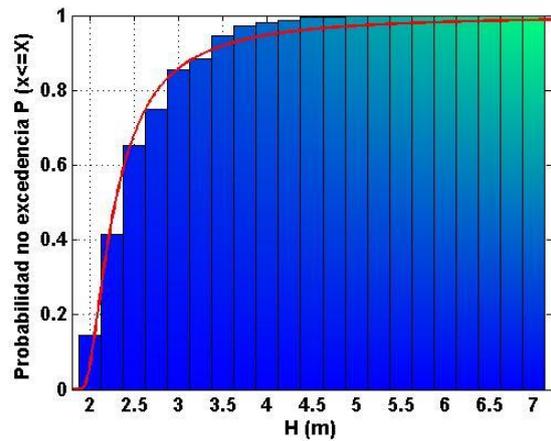


Figura 60. Función de distribución direccional:ENE

Régimen extremal direccional SW

Régimen extremal direcc. SW	k	σ	μ	Distribución equivalente	Nº eventos
	0.5887	0.1694	2.1285	Frechet	105

Tabla 14. Parámetros de ajuste para régimen extremal direccional: SW

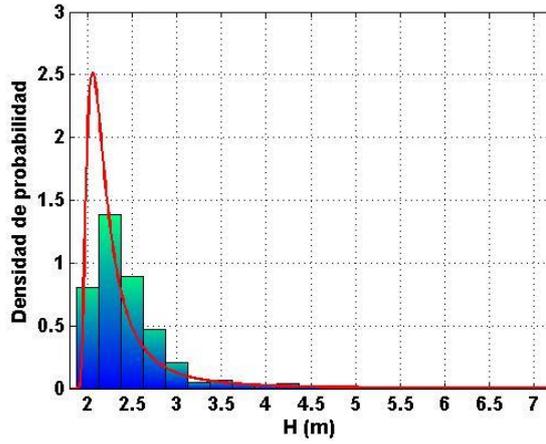


Figura 61. Función de densidad direccional:SW

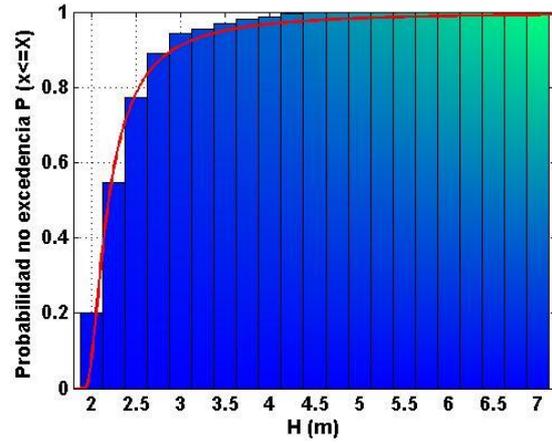


Figura 62. Función de distribución direccional:SW

3.3. Viento

3.3.1. Descripción general del viento en profundidades indefinidas

En primer lugar se realiza una descripción general de las características del viento en profundidades indefinidas en la zona de estudio, en el que se mostrará:

- Un gráfico de dispersión entre las variables V_V y θ_V
- Dos histogramas, uno por cada variable: V_V y θ_V
- Rosa de los vientos.

