



INSTITUTO NACIONAL DEL AGUA
SUBSECRETARÍA DE RECURSOS HÍDRICOS
SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS
REPÚBLICA ARGENTINA



MODELACIÓN DEL IMPACTO DE UN RELLENO COSTERO SOBRE LA DINÁMICA DEL RÍO DE LA PLATA

Informe de Avance N° 4



Proyecto LHA 300
Informe LHA 05-300-09
Ezeiza, Abril de 2009

Laboratorio de Hidráulica

MODELACIÓN DEL IMPACTO DE UN RELLENO COSTERO SOBRE LA DINÁMICA DEL RÍO DE LA PLATA

Informe de Avance 4

Determinación del Clima de Oleaje

RESUMEN: Se presenta un análisis estadístico de una serie histórica de valores medios horarios de viento en la estación Aeroparque de la ciudad de Buenos Aires. Se describe la implementación de un modelo matemático de generación de olas, su aplicación bajo escenarios de vientos extremos y los resultados obtenidos en el entorno de las obras de relleno.

PALABRAS CLAVE Vientos – Olas – Modelación Matemática – Ciudad Autónoma de Buenos Aires

Informe	LHA-300-04-09
Fecha	Abril, 2009
PROYECTO	854
COMITENTE	GOBIERNO DE LA CIUDAD DE BUENOS AIRES

AUTORIDADES DEL INA

PRESIDENTE

Dr. Raúl A. LOPARDO

GERENTE DE PROGRAMAS Y PROYECTOS

Ing. Jorge A. MAZA

DIRECTOR DEL LABORATORIO DE HIDRÁULICA

Ing. Julio C. DE LÍO

DIRECTOR DEL PROYECTO

Dr. Ángel N. MENÉNDEZ

EQUIPO DE TRABAJO

Ing. N. Tomazin

Ing. R. Cáceres

Téc. Mec. C.A. Haspert

M.M.O. S.L. Peralta

INFORME PRODUCIDO POR

Ing. Roberto CASTELLANO

TABLA DE CONTENIDOS

1	INTRODUCCION.....	1
2	SINTESIS Y ESTADO DE AVANCE	2
3	METODOLOGIA.....	3
4	VIENTOS EN AEROPARQUE.....	4
4.1	Máximos anuales	5
4.2	Valores extremos	9
4.3	Métodos de ajuste y resultados.....	9
5	MODELACION MATEMATICA	12
5.1	Mapa digital.....	12
5.2	Implementación del modelo	13
5.3	Escenarios.....	14
5.4	Resultados.....	16
5.5	Distribución a lo largo de la traza del contorno.....	18
6	CONCLUSIONES.....	20

MODELACIÓN DEL IMPACTO DE UN RELLENO COSTERO SOBRE LA DINÁMICA DEL RÍO DE LA PLATA

Informe de Avance 4 Determinación del Clima de Oleaje

Abril, 2009

1 INTRODUCCION

El Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires ha proyectado la construcción de un relleno en el Río de la Plata, adyacente a la Isla Demarchi, para disponer el material originado en la construcción del aliviador del Arroyo Maldonado.

El presente Informe de Avance 2 se refiere a los estudios realizados en relación a la evaluación del clima de olas en el sitio de emplazamiento de las obras, con vistas al dimensionamiento de las obras perimetrales de defensa.

Los estudios se desarrollan de acuerdo a los términos de referencia del convenio celebrado entre el Instituto Nacional del Agua y el Ministerio de Desarrollo Urbano del Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

2 SINTESIS Y ESTADO DE AVANCE

El propósito de esta etapa del estudio es la caracterización de las condiciones de oleaje en un área costera de la ciudad de Buenos Aires sobre el Río de la Plata, a los efectos de proveer de la información de base para el dimensionamiento de algunas estructuras de protección que conformarán el perímetro del área de relleno proyectada.

El presente Informe de Avance N° 4 describe las tareas realizadas con referencia a ello, y que han consistido en primera instancia en completar la búsqueda y análisis de datos y antecedentes disponibles en la región. También en esta etapa se implementó y aplicó el modelo matemático SWAN para la caracterización del clima de olas en el sitio del proyecto, mediante la simulación de los procesos de generación y propagación de olas bajo distintos escenarios determinados por condiciones de viento y nivel de las aguas del Río de la Plata.

Siendo el viento la variable determinante en la generación del oleaje en esta región del estuario, se completó la información recopilada en el Informe de Avance 2 mediante la evaluación de una serie histórica de valores medios horarios de intensidad y dirección del viento correspondiente a la estación 10332 Aeroparque, del Servicio Meteorológico Nacional. La serie corresponde al período 1/1/1976 al 31/12/2008.

Esta serie histórica de datos fue considerada preferencial frente a otras fuentes de información y consecuentemente se llevó a cabo un análisis de valores extremos probables de viento para las direcciones más significativas en cuanto a la generación del oleaje, y se establecieron escenarios para la modelación matemática.

La implementación del modelo matemático implicó también la digitalización de cartas náuticas del Río de la Plata, la construcción de un mapa digital del lecho del río y la construcción de las mallas de cálculo requeridas para la aplicación del modelo matemático.

Se aplicó el modelo SWAN a un conjunto de escenarios extremos y se establecieron los valores probables de altura de ola en el entorno de las obras de relleno.

3 METODOLOGIA

El modelo matemático SWAN resuelve las ecuaciones que describen el crecimiento y propagación del oleaje discretizadas en un esquema en diferencias finitas. Esto conlleva la definición de una malla de cálculo estructurada, abarcativa de toda la región de generación (en este caso el Río de la Plata), en cada uno de cuyos nodos se conoce la profundidad del río y la intensidad y dirección del viento de superficie.

Conforme a ello en esta Etapa del estudio se desarrollaron las siguientes tareas:

- Digitalización de cartas náuticas del Río de la Plata para la construcción del mapa digital del
- Análisis de una serie histórica de vientos medios horarios, comprendida entre el 1/1/1976 y el 1/12/2008, provista por el Servicio Meteorológico Nacional.
- Definición de escenarios de viento y de niveles extremos del Río de la Plata.
- Definición de mallas de cálculo. Se construyeron tres mallas anidadas, cada una abarcando áreas más reducidas pero con mayor resolución espacial para caracterizar la topografía del lecho del río.
- Aplicación del modelo SWAN en cada una de las mallas indicadas para los escenarios establecidos.

