



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 LAS ZONAS DE ESTUDIO
Campaña de campo en Carboneras (Almería)



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



Universidad de Granada

Unión Europea



Fondo Europeo
de Desarrollo Regional

01/09/15



ÍNDICE:

1. INTRODUCCIÓN	4
2. ANÁLISIS DE DATOS DE OLEAJE:.....	6

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Instrumentación colocada en cada trípode	4
Figura 2. Posición de los trípodes.....	5
Figura 3. Datos de oleaje obtenidos por el ADCP (azul) y el AWAC (rojo)	¡Error! Marcador no definido.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Posición exacta de los trípodes	5
--	---

1. INTRODUCCIÓN

Con fecha, 17 de abril de 2015 se lleva a cabo en las inmediaciones del puerto pesquero de Carboneras una campaña de campo de 17 días de duración, hasta el 5 de mayo de 2015.

El objetivo de dicha campaña es medir parámetros hidrodinámicos (niveles, presiones, corrientes y oleaje) y físico-químicos (densidad, temperatura y conductividad) para caracterizar el comportamiento del entorno del puerto pesquero de Carboneras. En especial, la zona de la bocana y de las condiciones en la alineación principal del puerto. Estos datos servirán además para calibrar y validar los resultados del modelo numérico Delft3D que se está implementando en la zona. Este informe ha sido realizado por Ángela Tintoré Parra y Rafael Bergillos Meca, bajo la dirección del IP del proyecto Miguel Ortega Sánchez.

Se colocan dos trípodes con dos instrumentos cada uno, dispuestos del siguiente modo:

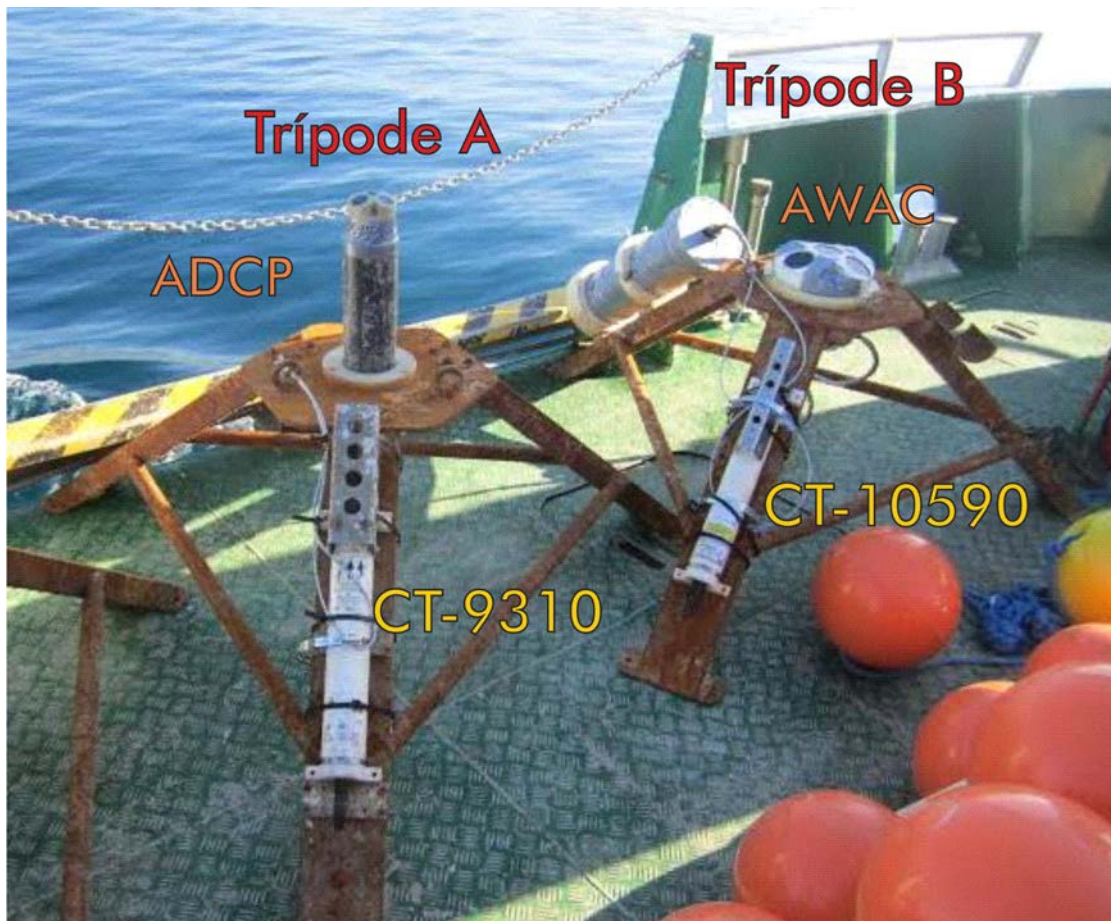


Figura 1. Instrumentación colocada en cada trípode

La posición en la que se colocaron los trípodes se muestra en la siguiente figura:



Figura 2. Posición de los trípodes

Las coordenadas exactas de fondeo de los aparatos son las siguientes:

Trípode	Nombre del equipo	Sistema de fondeo	Posición de fondeo (WGS84)	Profundidad aprox. a la que estará el equipo
A	ADCP-Aquapro 1MHz (AQP-0738) + SBE-SMP (9310)	Trípode	N 36º 59' 11,2'' W 1º 53' 55,5''	5,4 m
B	AWAC 1MHz (WAV-5313) + SBE37-SM (3930E11-1-10590)	Trípode	N 36º 59' 14,7'' W 1º 53' 37,6''	9,1 m

Tabla 1. Posición exacta de los trípodes

2. ANÁLISIS DE LOS DATOS DE OLEAJE:

En una primera visualización de los datos se puede apreciar que el AWAC no ha medido todo el tiempo programado y, además, sus mediciones no son suficientes como para realizar un análisis fiable, en el siguiente gráfico se muestra el tiempo de medición y los datos obtenidos en el ADCP y el AWAC y su comparación con los datos suministrados por el SIMAR 2066084 (llamado SIMAR 1) y SIMAR 525022037 (llamado SIMAR 2), próximos a la costa de Carboneras:



Figura 3. Posición de los SIMAR 1 y 2.