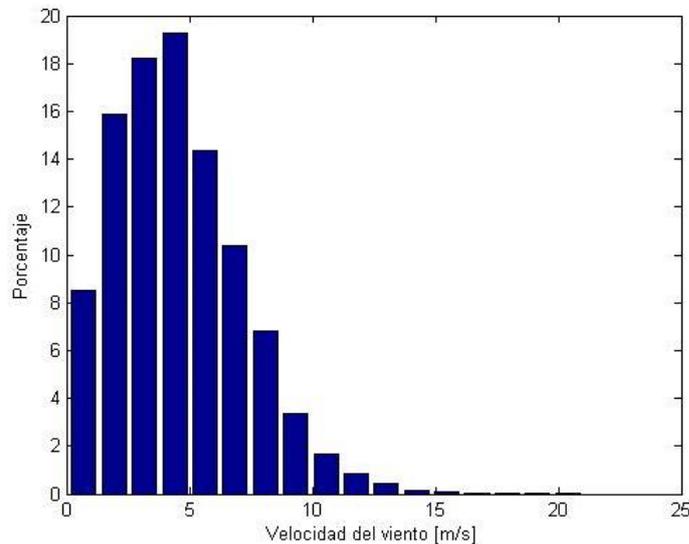


Figura 63. Histograma de altura de velocidades de viento

$V_V(m/s)$ [a,b)	Frecuencia (%)
0 - 1.25	8.53
1.25 - 2.5	15.88
2.5 - 3.75	18.20
3.75 - 5	19.24
5 - 6.25	14.38
6.25 - 7.5	10.35
7.5 - 8.75	6.82
8.75 - 10	3.35
10 - 11.25	1.64
11.25 - 12.5	0.83
12.5 - 13.75	0.44
13.75 - 15	0.17
15 - 16.25	0.07
16.25 - 17.5	0.06
17.5 - 18.75	0.02
18.75 - 20	0.01
20 - 21.25	0.00

Tabla 15. Porcentajes de velocidades de viento

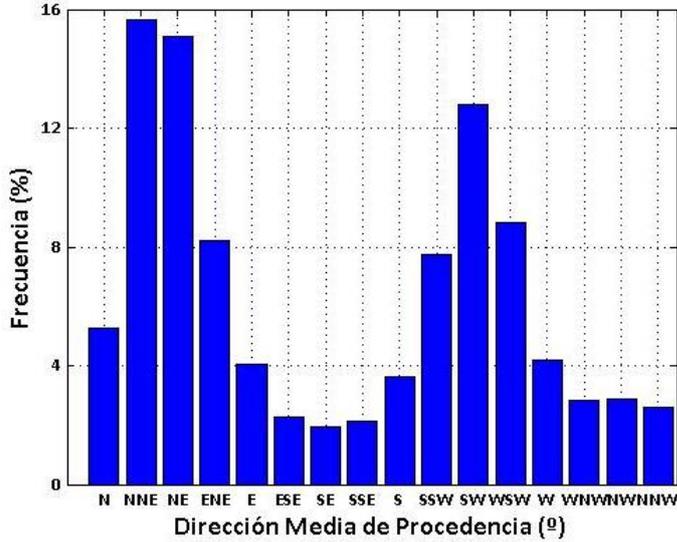


Figura 64. Histograma de direcciones medias de procedencia

Dm	Frecuencia (%)
N	5.25
NNE	15.66
NE	15.10
ENE	8.21
E	4.04
ESE	2.27
SE	1.93
SSE	2.13
S	3.63
SSW	7.73
SW	12.80
WSW	8.82
W	4.17
WNW	2.81
NW	2.86
NNW	2.58