4 VIENTOS EN AEROPARQUE

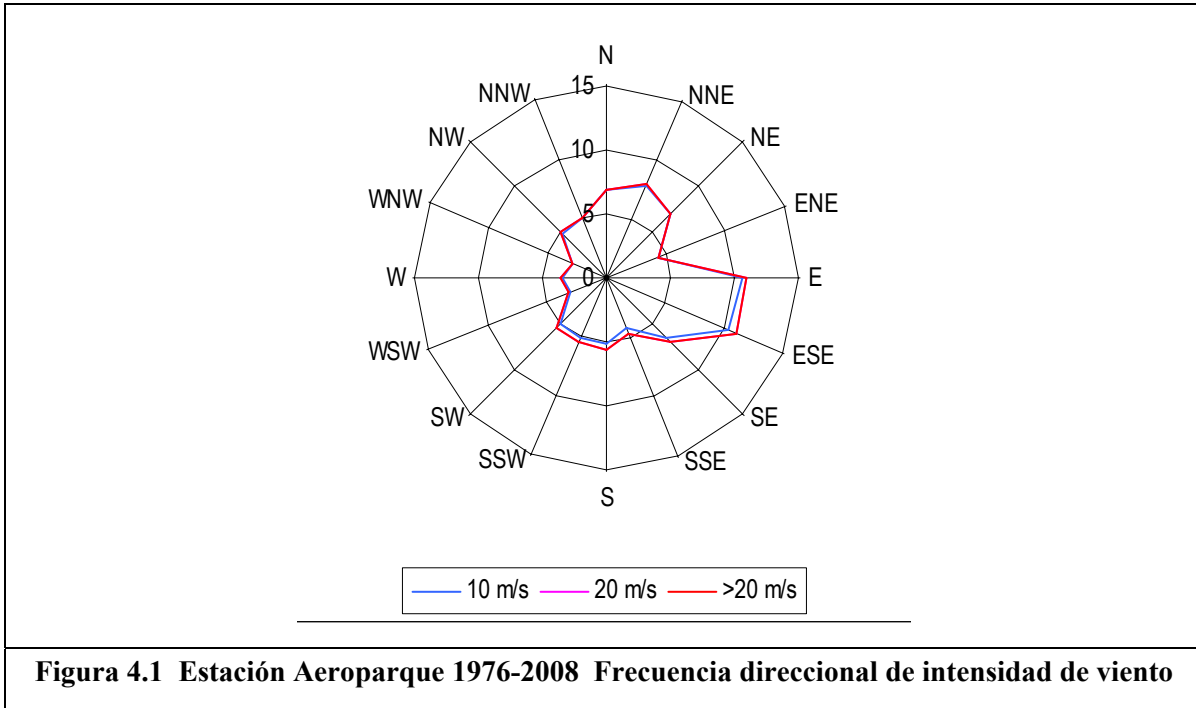
En el Informe de Avance 2 se presentó un conjunto de fuentes de información de vientos en el área del Río de la Plata. La fuente más extensa de información fue la serie cronológica de 30 años NCEP/NCAR (National Center for Environmental Prediction/National Center for Atmospheric Research, USA).

En el presente Informe de Avance N° 4 se incorpora una serie histórica de valores medios horarios de intensidad de viento con una resolución direccional de 16 sectores, correspondiente a la estación 10332 Aeroparque del Servicio Meteorológico Nacional. La serie abarca el período de 33 años comprendido entre el 1/1/1976 al 31/12/2008.

Tabla 4.1 Estación Aeroparque – 1976-2008 Frecuencia de ocurrencia por rangos de intensidad y dirección de viento

W (m/s)	Dirección																CALMA
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	
0 - 2.5	3233	3578	4831	2978	4916	2494	1848	1236	2052	2673	3274	1613	2718	2400	2974	2123	14763
2.5 - 5	9525	10325	9804	6164	14382	10145	6831	3837	5340	5452	5762	3216	3974	3537	6547	6767	0
5 - 7.5	5684	6360	4274	2614	8779	11140	7292	4399	5128	4549	4231	2428	2380	1926	3653	4250	0
7.5 - 10	1048	1836	1068	613	2328	5556	2893	2422	2169	1818	1549	999	732	552	724	884	0
10 - 12.5	172	417	225	152	492	1795	831	1032	950	807	561	354	261	215	173	166	0
12.5 - 15	26	44	17	14	70	287	115	164	146	148	99	59	31	26	14	22	0
15 - 17.5	8	5	2	2	11	37	29	34	39	45	15	22	13	15	11	5	0
17.5 - 20	1	1	2	3	2	10	4	10	10	11	5	2	5	2	2	0	0
20 - 22.5	1	2	0	0	1	2	1	2	1	0	1	1	0	0	0	0	0
22.5 - 25	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
25 - 27.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
27.5 - 30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30 - 32.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
32.5 - 35	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35 - 37.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37.5 - 40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SIN DATOS DE VELOCIDAD																	
TOTAL	19698	22568	20213	12541	30981	31466	19845	13136	15835	15504	15498	8695	10114	8673	14098	14217	14763

Dos valores extremos dudosos fueron eliminados. El criterio utilizado para proceder a su eliminación fue que son valores que no son consistentes con los valores horarios previos y posteriores del registro.



Los resultados que se muestran en la **Figura 4.1.** y la **Tabla 4.1.** indican la predominancia de los vientos del NNE y del E / ESE. Se destaca la existencia de vientos intensos del NNE, del SE y en términos generales, de todo el cuadrante SW.

4.1 Máximos anuales

La **Tabla 4.2.** indica los máximos anuales por dirección y absolutos registrados en la estación Aeroparque en el período 1976-2008.