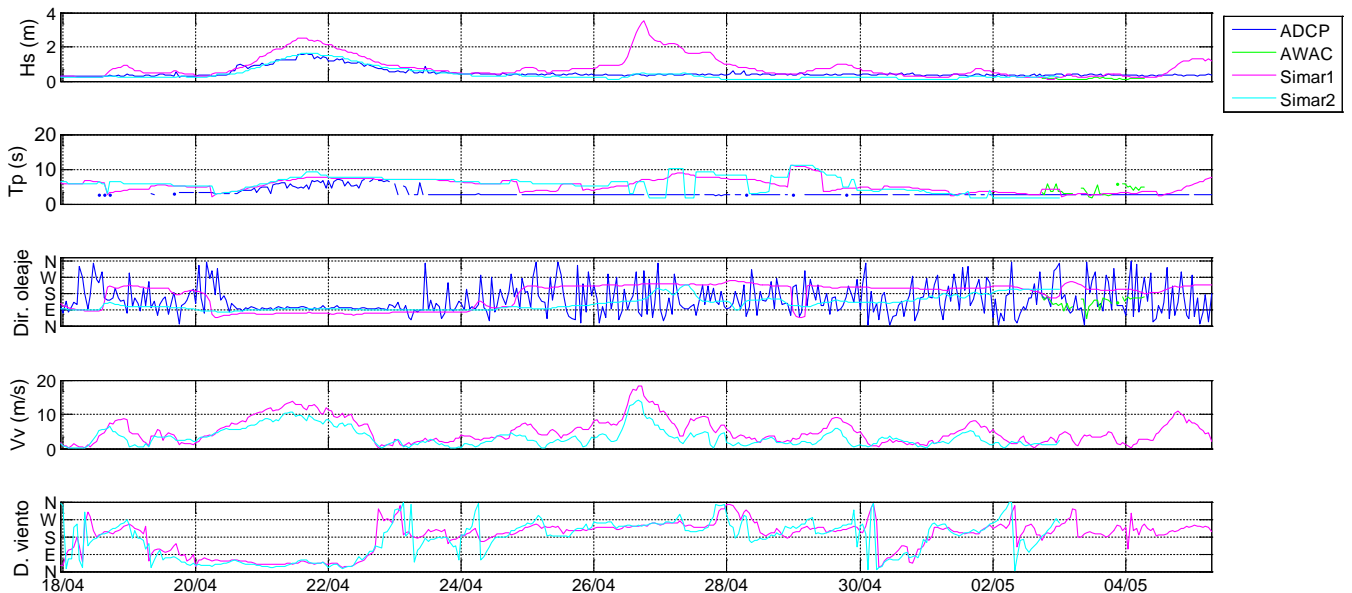


Figura 4. Serie temporal de datos de oleaje obtenidos por el ADCP en azul, el AWAC en verde y el SIMAR 1 (2066084) en magenta y SIMAR 2 (525022037) en cyan. Panel 1: altura de ola (m). Panel 2: período pico (s). Panel 3: dirección media de procedencia del oleaje. Panel 4: velocidad del viento. Panel 5: dirección media de procedencia del viento.



Se observa que durante la campaña ha habido un temporal que comenzó el 20 de mayo sobre las 11:00 y terminó alrededor del 22 a las 23:00 horas. Como se puede observar en la gráfica, la dirección media de procedencia del oleaje abarca todo el rango 0-360º en condiciones normales (aunque este dato no debe ser tenido muy en cuenta por la mala calidad de la señal registrada por el aparato), sin embargo, en el caso del temporal la dirección media de procedencia del oleaje se corresponde claramente con el Este. Por otro lado, el SIMAR detecta direcciones medias de procedencia del oleaje más frecuentes del Oeste, y al igual que el ADCP, el temporal registrado el oleaje proviene del Este

En vista a que el AWAC no ha medido correctamente se analizan a continuación los datos del ADCP.

2.1. Histogramas de probabilidad de ocurrencia

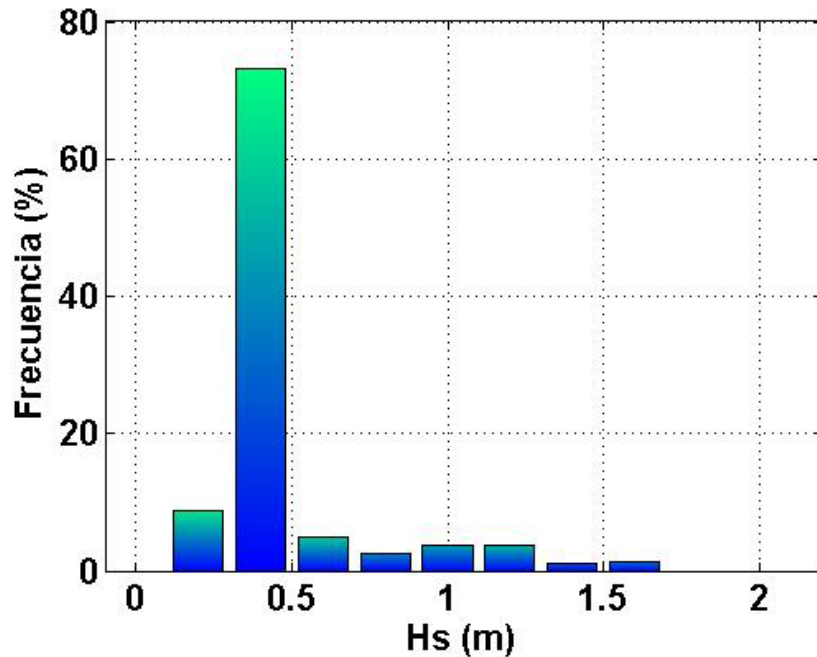


Figura 5. Histograma de probabilidad de ocurrencia H_s (m) medidos en el ADCP

El histograma muestra claramente que la mayoría de las alturas de ola registradas se encuentran por debajo de 0,5 m. siendo el esto poco significativo porcentualmente, el mayor valor registrado ha sido de 1,59 metros.

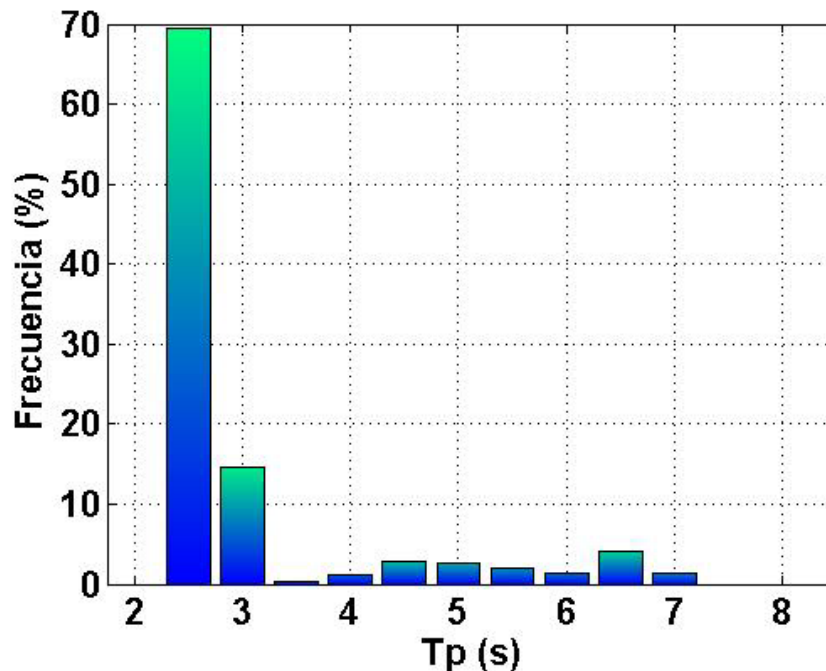


Figura 6. Histograma de probabilidad de ocurrencia T_p (s) medidos en el ADCP

Al igual que en el caso anterior, la gran mayoría de los datos se centra en un rango muy concreto, entre 2,5-3 segundos. Este dato se aprecia en la Figura 1 de manera muy clara. Exceptuando el temporal, los valores de T_p son muy homogéneos.

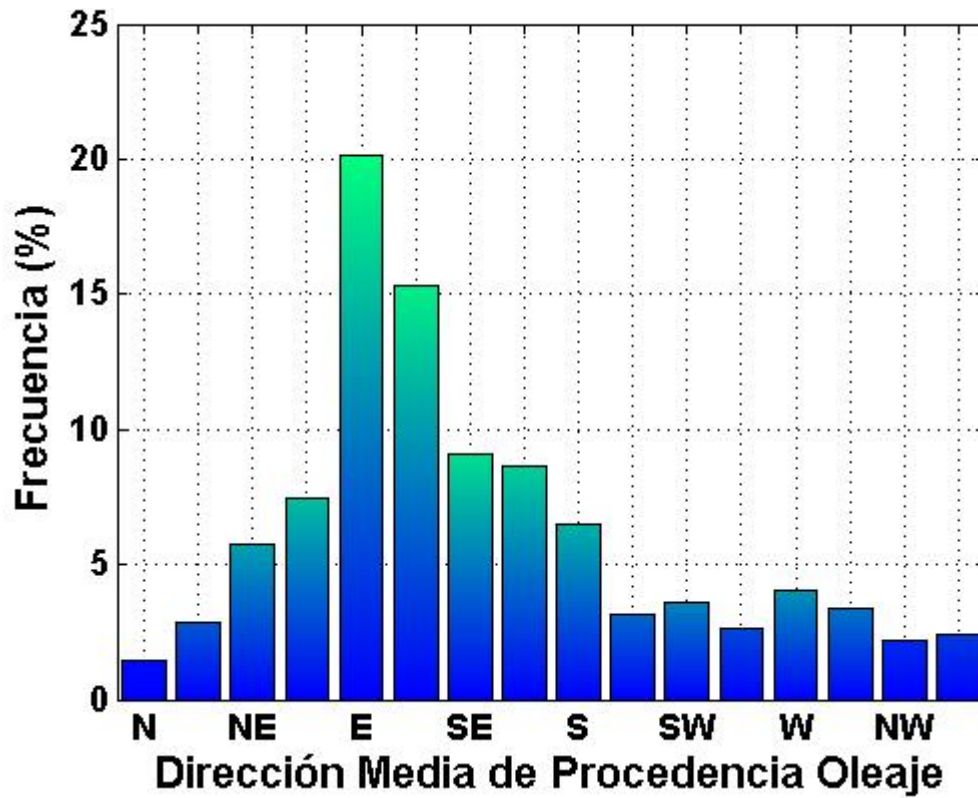


Figura 7. Histograma de probabilidad de ocurrencia de la dirección media de procedencia del oleaje medido en el ADCP