Tabla 16. Porcentajes de direcciones medias de procedencia

Probabilidad conjunta del viento

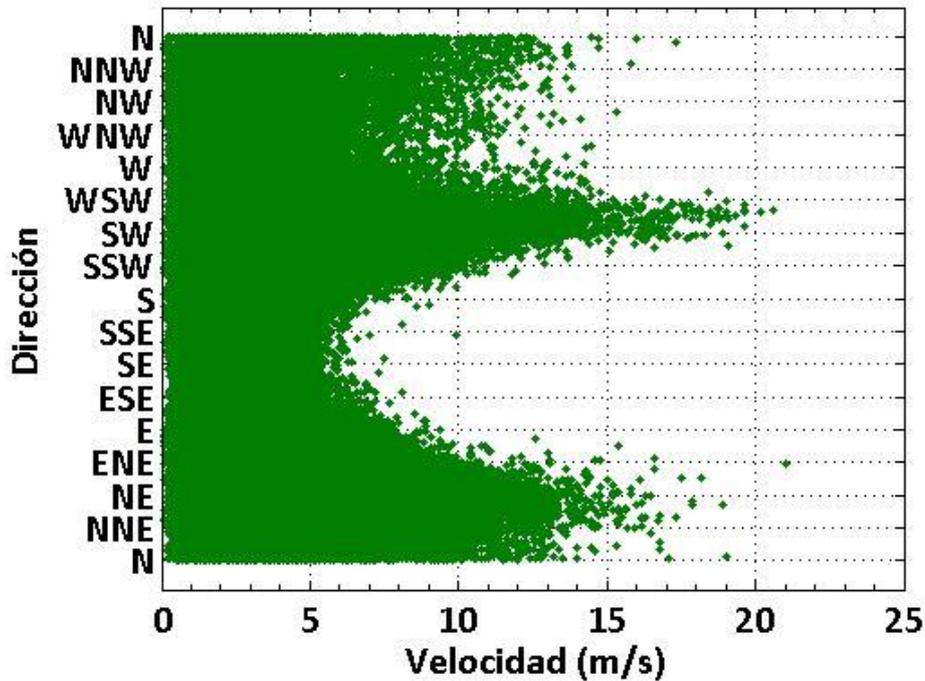


Figura 65. Gráfico de dispersión V_v y θ_v

Se representa a continuación la rosa de los vientos de los datos del punto SIMAR.

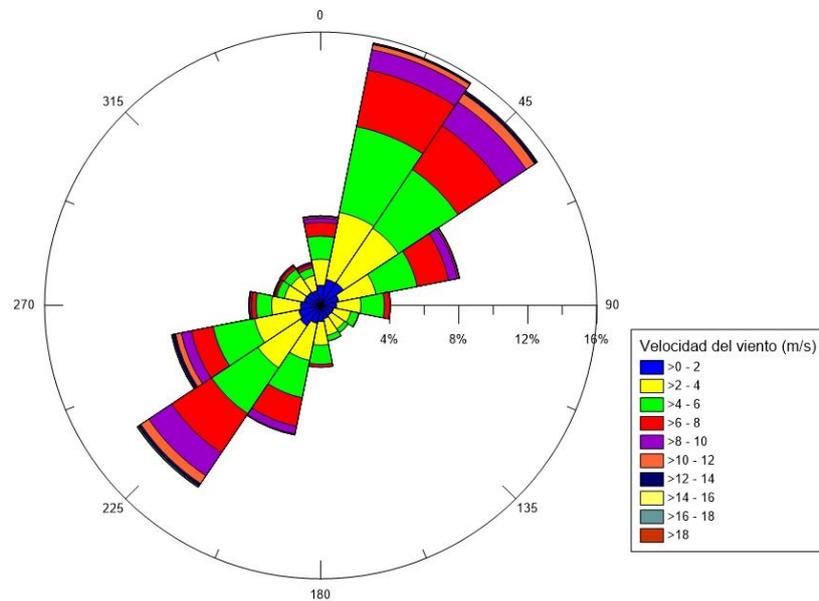


Figura 66. Rosa de los vientos

Resumen de resultados parciales

Los resultados más reseñables de la descripción general del viento en profundidades indefinidas son:

- Rango de velocidades de viento entre 0 y 20 m/s
- Las velocidades de viento más frecuentes se centran en torno a 5 m/s
- Las direcciones de viento más frecuentes son: **NNE** y **SW**.

3.3.2. Régimen medio anual de V_v en profundidades indefinidas.

Se obtiene el régimen medio anual de velocidades de viento en profundidades indefinidas considerando todas las direcciones. Después se calcula de nuevo el régimen medio, pero únicamente para las dos direcciones predominantes de procedencia del viento: NNE y SW.

Todos los regímenes medios de velocidad de viento se ajustan a una distribución de probabilidad tipo Weibull cuya función de densidad viene representada por:

$$y = f(x|a, b) = ba^{-b}x^{b-1}e^{-\left(\frac{x}{a}\right)^b}I_{(0,\infty)}(x)$$

En la siguiente tabla se muestran los parámetros de ajuste de los regímenes medios direccionales y escalar de velocidades de viento obtenidos según la distribución de Weibull.