Tabla 4.2 Estación Aeropuerto 1976-2008 Máximos anuales

AÑO	W_{max} (m/s)	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW
1976	20.6	13.4	19.5	17.5	15.4	20.6	14.4	15.4	19.5	16.5	16.5	16.5	16.5	16.5	17.5	16.5
1977	20.6	20.6	15.4	11.3	15.4	10.3	13.9	15.4	20.6	20.6	18.5	14.4	15.4	12.9	12.3	15.4
1978	25.7	19.5	13.9	12.3	11.3	11.3	14.9	22.6	18.0	17.0	19.5	25.7	18.0	15.4	13.4	12.3
1979	22.1	15.4	22.1	12.3	11.8	11.3	13.9	15.4	14.4	15.4	16.5	18.5	14.9	15.4	15.4	19.5
1980	19.5	11.3	14.4	18.0	13.9	10.3	12.3	13.4	15.4	19.5	19.0	18.0	16.5	14.9	19.0	13.9
1981	17.0	14.4	15.4	14.4	10.3	11.3	11.3	13.9	12.9	16.5	15.4	16.5	17.0	15.4	10.3	12.3
1982	18.5	14.4	12.9	15.4	9.3	9.3	11.3	15.4	15.4	18.5	18.5	15.4	13.4	15.4	14.4	12.3
1983	18.0	11.3	11.3	11.3	12.3	10.3	13.9	13.9	15.4	14.4	18.0	14.4	13.4	10.3	12.3	10.8
1984	20.6	12.9	15.4	11.3	18.0	9.3	12.3	11.8	13.9	17.5	18.5	13.4	20.6	18.0	17.0	19.5
1985	18.0	10.3	14.4	9.8	10.3	9.3	11.3	15.4	18.0	17.5	15.4	13.9	11.3	13.9	12.3	10.3
1986	21.6	15.4	21.6	11.3	10.3	10.3	10.3	13.4	15.4	18.0	18.0	13.9	11.8	18.0	16.5	11.3
1987	24.2	10.3	24.2	12.9	12.9	12.9	16.5	12.3	18.5	15.4	15.4	18.0	23.7	15.4	12.3	12.9
1988	13.9	12.3	12.9	12.9	13.9	13.4	12.9	12.9	10.3	12.9	12.9	9.3	12.9	11.3	9.3	11.3
1989	15.4	11.8	12.3	12.3	11.8	15.4	12.9	12.3	11.3	9.3	10.3	10.3	10.3	9.3	9.3	12.3
1990	17.5	11.3	11.3	11.8	12.9	12.9	14.9	10.3	9.3	12.9	11.3	17.5	16.5	11.3	11.8	10.8
1991	14.4	11.3	10.3	10.3	12.9	13.9	14.4	11.8	9.3	10.3	11.3	10.3	11.3	11.8	10.8	9.8
1992	18.0	12.3	12.3	12.9	13.4	13.4	15.4	10.3	12.3	10.8	14.4	18.0	11.3	11.3	12.3	12.9
1993	17.5	13.9	10.3	9.8	17.5	15.4	17.0	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	10.8	11.8	10.3	10.3
1994	17.0	11.8	10.3	9.3	13.4	15.4	15.4	12.3	9.3	11.3	9.3	10.8	10.3	11.3	10.3	17.0
1995	14.4	8.7	13.9	9.3	14.4	11.3	14.4	11.3	11.8	9.3	9.3	6.7	9.3	10.3	9.3	9.8
1996	14.4	13.9	10.3	10.8	12.3	14.4	12.9	9.3	7.7	7.7	8.7	9.3	7.7	7.2	7.2	8.7
1997	20.6	10.3	10.8	12.9	12.3	18.0	17.0	20.6	12.9	18.0	13.9	15.4	10.3	13.4	12.9	12.9
1998	20.6	10.3	12.9	13.4	11.8	18.0	18.0	17.0	20.6	14.9	15.4	12.9	13.4	18.0	11.8	11.3
1999	18.5	9.3	10.3	10.8	10.3	15.4	15.9	13.9	18.5	14.4	13.4	12.3	12.9	11.3	10.3	10.3
2000	20.6	13.9	10.8	9.3	11.3	15.4	20.6	19.0	15.4	13.9	15.4	10.8	10.8	12.3	10.3	7.7
2001	17.5	9.8	10.8	9.3	8.2	16.5	17.5	13.9	11.8	13.9	14.4	12.9	12.3	9.8	8.7	9.3
2002	17.5	10.8	12.3	10.3	8.2	12.3	17.5	15.9	16.5	17.5	12.9	12.3	12.9	11.3	11.3	10.8
2003	17.5	11.3	12.9	9.8	7.2	14.4	14.9	15.4	16.5	17.5	13.9	12.9	12.9	11.3	9.3	9.3
2004	15.9	12.9	12.9	10.8	9.3	13.4	15.4	12.9	15.9	12.9	12.3	10.3	10.3	13.4	10.3	8.7
2005	16.5	8.2	11.8	12.9	6.7	13.4	14.4	14.4	15.4	15.4	16.5	13.9	13.4	12.3	10.8	9.3
2006	18.5	10.3	11.8	15.4	11.3	12.9	14.9	16.5	14.4	13.4	12.3	14.9	16.5	18.5	10.3	10.3
2007	15.4	13.4	9.8	10.3	6.2	15.4	15.4	15.4	12.9	12.3	12.3	13.4	13.4	11.8	8.2	10.8
2008	18.5	9.8	11.8	10.3	6.7	10.8	13.4	18.5	13.4	12.9	14.4	14.4	11.3	13.4	8.7	10.3
Maxima	25.7	20.6	24.2	18.0	18.0	20.6	20.6	22.6	20.6	20.6	19.5	25.7	23.7	18.5	19.0	19.5
Promedio	18.4	12.3	13.4	11.9	11.6	13.3	14.6	14.4	14.4	14.6	14.5	14.0	13.4	13.1	11.7	11.8
□	2.8	2.7	3.6	2.3	2.9	2.8	2.2	2.9	3.3	3.1	3.0	3.6	3.4	2.8	2.8	2.9

La **Figura 4.2.** indica, para cada sector direccional, el valor promedio (en el período de 33 años) de las velocidades máximas anuales, y el máximo absoluto registrado.

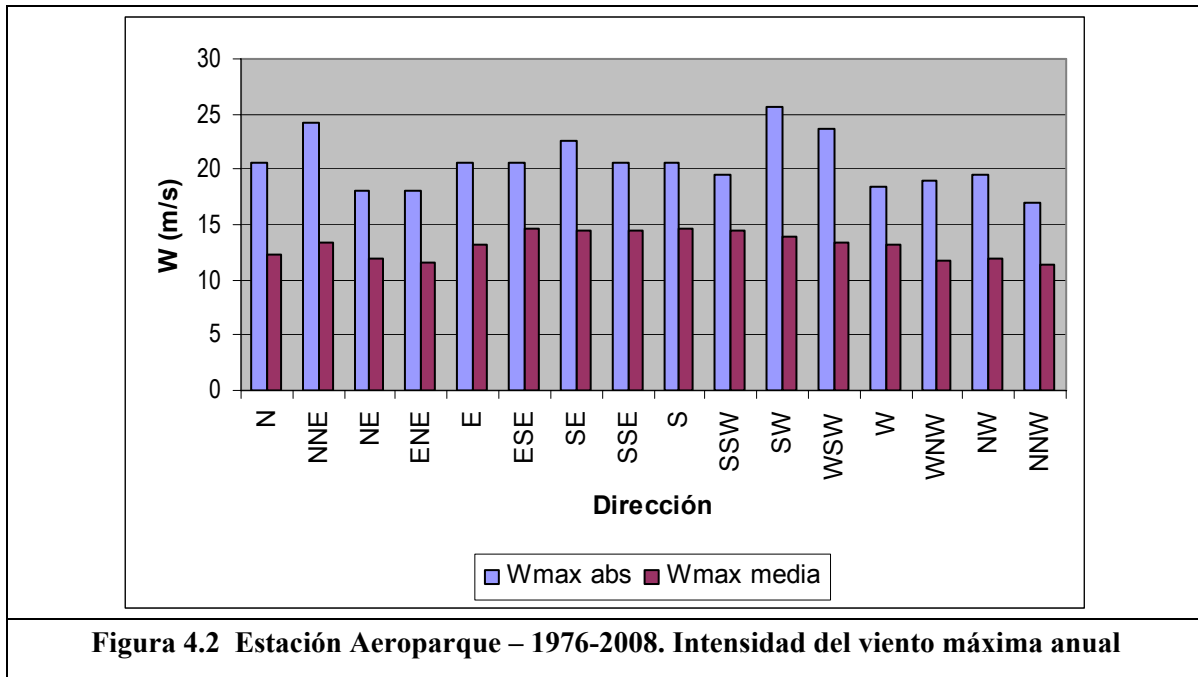


Figura 4.2 Estación Aeroparque – 1976-2008. Intensidad del viento máxima anual

La **Figuras 4.2.** conjuntamente con la **Tabla 4.2.** permiten caracterizar sintéticamente las propiedades de los vientos extremos correspondientes a la serie analizada.

A los sectores comprendidos entre ESE y SSW corresponden las mayores velocidades máximas medias del periodo de 33 años, con valores de 14,4 a 14,6 m/s (algo más de 52 Km/h). Los máximos absolutos en el período corresponden al SW y NNE (25,7 y 24,2 m/s respectivamente, es decir 87 a 92 Km/h).

En el Informe de Avance 2 se presentaron los resultados de una fuente de información de vientos que surgen de la combinación de de un análisis de información climatológica registrada y una modelación matemática global (NCEP/NCAR).

En la **Figura 4.3.** se comparan ambas fuentes de información (Estación Aeroparque y NCEP) en el mismo período: 1978-2008. Como variable de comparación se han escogido las velocidades maximas anuales, promedio y absoluta, para cada una de las 16 direcciones que conforma la rosa direccional.