En condiciones normales se observa en la Figura 1, panel 3 que la dirección de procedencia de oleaje es cambiante recorriendo todo el rango de valores. Tan sólo se ve una clara dirección en el momento del temporal que la dirección de procedencia es claramente del Este.

2.2. Gráficos de dispersión

Los siguientes gráficos muestran la simultaneidad de los datos por pares, representa la ocurrencia conjunta de los dos valores representados. Se muestran los datos medidos en el ADCP (azul) y los suministrados por Puertos del Estado registrados por el SIMAR1 (magenta) y SIMAR2 (verde):

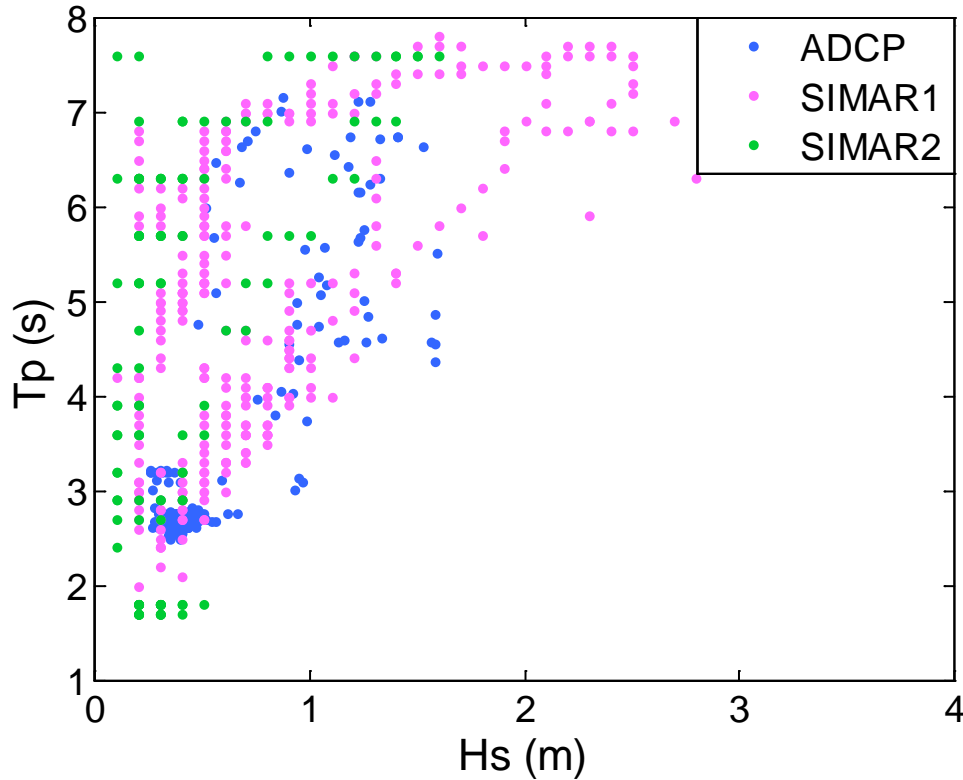


Figura 8. Gráfico de dispersión H (s) – T_p (s)

De igual modo que en los histogramas se aprecia una clara presencia de alturas de ola menores de 0,5 metros con períodos pico alrededor de 3 segundos, según las mediciones del ADCP.

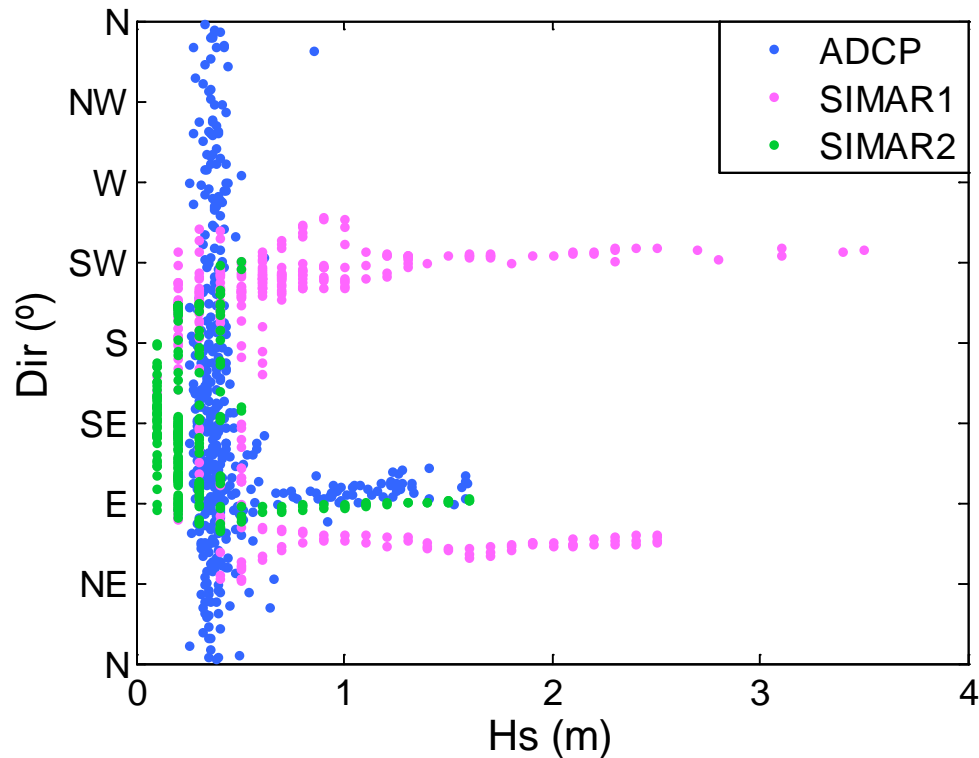


Figura 9. Gráfico de dispersión Hs (m) – Dirección media de procedencia del oleaje

La gráfica anterior muestra el amplio rango que tiene la dirección de procedencia del oleaje en la zona de estudio, destacando la dirección E generando las alturas de olas son mayores, es decir, en el período que ocurre el temporal, según los datos del ADCP. Los datos del SIMAR 1 muestran dos direcciones de procedencia del oleaje predominantes, SW y NE, casi paralela a la alineación media de la línea de costa y registrando un rango de valores más altos de altura de ola (>3m). El SIMAR 2 muestra valores más similares a los del ADCP, las mayores alturas de ola se registran en el Este, y el rango del ángulo de procedencia del oleaje se reduce abarcando valores que van del E al SW.

Teniendo en cuenta que la valoración de la calidad de la medición en el ADCP en cuanto a ángulo de procedencia del oleaje es baja, es muy probable que la situación en el ADCP sea muy parecida a los datos del SIMAR 2. Es decir, direcciones de oleaje que abarcan los ángulos que van desde E-SW.