	a	b
Escalar	5.1378	1.8489
Dirección NNE	5.7027	2.2769
Dirección SW	6.2487	2.0052

Tabla 17. Parámetros de la distribución tipo Weibull para el régimen medio

Las figuras siguientes se organizan en tres bloques, cada bloque corresponde con un régimen medio distinto: el escalar y los dos direccionales (NNE y SW). Dentro de cada bloque se pueden diferenciar a su vez dos figuras, en la primera se representa el histograma de frecuencias (datos reales) junto con la función de densidad de los datos ajustados según una distribución de Weibull (datos empíricos), esta gráfica permite saber la probabilidad de ocurrencia de cada velocidad de viento. En la segunda figura se encuentra representado el histograma de frecuencias acumuladas junto con la función de distribución que indica la probabilidad de no excedencia de cada velocidad de viento, es decir, la probabilidad de que dicha velocidad de viento no sea superada.

Régimen medio escalar

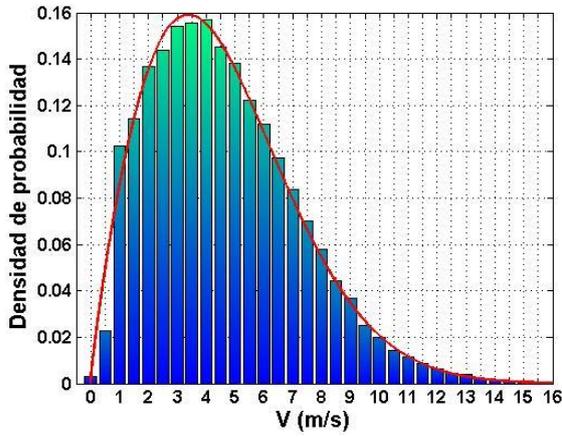


Figura 67. Función de densidad escalar. Vv

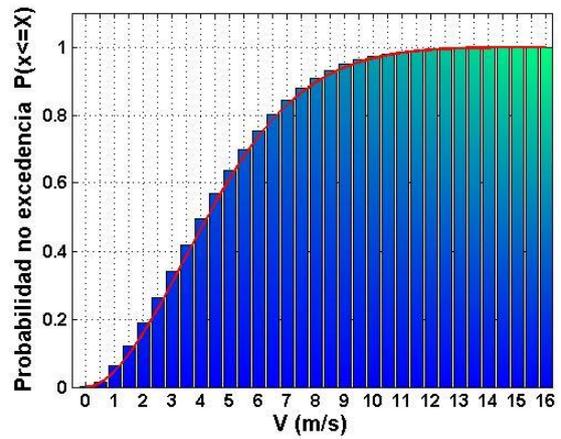


Figura 68. Función de distribución escalar. Vv

Régimen medio direccional NNE