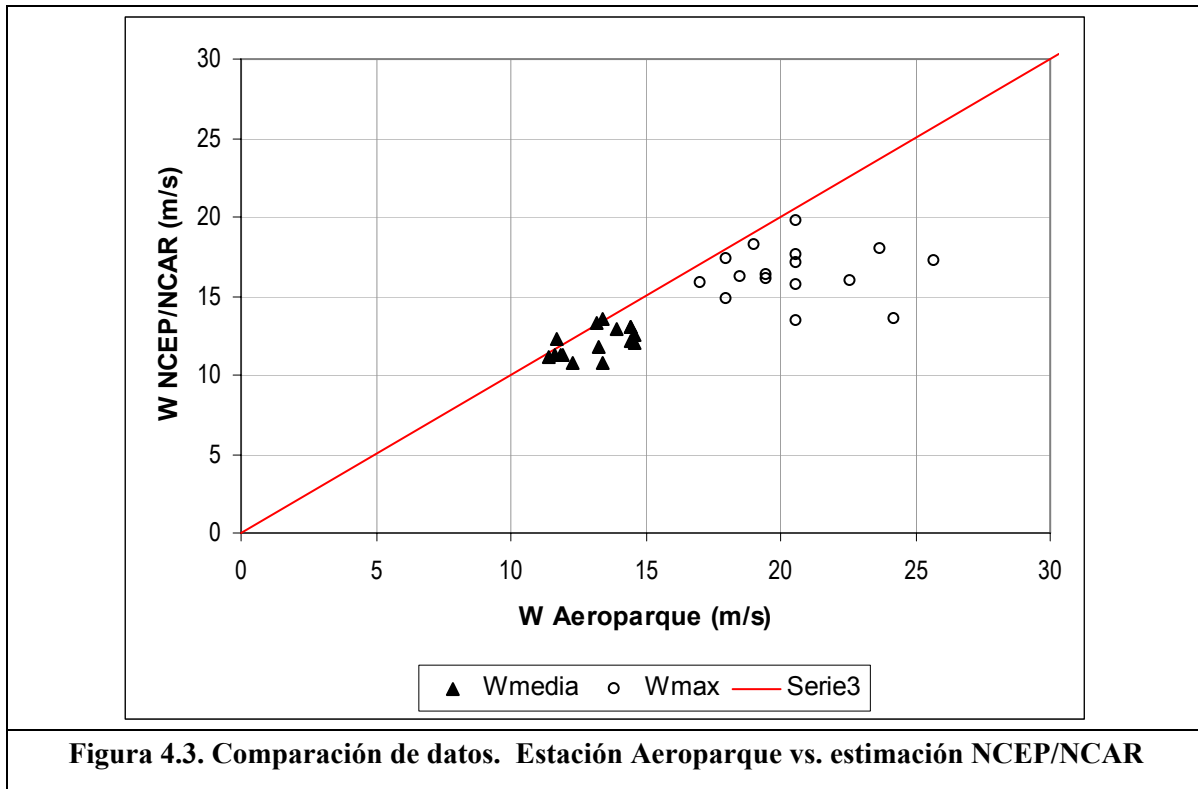


Figura 4.3. Comparación de datos. Estación Aeroparque vs. estimación NCEP/NCAR

Más allá de las diferencias en cuanto a la ubicación geográfica, la **Figura 4.3** pone en evidencia la tendencia a subestimar la intensidad del viento de la serie NCEP/NCAR, sobre todo considerando que la posición del nodo de NCEP/NCAR analizado corresponde a aguas abiertas en la boca del río de la Plata. También tiene que tenerse en cuenta que esta última serie está conformada por valores medios cada 6 horas.

La extensión de ambas series es equivalente (33 años en Aeroparque, 30 para NCEP/NCAR). Mientras que en la Estación Aeroparque la intensidad de viento es la media horaria registrada, los datos de NCEP/NCAR son el resultado de un proceso combinado que incluye una modelación matemática con un intervalo de tiempo de 6 horas.

Bajo estas consideraciones, se ha juzgado conveniente la utilización de los datos horarios medidos en Aeroparque.

4.2 Valores extremos

Existen distintas funciones de ajuste para el análisis de valores extremos de una variable aleatoria. Para este estudio, en el que la variable es la intensidad del viento, se han seleccionado las siguientes:

$$\text{Gumbel} \quad F(x) = \exp(-\exp(-\alpha(x - \beta))) \quad [4.1]$$

$$\text{Weibull} \quad F(x) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{x - \varepsilon}{\alpha}\right)^c\right) \quad [4.2]$$

La estimación de los parámetros de la función $F(x)$ se realiza a partir de los datos que constituyen la serie, utilizando distintos algoritmos numéricos basados en el *Método de los Momentos* y el *Método de Máxima Verosimilitud*. Una vez establecida la función de ajuste, es posible estimar el valor de la variable x (en este caso la intensidad del viento) que se encuentra asociado a distintos períodos de recurrencia T_r , teniendo en cuenta que el período de retorno es la inversa de la probabilidad.

La bondad del ajuste es evaluada con la prueba de Kolmogorov-Smirnov, que proporciona un indicador (divergencia) que permite establecer si el ajuste es aceptable o debe ser rechazado.

4.3 Métodos de ajuste y resultados

Con el fin de estimar los parámetros de ajuste de las funciones de Gumbel y de Weibull para las series de datos presentados en la **Tabla 4.2**, se aplicaron algoritmos numéricos basados en el método de máxima verosimilitud. En la **Tabla 4.3** se presentan los resultados de dicho procedimiento, mostrando para cada una de las series analizadas, el valor estimado para los

parámetros de la función de ajuste y el resultado del test de Kolmogorov-Smirnov utilizado para evaluar la bondad del mismo. Aunque la evaluación se realizó para ambas funciones (Weibull, Gumbel) sólo se indican los resultados de la función adoptada.

TABLA 4.3. Parámetros de ajuste para las funciones de valores extremos

SECTOR	FUNCION	PARAMETRO	Dmax
N	Weibull	c= 1.667	0.082
		α = 4.850	
		ε = 7.991	
NNE	Weibull	c= 1.108	0.108
		α = 4.135	
		ε = 9.453	
NE	Weibull	c= 1.443	0.094
		α = 3.530	
		ε = 8.697	
ENE	Weibull	c= 2.897	0.076
		α = 8.530	
		ε = 4.008	
E	Weibull	c= 1.565	0.099
		α = 4.819	
		ε = 8.920	
ESE	Weibull	c= 2.527	0.100
		α = 5.830	
		ε = 9.408	
SE	Gumbel	α = 0.421	0.103
		β = 13.090	
SSE	Weibull	c= 3.205	0.081
		α = 10.557	
		ε = 4.988	

Los resultados obtenidos son presentados en la **Tabla 4.4.**

TABLA 4.4. Intensidades de viento probable para distintos períodos de retorno (Estación Aeroparque, 1976-2008)

Tr (años)	W (m/s)							
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE
2	11.9	12.4	11.4	11.5	12.7	14.5	14.0	14.4
5	14.4	15.8	13.6	14.1	15.5	16.4	16.7	17.2
10	16.0	18.2	15.0	15.4	17.1	17.5	18.4	18.7
20	17.4	20.6	16.2	16.5	18.6	18.4	20.1	19.9
50	19.0	23.6	17.8	17.7	20.4	19.4	22.4	21.1
100	20.1	25.9	18.9	18.5	21.7	20.1	24.0	22.0
500	22.5	30.9	21.2	20.0	24.4	21.4	27.8	23.7

Dado que este análisis fue realizado con series de datos constituidas por treinta y tres valores (máximos anuales del período 1976-2008) es preciso señalar que, para períodos de retorno prolongados, los valores estimados en la **Tabla 4.4** se encuentran asociados a una incertidumbre natural manifestada por la relativamente escasa longitud de la serie, la que resulta mayor para mayores períodos de retorno. A pesar de ello, estos valores resultan de interés práctico y fueron utilizados como datos de entrada para la simulación de las condiciones extremas del oleaje.