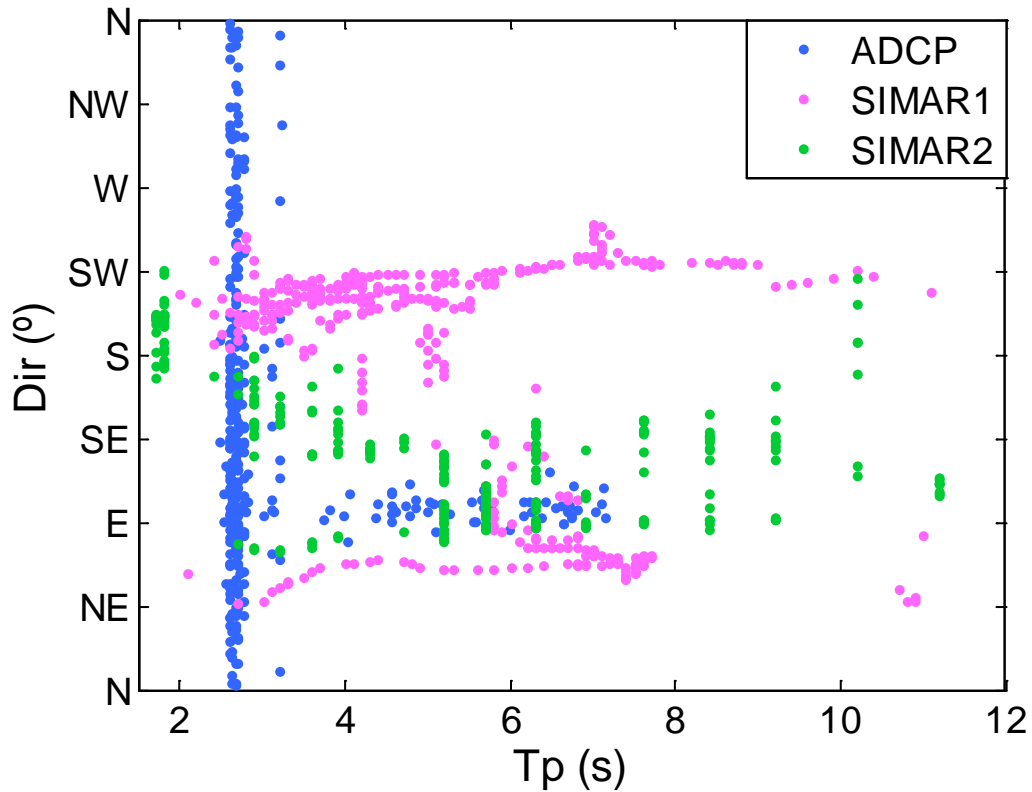


Figura 10. Gráfico de dispersión T_p (s) – Dirección media de procedencia del oleaje

El gráfico de dispersión T_p (s)-Dir. Media procedencia del oleaje el ADCP muestra que los períodos pico mayores se producen cuando la dirección media del oleaje es del E, es decir, se producen en el momento que se produce el temporal. El SIMAR, por otro lado, registra los mayores valores de período pico (alrededor de 11 s.) en sus direcciones principales: SW y NE. Se observa que los valores de T_p cuando el oleaje proviene del Este se conservan del SIMAR al ADCP, es decir, los valores de T_p registrados por ADCP y SIMAR son similares, no ocurre lo mismo con los datos registrados en la dirección SW, cuyos valores de T_p se reducen drásticamente del SIMAR al ADCP.

2.3. Rosa del oleaje

La rosa de oleaje obtenida con los datos registrados por el ADCP en la campaña de campo se muestra a continuación:

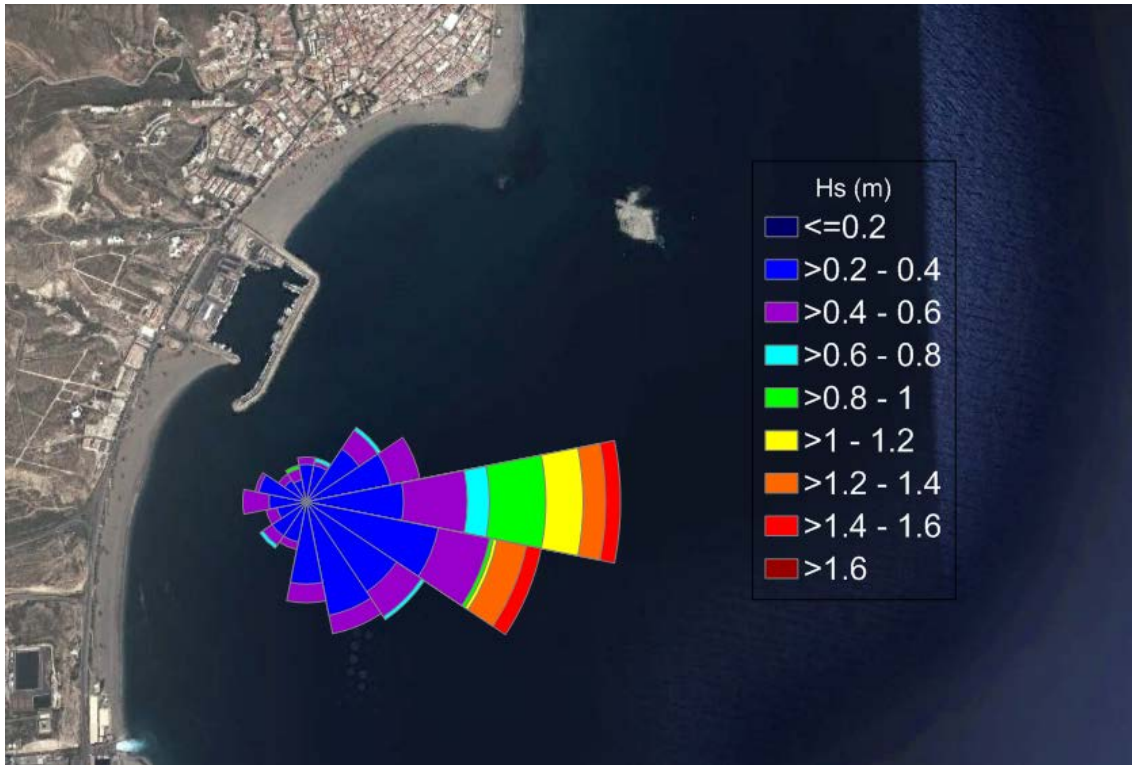


Figura 11. Rosa del oleaje con los datos del ADCP

La rosa corrobora los datos que se han visto en los apartados 2.1. Histogramas de probabilidad de ocurrencia y en 2.2. Gráficos de dispersión. La procedencia del oleaje abarca desde los 0° hasta los 360° , es decir, proviene de todas las direcciones posibles, sin embargo, las alturas de ola más grandes y las más frecuentes van asociadas a oleajes del Este, además, como se ha indicado previamente, durante el temporal registrado los datos de procedencia del oleaje medidos son del Este.

A continuación se muestra la rosa del oleaje del SIMAR2 con los datos del período de la campaña de campo, puede observarse datos muy similares a los obtenidos en el ADCP, la dirección predominante es la Este y Sureste, con un rango de valores que se mueve del Este al Suroeste.