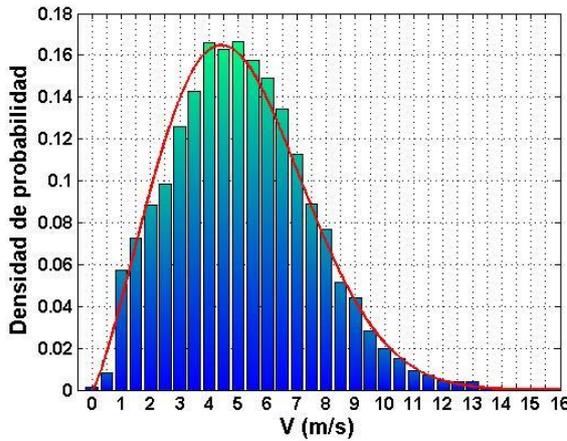


Figura 69. Función de densidad direccional NNE. Vv

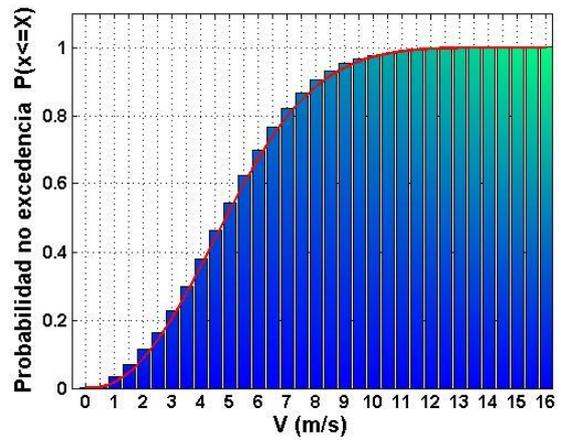


Figura 70. Función de distribución direccional NNE. Vv

Régimen medio direccional SW

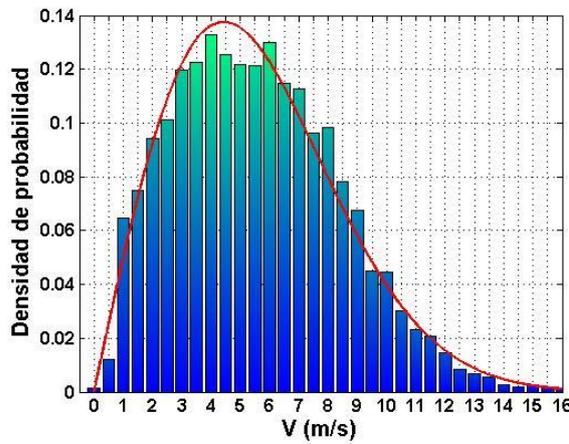


Figura 71. Función de densidad direccional SW. Vv

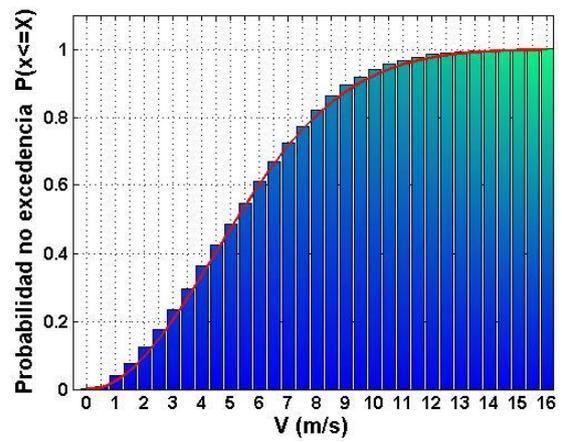


Figura 72. Función de distribución direccional SW. Vv

Resumen de resultados parciales

Como resumen del régimen medio para la velocidad del viento se presenta la siguiente tabla:

REGIMEN MEDIO	ALTURA DE OLA ,Hs(m)	
	Prob. No excedencia 50 %	Prob. No excedencia 85 %
ESCALAR	4.2	7.3
DIRECCIONAL NNE	4.9	7.6
DIRECCIONAL SW	5.2	8.6

Tabla 18. Tabla resumen del régimen medio para la velocidad del viento.

3.3.3. Régimen extremal de Vv en profundidades indefinidas

Para la obtención del régimen extremal se ha usado el método de Picos Sobre Umbral (POT, Peaks Over Threshold). Para ello se ha fijado la velocidad de viento umbral correspondiente a 10,4 m/s, correspondiente al valor que es superado en menos del 5%. De esta manera se han obtenido 428 eventos extremales respectivamente, en los 18 años meteorológicos analizados.