5 MODELACION MATEMATICA

Para estimar las olas en el entorno del relleno se empleó el modelo matemático SWAN. Una descripción de las características del modelo y de su implementación para el presente estudio se da en el **Anexo I**.

Las olas que se presentan en el emplazamiento del proyecto están originadas en vientos locales que soplan desde el río hacia la costa, es decir particularmente desde las direcciones NE hasta SE. Las olas oceánicas (swell) que constituyen una situación frecuente en el área oceánica, se disipan rápidamente al propagarse por las aguas poco profundas del estuario, y desde el punto de vista práctico no tienen incidencia en el dimensionamiento del relleno, por lo que no serán consideradas.

Mediante la aplicación del modelo matemático SWAN fue posible determinar las propiedades del oleaje generado por el viento que alcanzan el área del relleno.

Se determinaron las propiedades del oleaje para el nivel del río NM= +4 m que es un nivel extraordinario. Este nivel del río ha surgido del análisis presentado en el Informe de Avance 2, y aunque en principio asociado a condiciones de sudestada, fue considerado en este análisis para los casos de viento soplando todas las direcciones consideradas.

5.1 Mapa digital

La información batimétrica utilizada en este estudio procede de las siguientes publicaciones del Servicio de Hidrografía Naval de la Armada Argentina (SHN):

- Carta 50 Mar Argentino de Río de la Plata a Cabo de Hornos (1:3.000.000)
- Carta H-113 Río de la Plata Exterior (1:250.000).
- Carta H-116 Río de la Plata Medio y Superior (1:250.000).
- Carta H-118 : Río de la Plata Superior (1:100.000)
- Carta H-156 Puerto de Buenos Aires (1:20.000)

Las cartas indicadas fueron digitalizadas y expresadas en coordenadas del sistema Gauss Kruger WGS84.

5.2 Implementación del modelo

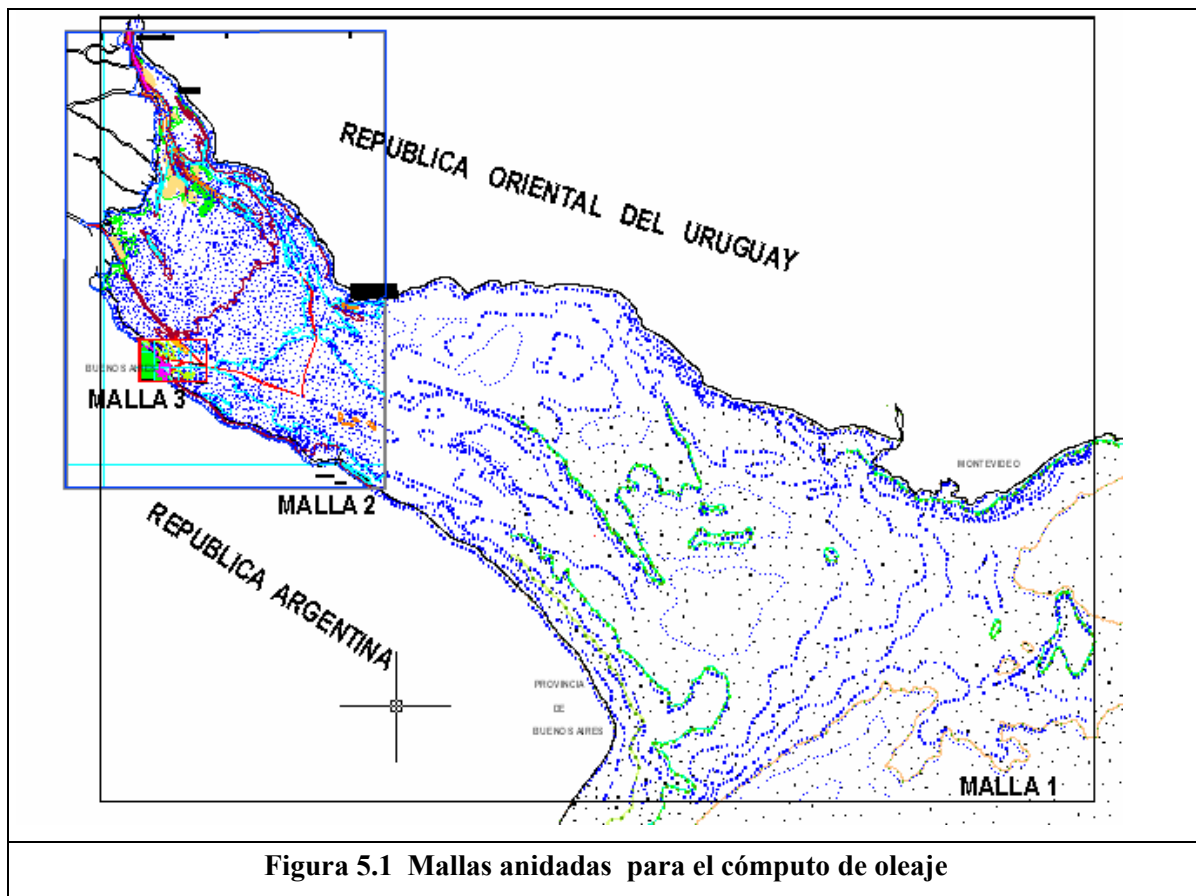
El modelo se implementó sobre tres grillas de cálculo anidadas de resolución creciente.

Malla 1: 78,5 Km x 113,0 Km; 158 nodos 227 nodos; $\Delta x = \Delta y = 500$ m. Varias cartas

Malla 2: 16600 x 10300 m ; 167 x 104 nodos; $\Delta x = \Delta y = 100$ m. (Carta H-156)

Malla 3: 2500 x 2500 m; 251 x 251 nodos; $\Delta x = \Delta y = 10$ m (Carta H-156)

La posición relativa de las tres mallas se muestra en la **Figura 5.1**.



Los canales de navegación fueron incorporados en las mallas de cálculo 2 y 3. La profundidad del canal de acceso al puerto de Buenos Aires y el área de antepuerto es de 10 m bajo el plano de referencia. El ancho del canal es de 140 m.

El acoplamiento de las grillas permite escribir el resultado de las simulaciones realizadas para la Grilla 1 sobre el contorno de la Grilla 2, sirviendo como dato de entrada para la segunda simulación. El proceso se repite de igual manera entre las Mallas 2 y 3.

5.3 Escenarios

El crecimiento de las olas generadas por el viento está determinado por la intensidad del mismo, la duración y la distancia sobre la cual sopla (fetch).

Se estudió la generación de oleaje para los vientos que soplan hacia la costa, lo que abarca los sectores N a SSE. Para la intensidad del viento se adoptaron en primera instancia los valores extremos determinados a partir de la base SMN-Aeroparque.

A los efectos de disponer de una visión más amplia de la variabilidad de la altura probable de oleaje, y permitir la elección de una ola de diseño adecuada a los factores técnicos y económicos para el dimensionamiento de las obras, se evaluaron tres situaciones correspondientes a tres distintos períodos de retorno.

Para ello se escogieron tres conjuntos de escenarios, dos de ellos correspondientes a eventos de 50 y 100 años de periodo de retorno respectivamente y un tercero determinado a partir del riesgo fijado para la estabilidad estructural de la obra de defensa.