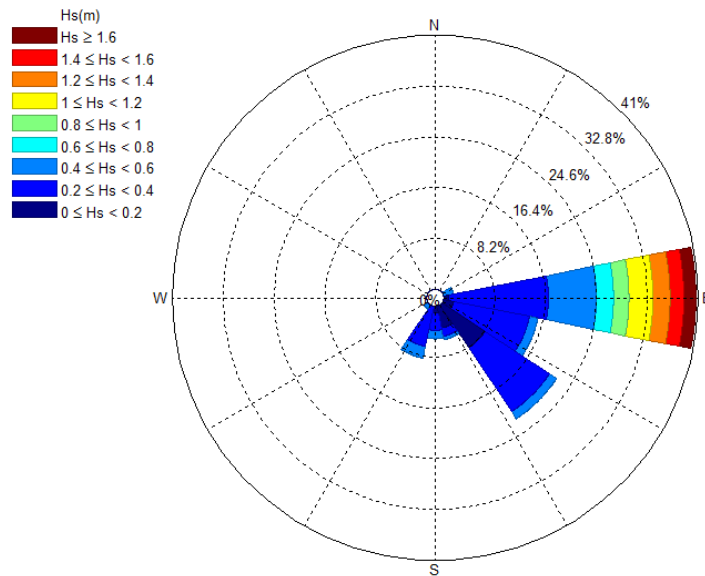


Figura 12. Rosa del oleaje del SIMAR2

La rosa del oleaje con los datos del SIMAR1 durante la campaña de campo se muestra en la siguiente figura:

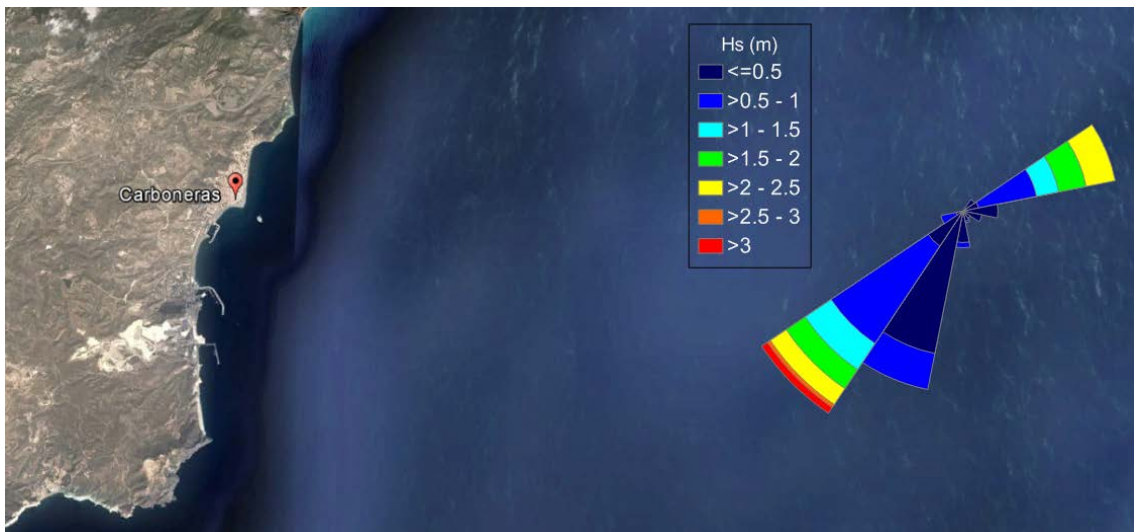


Figura 13. Rosa de oleaje de los datos del WANA

La rosa muestra unas direcciones del oleaje predominantes paralelas a la línea de costa, con alineaciones NE-SW.

El análisis en otros SIMAR muestra comportamientos similares. Las direcciones predominantes del oleaje son paralelas a la línea de costa, con direcciones NE-SW, a medida que nos acercamos a la costa estas direcciones van modificándose y se colocan en un rango que abarca desde el Este al Suroeste, siendo la predominante la dirección Este.

Rosa de los vientos de los datos en el SIMAR1 durante la campaña de campo

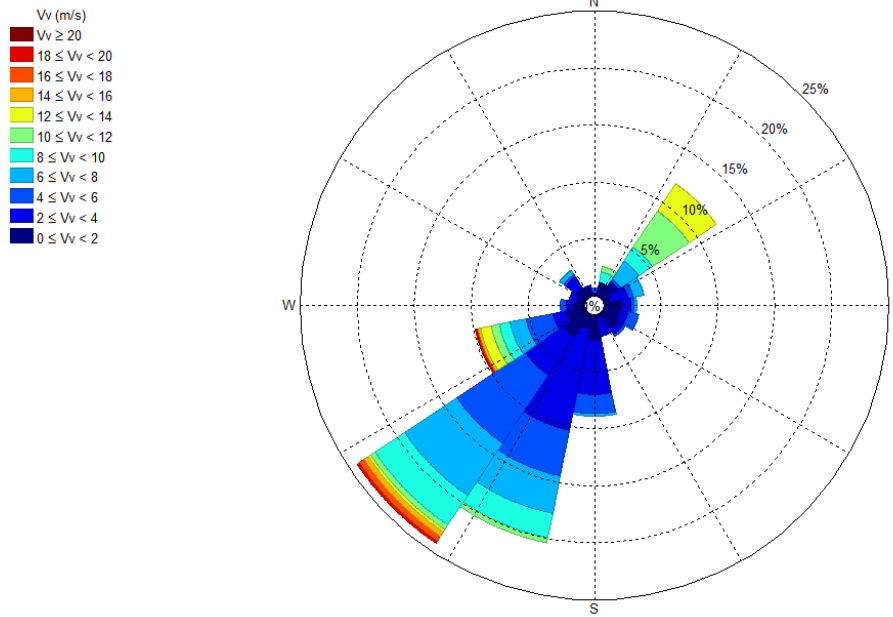


Figura 14. Rosa de los vientos en el SIMAR1

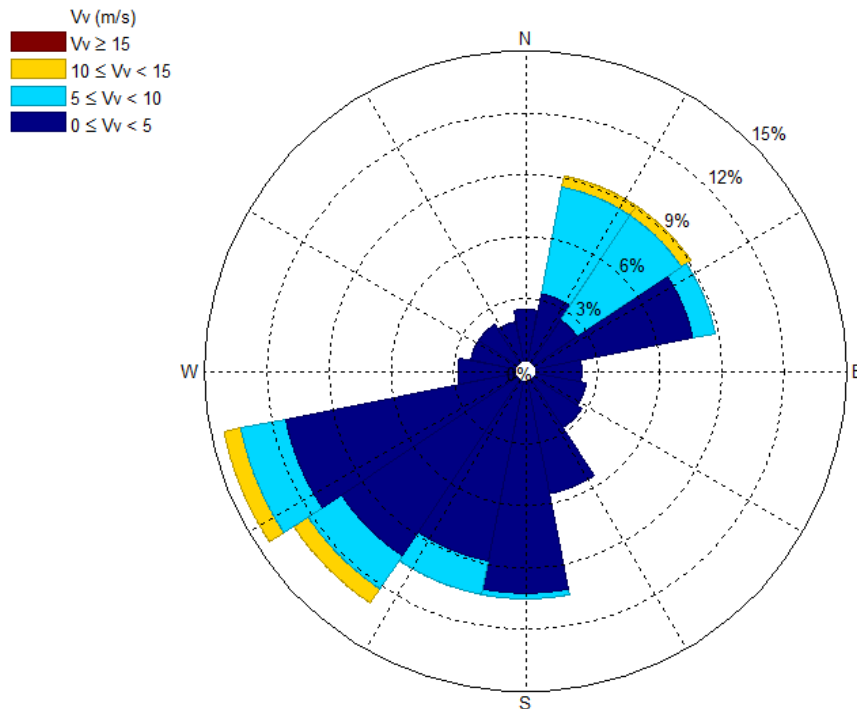


Figura 15. Rosa de los vientos en el SIMAR2

Se observa una gran similitud en cuanto a las direcciones de procedencia del viento en el SIMAR1 y SIMAR2, aunque la velocidad sí que sufre un decrecimiento acusado a medida que nos acercamos a la costa, alrededor de un 25% de reducción del SIMAR1 al SIMAR2.