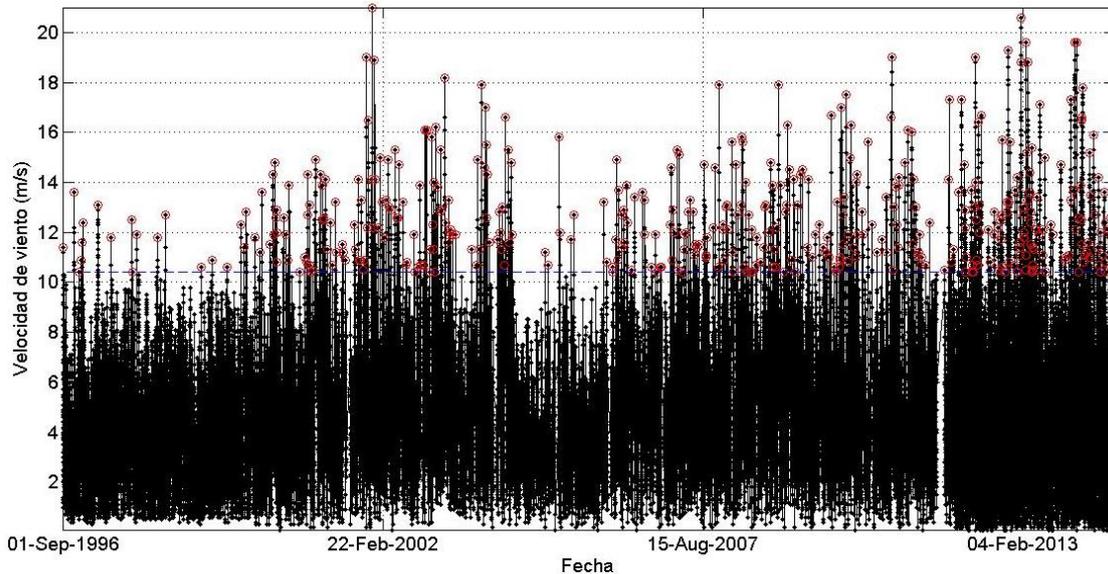


Figura 73. Picos de velocidad de viento sobre umbral con $V_v = 10,4$ m/s

Para caracterizar al régimen de picos sobre umbral, se utiliza la distribución de Valores Extremos Generalizada representativa del régimen. La forma general de la distribución utilizada es:

$$y = f(x|k, \mu, \sigma) = \left(\frac{1}{\sigma}\right) \exp\left(-\left(1 + k\frac{x - \mu}{\sigma}\right)^{-\frac{1}{k}}\right) \left(1 + k\frac{x - \mu}{\sigma}\right)^{-1 - \frac{1}{k}}$$

La distribución generalizada de los Valores Extremos (GEV) une a las distribuciones de tipo I (Gumbel), tipo II (Frechet) y tipo III (Weibull) en una sola familia para permitir un rango continuo de posibles ajustes. Esta distribución posee unos parámetros de localización y escala, μ y σ , y un parámetro de forma, k . De esta manera, cuando $k < 0$, el GEV es equivalente al valor de tipo III (Weibull); cuando $k > 0$, es equivalente a la de tipo II (Frechet); y en el límite cuando $k = 0$, se convierte en el tipo I (Gumbel).

Régimen extremal escalar

Régimen extremal escalar	k	σ	μ	Distribución equivalente	Nº eventos
	0.3987	0.8854	11.2560	Frechet	428

Tabla 19. Parámetros de ajuste para régimen extremal escalar.

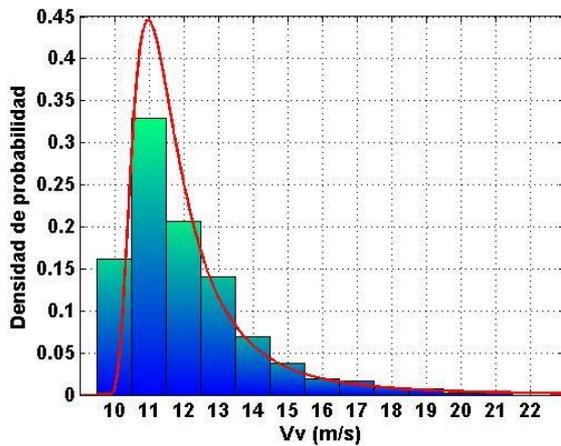


Figura 74. Función de densidad escalar

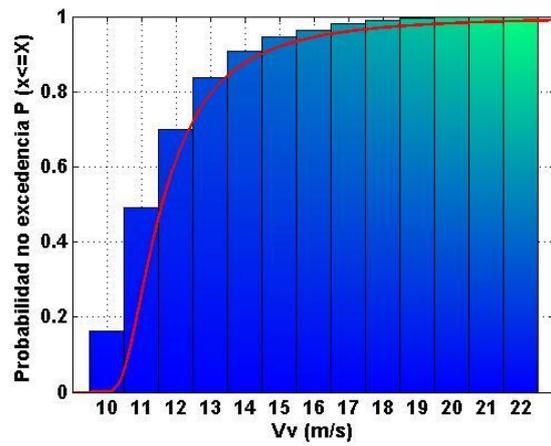


Figura 75. Función de distribución escalar

Régimen extremal direccional NNE

Régimen extremal direcc. NNE	k	σ	μ	Distribución equivalente	Nº eventos
	0.4557	0.7013	11.0439	Frechet	47