Con respecto a este último, se escogió aquél correspondiente a una probabilidad de excedencia de la condición de diseño en la vida útil de la obra (denominada probabilidad de encuentro). Esa probabilidad puede ser estimada según Burcharth (1996) como sigue:

$$p = 1 - \exp\left(-\frac{L}{T_R}\right) \quad [5.1]$$

Esta expresión tiene en cuenta el carácter aleatorio de los eventos extremos en la vida útil de la estructura. Si el período de retorno T_r del evento de diseño es el doble que la vida útil de la obra, la probabilidad de encuentro resulta próxima al 40%. Según [5.1] la probabilidad de encuentro puede reducirse a 28 % si el período de retorno T_r escogido para la ola de diseño triplicara a la vida útil.

Aplicando el criterio indicado y adoptando para ello $p = 0.20$, $L = 50$ años, a partir de la aplicación de la ec.[5.1] se determinó un valor de T_r dado por:

$$T_r = -\frac{L}{\ln(1-p)} = -\frac{50}{\ln(1-0.2)} = 225 \text{ años} \quad [5.2]$$

En todos los casos se consideró que el viento tiene un valor constante en intensidad y dirección sobre toda el área de cálculo y una duración tal que permite el completo desarrollo del oleaje.

Como nivel del río se adoptó $NM = +4,0$ m, nivel extremo probable correspondiente a un período de retorno de 50 a 100 años.

En la **Tabla 5.1** se indican los tres conjuntos de escenarios.

En la **Figura 5.3** se presentan los resultados de los valores medios el primero de los segmentos, que es el que mostró las mayores alturas de ola. Para el escenario $Tr=225$ s sólo se realizaron las corridas correspondientes a las dos situaciones más desfavorables, a saber NN y E.

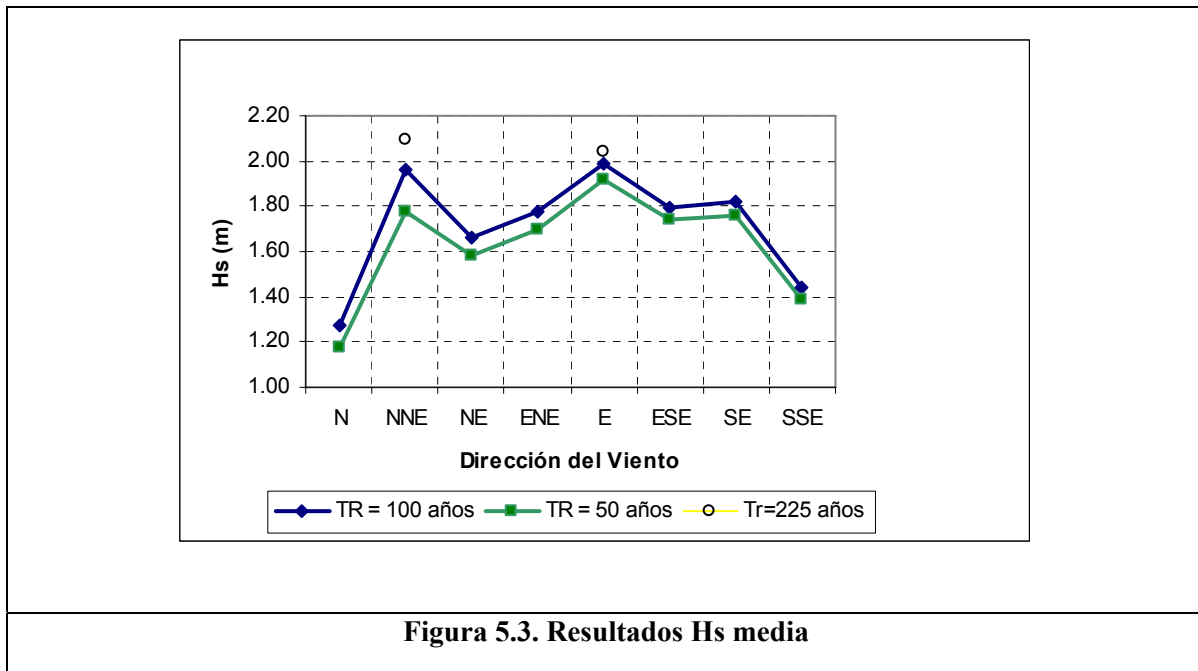


Figura 5.3. Resultados Hs media

Puede notarse que los vientos que soplan desde NNE y E son los que generan las situaciones más desfavorables, con olas próximas a los 2 m .

En el **Anexo II** se presentan las salidas de la modelación. Los resultados se han agrupado por período de retorno ($Tr=50, 100$ y 225 años) y por dirección de procedencia del viento (N, NNE, NE, ENE, E, ESE SE y SSE) para los dos segmentos que definen el contorno del sitio de emplazamiento de las obras, L1 y L2 (**Figura 5.2**). Para $Tr = 225$ años sólo se evaluaron las direcciones NNE y E.

En las tablas de ese Anexo se sigue la siguiente nomenclatura para las variables:

Dist: progresiva en m sobre cada una de las líneas L1 y L2 (Line1 ó Line2 en el archivo de resultados) que definen el contorno adoptado para escritura de resultados.

Depth: profundidad total en m (incluida la marea) en la posición correspondiente.

Hsig: altura significativa en m en la posición.

Tm01: período medio (en s) determinado como el cociente de los momentos de orden 0 y 1 respectivamente del espectro de densidad de energía.

RTpeak: período de pico espectral, en s.

Dir: dirección (en grados sexagesimales) hacia donde se propaga el oleaje (en la posición correspondiente), medida desde el eje +X de la malla de cálculo (en este caso coincidente con la dirección Oeste-Este, en sentido antihorario).

Wlen: longitud de onda, en m.

5.5 Distribución del oleaje

Para las dos direcciones que producen las condiciones más desfavorables (NNE y E) se graficó la distribución de la altura significativa de ola Hs a lo largo del contorno evaluado. Los resultados se presentan en la **Figura 5.4** para el caso $Tr = 100$ años.

La progresiva 0 corresponde al extremo NW. La intersección entre los dos segmentos que constituyen el contorno evaluado se halla en la progresiva 621 m. El extremo SE se halla en la progresiva 933 m.

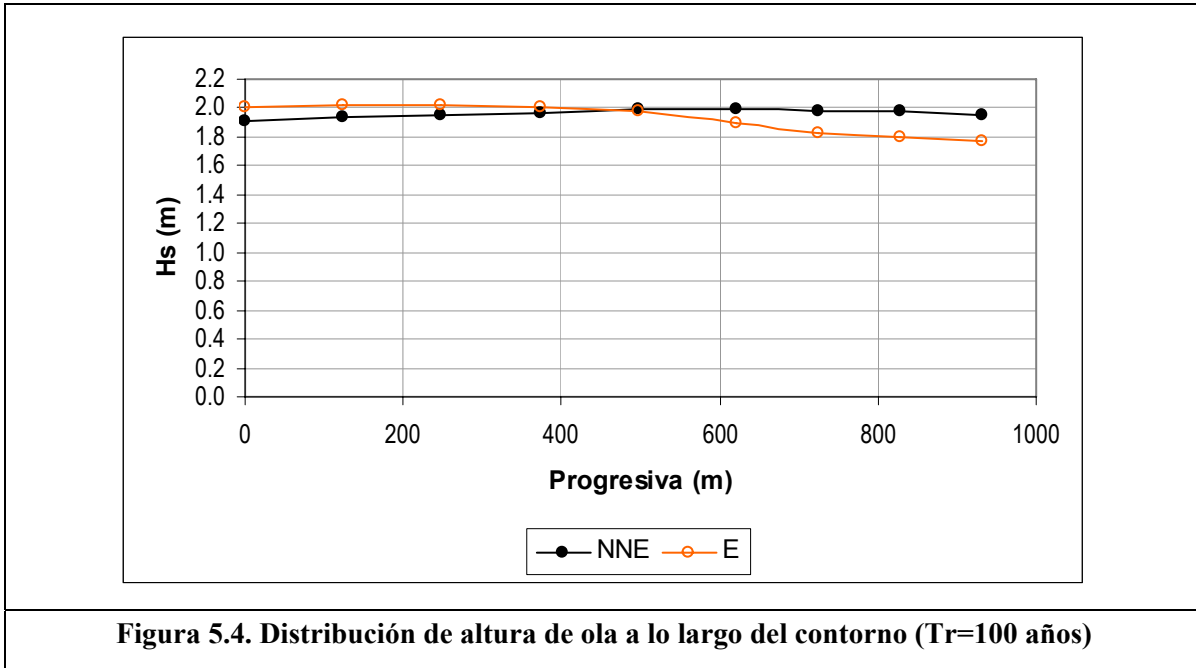


Figura 5.4. Distribución de altura de ola a lo largo del contorno (Tr=100 años)