2.4. Elevación de la superficie libre

Se muestra en la figura siguiente los datos obtenidos en el ADCP de superficie libre (m):

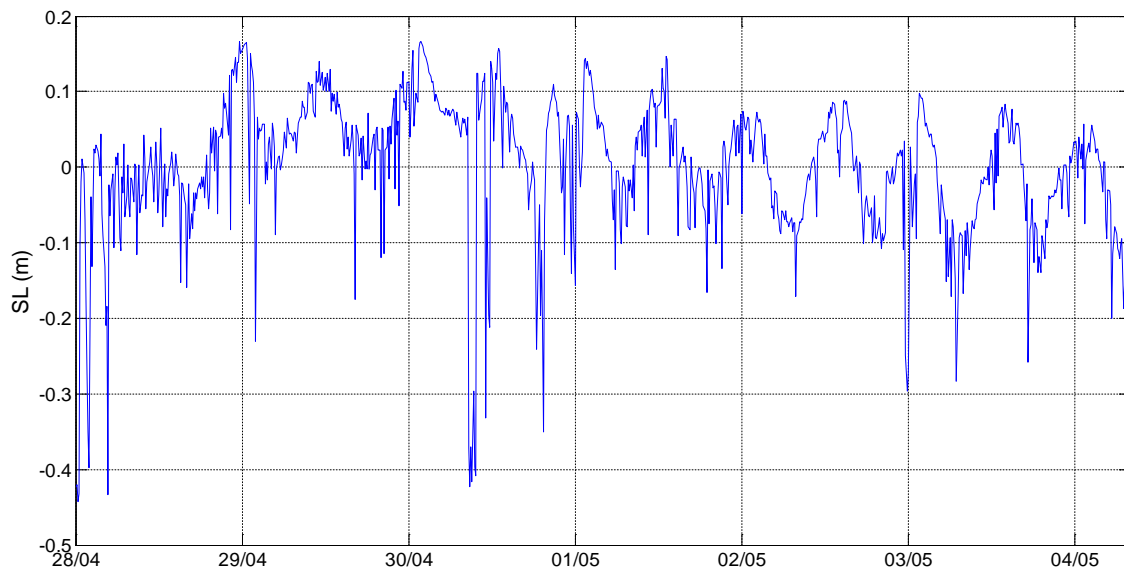


Figura 16. Elevación de la superficie libre medida en el ADCP

Puede observarse cómo produce un ciclo de pleamar/bajamar diaria, por lo que los datos son congruentes. El principal problema de la señal es el llamado “ruido”: al encontrarse el instrumento situado en la bocana, éste está sometido a las variaciones de presión de la columna de agua que provoca el paso de los barcos por encima de él. El paso de una embarcación aumenta los niveles de presión de agua medidos por el instrumento, lo que traduce como una mayor columna de agua, por lo tanto, una mayor elevación de la superficie libre. Además, las variaciones de presión atmosférica también tienen efectos sobre la superficie libre, un aumento de 1mbar de la presión atmosférica equivale a un descenso de 1 cm en la lámina de agua, por ello se analizan los datos de presiones atmosféricas en la zona. La Figura 13 muestra los gráficos de superficie libre y de presión atmosférica en el mismo intervalo de tiempo:

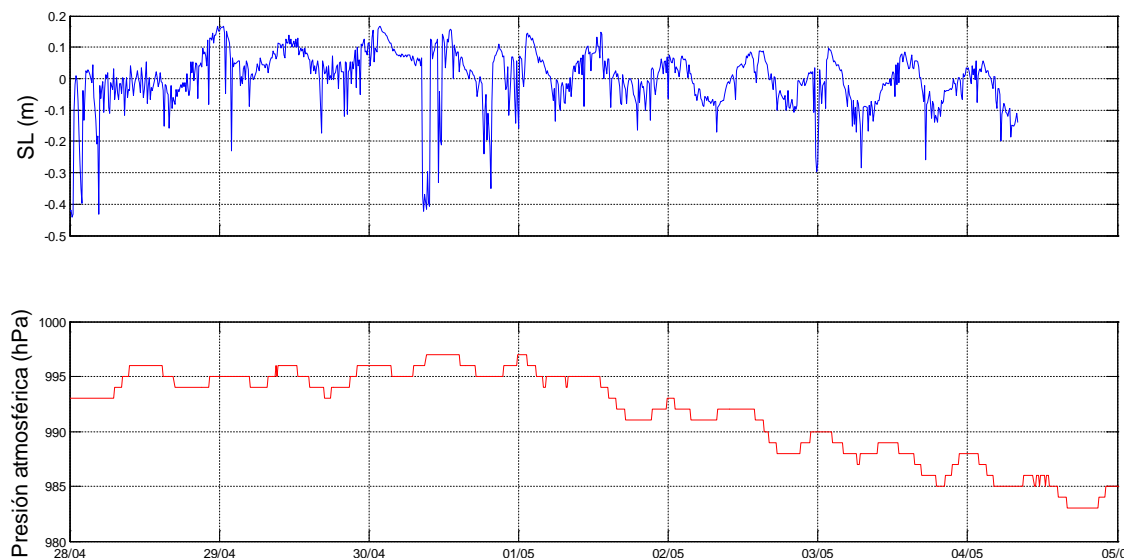


Figura 17. Gráficas de superficie libre (m) y presión atmosférica (hPa)

Analizando conjuntamente los datos de superficie libre y de presión atmosférica suministrados por REDIAM medidos en las inmediaciones de la Central Térmica de Carboneras se llega a la

conclusión de que los picos medidos por el aparato se deben principalmente a que en la zona existe una gran cantidad de embarcaciones, el paso de éstos cerca de la ubicación del aparato produce picos en las medidas de presión en la columna de agua. Estos picos, como puede observarse en la Figura 13 no se corresponden con variaciones significativas de la presión atmosférica.

Se observa, además, en la figura que se trata de un sistema micromareal, ya que el rango de marea va de 0-2 metros. En la zona de estudio las mareas tienen una leve importancia, esto puede observarse en la serie temporal de la superficie libre proporcionada por Puertos del Estado (ver Figura 14).

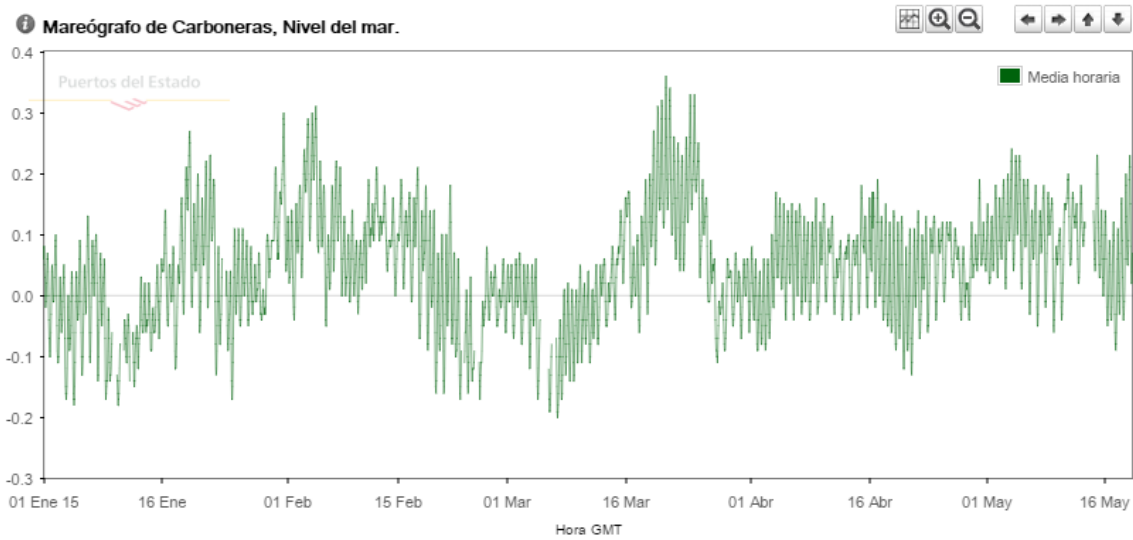


Figura 18. Serie temporal de Superficie libre (m) registrada en el mareógrafo de Carboneras. Fuente: Puertos del Estado

3. ANÁLISIS DE LOS DATOS DE CALIDAD DE LAS AGUAS

Los CT son sensores que miden en un punto la conductividad y temperatura para medir la calidad del agua. Contiene un grabador de conductividad y temperatura con interfase serie, memoria y bomba interna. Incluye una caja estanca de titanio con capacidad hasta 7.000 metros de profundidad, soporte de montaje, memoria Flash de 8MB, software SEASOFT, interfase serie RD-232. Su software de configuración, control y post-proceso es el SEA-Bird. Los parámetros medidos por este instrumento son: la temperatura en el fondo ($^{\circ}\text{C}$), la conductividad (S/m), la salinidad (PSU) y la densidad (kg/m^3). La frecuencia de muestreo se estableció en 10 minutos.