Tabla 20. Parámetros de ajuste para régimen extremal direccional NNE

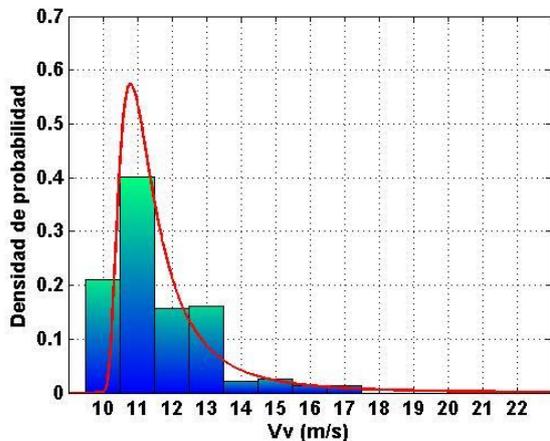


Figura 76. Función de densidad direcc. NNE

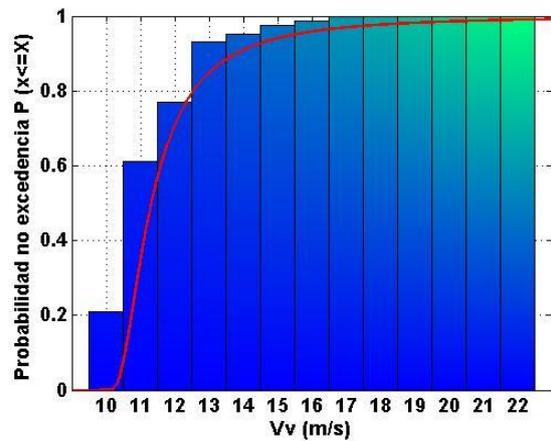


Figura 77. Función de distribución direcc. NNE

Régimen extremal direccional SW

Régimen extremal direcc. SW	k	σ	μ	Distribución equivalente	Nº eventos
	0.4005	1.0168	11.38159	Frechet	116

Tabla 21. Parámetros de ajuste para régimen extremal direccional SW

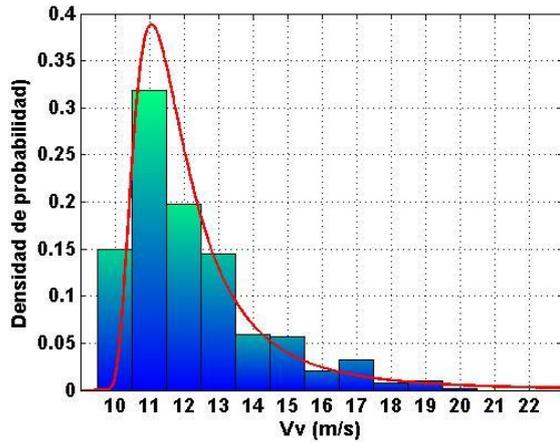


Figura 78. Función de densidad direcc. SW

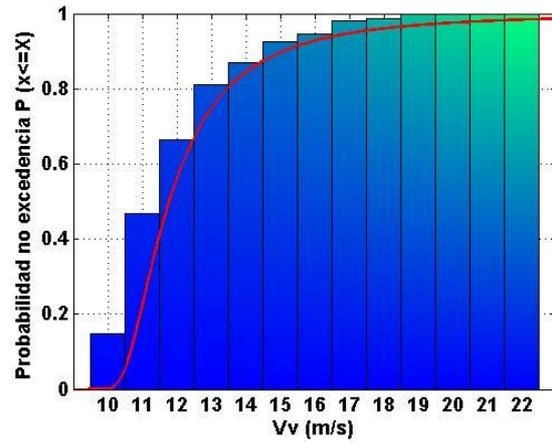


Figura 79. Función de distribución direcc. SW