Puede advertirse que, mientras que las olas generadas por vientos del E adquieren su máxima altura ($H_s \cong 2.0$ m) sobre el tramo que enfrenta al Río de la Plata, las olas generadas por vientos del NNE presentan una distribución levemente más homogénea, y cuyos máximos (también del orden de 2.0 m) se encuentran sobre el lateral que enfrenta al canal de acceso S.

Dada la marcada uniformidad de las distribuciones espaciales establecidas, se puede concluir que en principio el dimensionado de la obra de protección del talud no admitirá una sectorización por tramos, en lo que se refiere al la parte del perímetro que enfrenta al Río de la Plata.

En lo concerniente al período de pico espectral de oleaje correspondiente a $Tr = 100$ años, el mismo resultó $T_p = 5,2$ s.

6 CONCLUSIONES

1. Se completó la evaluación de datos de vientos que sirven de base para la modelación matemática de la generación de oleaje. En particular se analizó una serie de 33 años de valores medios horarios de intensidad y dirección de viento correspondiente a la estación Aeroparque del a ciudad de Buenos Aires. Entre otras fuentes consultadas, esta serie fue resultó la más completa y confiable de información de vientos disponible para el objetivo del presente estudio y fue escogida para la definición de escenarios de la modelación matemática.
2. Se implementó y aplicó el modelo matemático SWAN para la estimación de olas en torno de las obras de relleno. Se evaluaron un conjunto de escenarios de vientos extremos de distintas direcciones de procedencia y para distintos períodos de retorno.
3. Los resultados obtenidos indican que para un período de retorno $T_r = 100$ años (valor habitual en este tipo de proyectos) resultan alturas de ola significativa del orden de 2 m. Este valor resultó poco variable sobre todo el frente de la obra. El período de pico espectral resultó $T_p = 5,2$ s.

ANEXO I MODELO MATEMATICO DE GENERACIÓN Y PROPAGACIÓN DE OLAS

El estudio de las características del oleaje imperante en la zona del proyecto tiene como objetivo proveer datos de altura, período y dirección de olas necesarios para la verificación de la estabilidad de las estructuras de abrigo y para el análisis de la agitación dentro del recinto portuario.

Dadas las características geográficas de la región, resultó necesario analizar la propagación de olas oceánicas y la generación y propagación de olas producida por la acción de vientos locales. Para la ejecución de ambas tareas se aplicó el modelo **SWAN** (Simulating WAVes Nearshore, L.H. Holthuijsen, N. Booij y otros) desarrollado en Delft University of Technology.

Características principales del modelo matemático

El modelo SWAN es una herramienta utilizada ampliamente en la actualidad dentro del campo de la ingeniería de costas. En la bibliografía internacional se presentan numerosas aplicaciones de SWAN para la modelación del oleaje en zonas de costa marítima, lagos y estuarios.

Este modelo se basa en una representación espectral de la ecuación de balance de acción de olas (o balance de energía en ausencia de corrientes) con todos los procesos físicos modelados explícitamente.

El modelo permite la simulación de los siguientes procesos:

- Propagación rectilínea a través del espacio físico.
- Refracción debida a la variación de la profundidad y corriente.
- Bajío debido a la variación de la profundidad y la corriente.
- Propagación de ola con corrientes opuestas.

Los siguientes procesos de generación y disipación de olas son representados por SWAN:

- Generación de olas por viento
- Disipación por descrestamiento (whitecapping)
- Disipación por rotura de ola inducida por la profundidad
- Disipación inducida por la fricción del fondo
- Interacción no lineal entre frecuencias del espectro en aguas profundas y someras.

Los resultados de cada aplicación se expresan sobre una malla de cálculo, permitiendo de esta manera conocer un campo de olas distribuido en forma espacial dentro de un área de interés determinada.

ANEXO II RESULTADOS DE LA MODELACION MATEMATICA

Tr = 50 años

% Tr=50 años W=19.0 m/s N

%

% Run:A1 Table:LINE1 SWAN version:40.51A

%

Dist	Depth	Hsig	Tm01	RTpeak	Dir	Wlen
------	-------	------	------	--------	-----	------

[m]	[m]	[m]	[sec]	[sec]	[degr]	[m]
-----	-----	-----	-------	-------	--------	-----

%

0.	5.8872	1.11619	3.0815	3.5355	241.707	11.7534
124.	5.9671	1.14393	3.0940	3.5355	242.994	11.8591
248.	5.9728	1.16521	3.1046	3.5355	243.454	11.9463
373.	6.0023	1.18425	3.1244	3.5355	243.718	12.1051
497.	5.9985	1.21095	3.1490	4.2994	243.726	12.3092
621.	6.0174	1.23289	3.1669	4.2994	243.755	12.4717

% Tr=50 años W=19.0 m/s N

%

% Run:A1 Table:LINE2 SWAN version:40.51A

%

Dist	Depth	Hsig	Tm01	RTpeak	Dir	Wlen
------	-------	------	------	--------	-----	------

[m]	[m]	[m]	[sec]	[sec]	[degr]	[m]
-----	-----	-----	-------	-------	--------	-----

%

0.	6.0174	1.23289	3.1669	4.2994	243.755	12.4717
104.	6.0014	1.22243	3.1759	4.2994	241.748	12.5145
208.	5.8932	1.21396	3.1876	4.2994	239.683	12.5651
312.	5.7753	1.18160	3.2373	4.2994	235.064	12.8777

% Tr=50 años W=23.6 m/s NNE

%

% Run:A1 Table:LINE1 SWAN version:40.51A

%

Dist	Depth	Hsig	Tm01	RTpeak	Dir	Wlen
------	-------	------	------	--------	-----	------



%	[m]	[m]	[m]	[sec]	[sec]	[degr]	[m]
%							
	0.	5.8826	1.72925	3.7836	5.2282	222.336	16.9003
	124.	5.9627	1.75289	3.7934	5.2282	222.747	17.0271
	248.	5.9682	1.77429	3.8022	5.2282	222.796	17.1172
	373.	5.9976	1.79068	3.8056	5.2282	222.845	17.1723
	497.	5.9936	1.81687	3.8237	5.2282	222.724	17.3601
	621.	6.0128	1.81869	3.8097	5.2282	223.399	17.3019