A la vista de los resultados obtenidos se afirma que, exceptuando la temperatura, el CT-9310 no ha medido correctamente, se aprecia fácilmente en los valores de densidad, conductividad y salinidad, los cuales no son congruentes con la zona de estudio (Figura 15). Por este motivo se toman como datos válidos aquellos obtenidos por el CT2-10590 (Figura 16) y tan sólo la temperatura del CT-9310.

A continuación se muestran las gráficas con los datos de conductividad, densidad, temperatura y salinidad medidos en los dos CT:

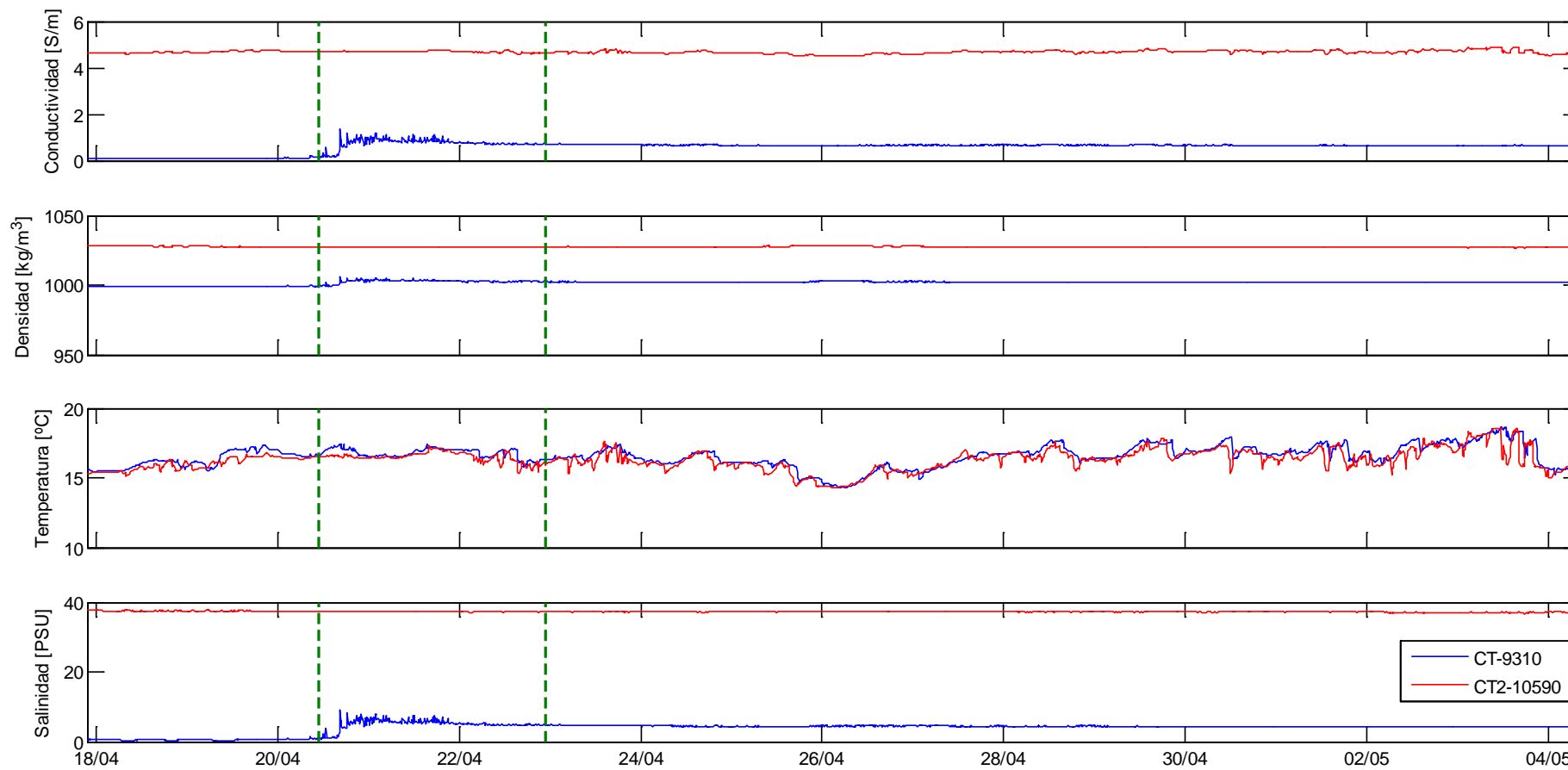


Figura 19. Series temporales de conductividad (S/m), densidad (kg/m³), temperatura (°C) y salinidad (PSU) medidas en los CTs. Se marca en línea verde discontinua el temporal. Mediciones registradas en ambos equipos.

La siguiente gráfica muestra los resultados en el CT-10590, el cual midió correctamente:

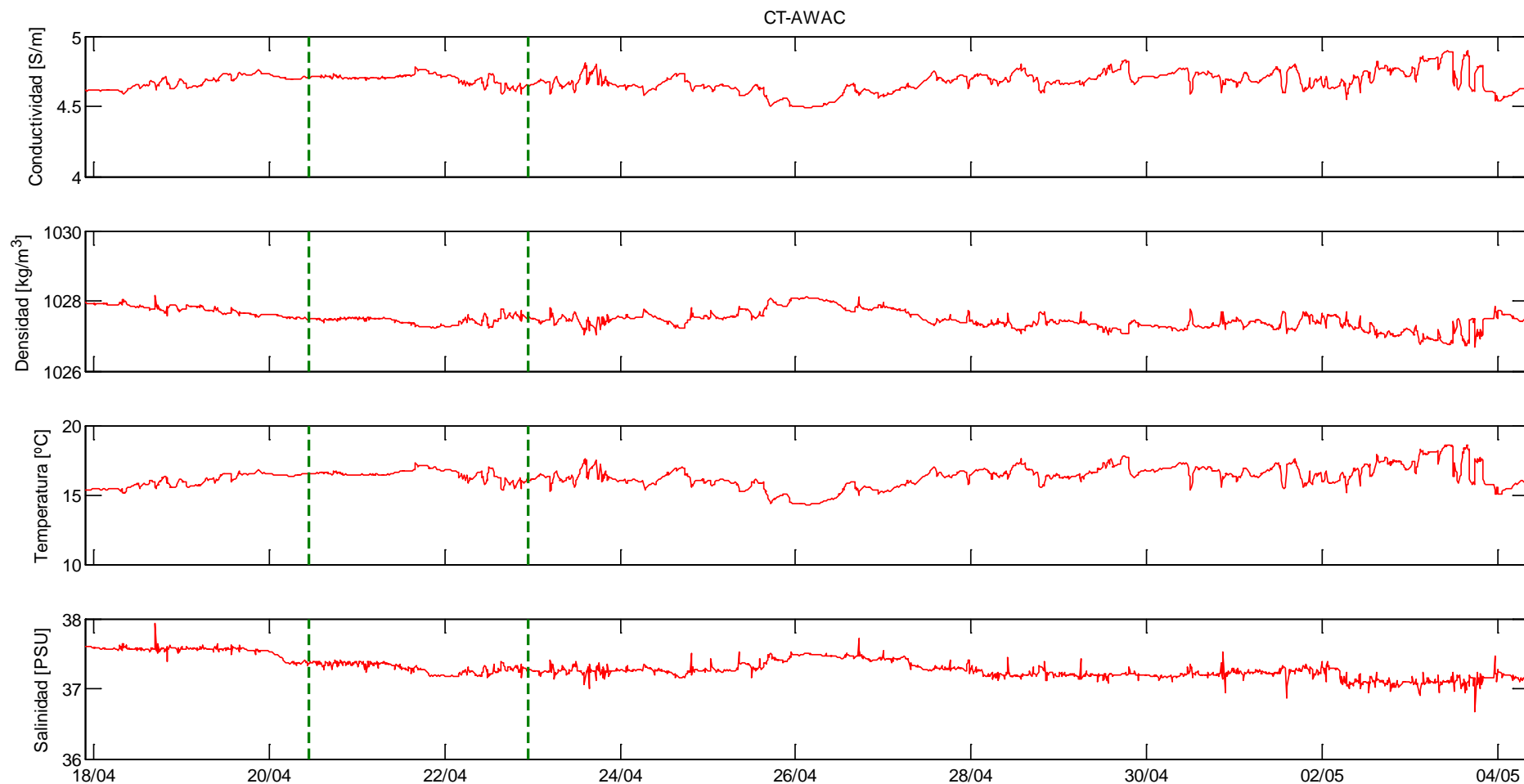


Figura 20. Series temporales de conductividad (S/m), densidad (kg/m³), temperatura (°C), salinidad (PSU) medidas en el CT-10590. En línea discontinua se marca el inicio y fin del temporal.

La siguiente tabla muestra los valores medios, mínimos y máximos registrados. Todos los valores, exceptuando en los que se expresa específicamente, pertenecen al CT2-10590:

Parámetro (unidades)	Medición
Conductividad media (S/m)	4,6773
Conductividad máxima (S/m)	4,8959
Conductividad mínima (S/m)	4,4884
Densidad media (Kg/m ³)	1,0275e+03
Densidad máxima (Kg/m ³)	1,0282e+03
Densidad mínima (Kg/m ³)	1,0267e+03
Temperatura media (°C)	16,2883
Temperatura máxima (°C)	18,5691
Temperatura mínima (°C)	14,2662
Temperatura media bocana (°C) <i>CT-9310</i>	16,5525
Temperatura máxima bocana (°C) <i>CT-9310</i>	18,6406
Temperatura media bocana (°C) <i>CT-9310</i>	14,2798
Salinidad media (PSU)	37,2986
Salinidad máxima (PSU)	37,9276
Salinidad mínima (PSU)	36,6612

Tabla 2. Valores medios, mínimos y máximos registrados de conductividad (S/m), densidad (kg/m³), temperatura (°C) y salinidad (PSU)

4. CONCLUSIONES:

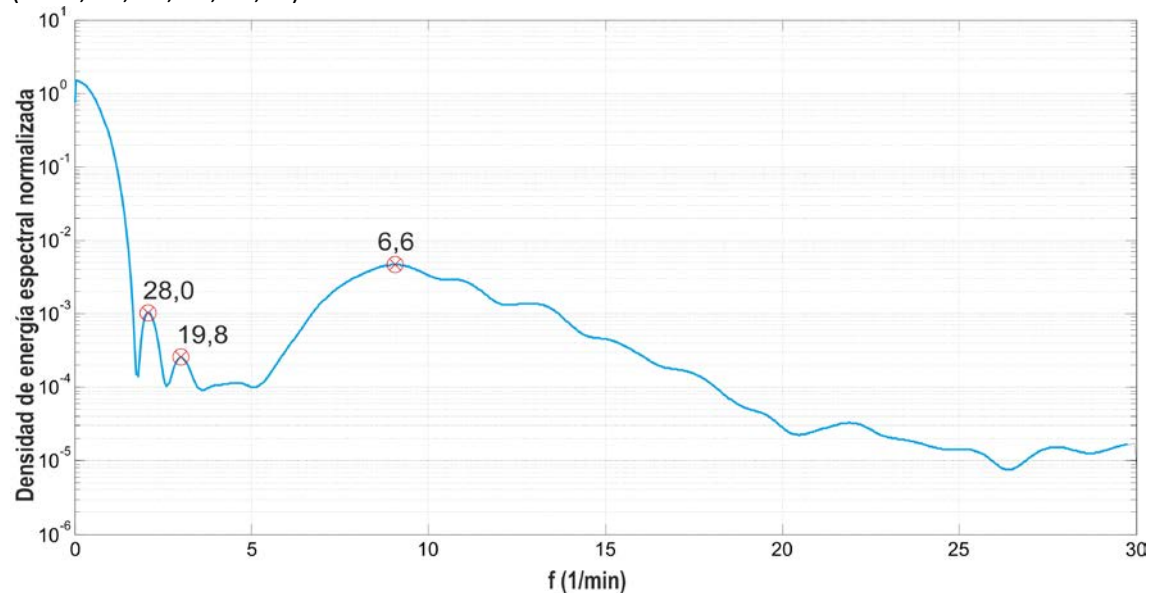
- Las direcciones medias de procedencia del oleaje coinciden con las direcciones de procedencia del viento en los datos registrados en el SIMAR, siendo las direcciones principales SW y NE.
- Los oleajes, y consecuentemente los vientos, de dirección NE y SW (paralelos a la alineación media de la línea de costa) en altamar, no tienen efecto en las inmediaciones del puerto pesquero de Carboneras. Su situación hace que se encuentre resguardado y sólo se vea afectado por oleajes de procedentes del Este.
- Cerca de la bocana existe un oleaje local que se caracteriza por direcciones de oleaje que oscilan de 0-360°, un $T_p \approx 2$ segundos y $H_s \approx 0,5$ m, posiblemente asociados a vientos locales o brisas.

5. Espectros de energía

Conocido el efecto de conjunto de las distintas componentes, ahora se realiza el análisis espectral. Se dispone de una señal de superficie libre por hora compuesta por un total de 512 datos medidos cada segundo. Se observa que independientemente de si se analiza un estado de calma o de temporal, el pico energético más acusado se sitúa en torno a los 28

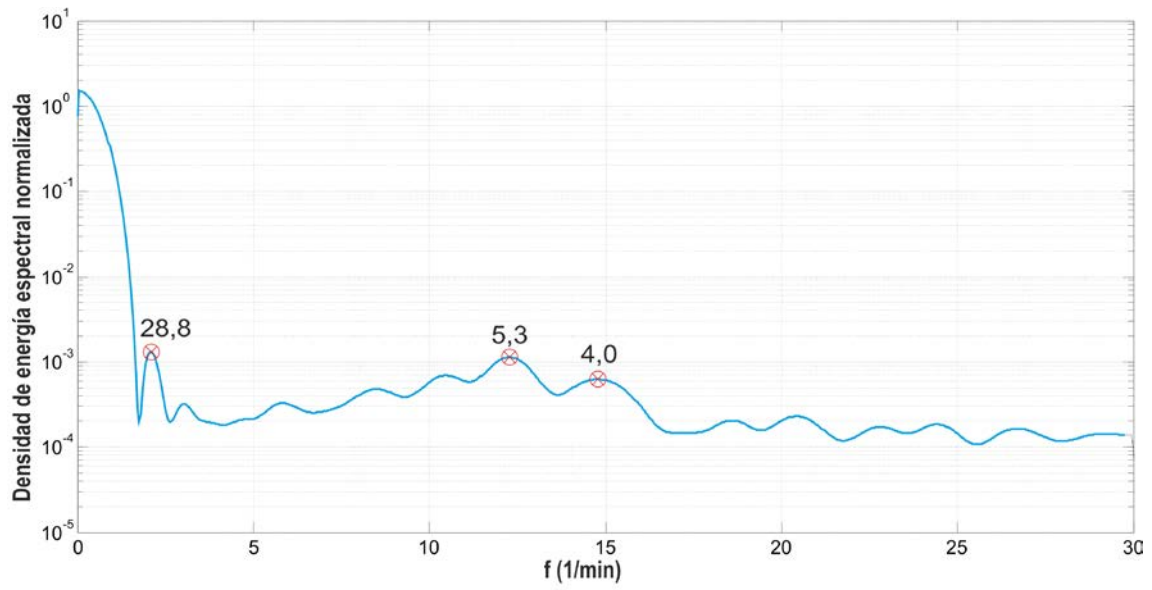
Temporal

(2015, 04, 21, 10, 00,00)



Periodo de calma

(2015, 04, 26, 10, 00,00)



(2015, 05, 02, 10, 00,00)