% Tr=50 años W=23.6 m/s NNE

%

% Run:A1 Table:LINE2 SWAN version:40.51A

%

%	Dist	Depth	Hsig	Tm01	RTpeak	Dir	Wlen
%	[m]	[m]	[m]	[sec]	[sec]	[degr]	[m]
%							
	0.	6.0128	1.81869	3.8097	5.2282	223.399	17.3019
	104.	5.9968	1.80397	3.8083	5.2282	222.792	17.2378
	208.	5.8884	1.79641	3.8238	5.2282	221.599	17.3051
	312.	5.7705	1.78315	3.8746	5.2282	219.129	17.6588

% Tr=50 años W=17.8 m/s NE

%

% Run:A1 Table:LINE1 SWAN version:40.51A

%

%	Dist	Depth	Hsig	Tm01	RTpeak	Dir	Wlen
%	[m]	[m]	[m]	[sec]	[sec]	[degr]	[m]
%							
	0.	5.8836	1.55642	3.7155	5.2282	209.579	16.3168
	124.	5.9638	1.57091	3.7200	5.2282	209.753	16.3876
	248.	5.9694	1.58480	3.7277	5.2282	209.507	16.4546
	373.	5.9988	1.59367	3.7292	5.2282	209.492	16.4761
	497.	5.9949	1.60774	3.7306	5.2282	209.604	16.5118
	621.	6.0142	1.58917	3.6925	5.2282	210.206	16.2299

% Tr=50 años W=17.8 m/s NE

%

% Run:A1 Table:LINE2 SWAN version:40.51A

%

% Dist Depth Hsig Tm01 RTpeak Dir Wlen

% [m] [m] [m] [sec] [sec] [degr] [m]

%

0.	6.0142	1.58917	3.6925	5.2282	210.206	16.2299
104.	5.9982	1.57626	3.6934	5.2282	210.316	16.2481
208.	5.8899	1.57001	3.7091	5.2282	210.012	16.3655
312.	5.7719	1.56638	3.7491	5.2282	209.004	16.6768

% Tr=50 años W=17.7 m/s ENE

%

% Run:A1 Table:LINE1 SWAN version:40.51A

%

% Dist Depth Hsig Tm01 RTpeak Dir Wlen

% [m] [m] [m] [sec] [sec] [degr] [m]

%

0.	5.8818	1.69223	3.9484	5.2282	196.450	18.1210
124.	5.9621	1.70631	3.9507	5.2282	196.394	18.1890
248.	5.9676	1.71848	3.9531	5.2282	195.892	18.2210
373.	5.9970	1.71559	3.9369	5.2282	196.043	18.1082
497.	5.9933	1.70686	3.9068	5.2282	196.512	17.8757
621.	6.0130	1.65849	3.8243	5.2282	197.041	17.1908

% Tr=50 años W=17.7 m/s ENE

%

% Run:A1 Table:LINE2 SWAN version:40.51A

%

% Dist Depth Hsig Tm01 RTpeak Dir Wlen

% [m] [m] [m] [sec] [sec] [degr] [m]

%

0.	6.0130	1.65849	3.8243	5.2282	197.041	17.1908
104.	5.9971	1.62146	3.7987	5.2282	198.433	17.0179

208.	5.8887	1.60329	3.8004	5.2282	199.144	16.9970
312.	5.7707	1.59439	3.8248	5.2282	199.425	17.1284

% Tr=50 años W=20.4 m/s E

%

% Run:A1 Table:LINE1 SWAN version:40.51A

%

%	Dist	Depth	Hsig	Tm01	RTpeak	Dir	Wlen
%	[m]	[m]	[m]	[sec]	[sec]	[degr]	[m]

%

0.	5.8793	1.94376	4.2488	5.2282	184.982	20.2955
124.	5.9597	1.95092	4.2432	5.2282	184.707	20.3026
248.	5.9652	1.95601	4.2354	5.2282	184.099	20.2536
373.	5.9947	1.93771	4.2011	5.2282	184.173	20.0010
497.	5.9912	1.90942	4.1495	5.2282	184.304	19.6060
621.	6.0112	1.83305	4.0332	5.2282	184.311	18.6743

% Tr=50 años W=20.4 m/s E

%

% Run:A1 Table:LINE2 SWAN version:40.51A

%

%	Dist	Depth	Hsig	Tm01	RTpeak	Dir	Wlen
%	[m]	[m]	[m]	[sec]	[sec]	[degr]	[m]

%

0.	6.0112	1.83305	4.0332	5.2282	184.311	18.6743
104.	5.9957	1.76421	3.9669	5.2282	186.373	18.1116
208.	5.8873	1.72666	3.9485	5.2282	187.837	17.8698
312.	5.7694	1.70294	3.9556	5.2282	189.165	17.8207

% Tr=50 años W=19.4 m/s ESE

%

% Run:A1 Table:LINE1 SWAN version:40.51A

%

%	Dist	Depth	Hsig	Tm01	RTpeak	Dir	Wlen
%	[m]	[m]	[m]	[sec]	[sec]	[degr]	[m]

%

0.	5.8819	1.76765	4.1375	6.3577	172.569	19.1080
124.	5.9623	1.77564	4.1269	6.3577	172.001	19.0766
248.	5.9678	1.78227	4.1128	6.3577	171.422	18.9718
373.	5.9972	1.76429	4.0733	6.3577	171.247	18.6790
497.	5.9938	1.72496	4.0093	5.2282	170.782	18.1716
621.	6.0137	1.64552	3.8781	5.2282	169.449	17.1720

% Tr=50 años W=19.4 m/s ESE

%

% Run:A1 Table:LINE2 SWAN version:40.51A

%

% Dist	Depth	Hsig	Tm01	RTpeak	Dir	Wlen
% [m]	[m]	[m]	[sec]	[sec]	[degr]	[m]
0.	6.0137	1.64552	3.8781	5.2282	169.449	17.1720
104.	5.9982	1.55423	3.7818	5.2282	171.376	16.3345
208.	5.8900	1.49725	3.7343	5.2282	173.196	15.8400
312.	5.7722	1.45006	3.7013	5.2282	175.027	15.4440

% Tr=50 años W=22.4 m/s SE

%

% Run:A1 Table:LINE1 SWAN version:40.51A

%

% Dist	Depth	Hsig	Tm01	RTpeak	Dir	Wlen
% [m]	[m]	[m]	[sec]	[sec]	[degr]	[m]
0.	5.8824	1.76928	4.0572	6.3577	161.704	17.9782
124.	5.9628	1.78377	4.0416	6.3577	160.850	17.9445
248.	5.9683	1.79722	4.0147	6.3577	160.150	17.8144
373.	5.9978	1.77982	3.9559	6.3577	159.494	17.3865
497.	5.9943	1.73824	3.8834	5.2282	158.502	16.8228
621.	6.0142	1.66977	3.7623	5.2282	156.492	15.9591

% Tr=50 años W=22.4 m/s SE

%
% Run:A1 Table:LINE2 SWAN version:40.51A
%
% Dist Depth Hsig Tm01 RTpeak Dir Wlen
% [m] [m] [m] [sec] [sec] [degr] [m]
%
0. 6.0142 1.66977 3.7623 5.2282 156.492 15.9591
104. 5.9988 1.55647 3.6480 5.2282 157.774 14.9585
208. 5.8907 1.48983 3.5842 5.2282 159.253 14.3358
312. 5.7729 1.42253 3.5247 5.2282 160.876 13.7368

% Tr=50 años W=21.1 m/s SSE
%
% Run:A1 Table:LINE1 SWAN version:40.51A
%
% Dist Depth Hsig Tm01 RTpeak Dir Wlen
% [m] [m] [m] [sec] [sec] [degr] [m]
%
0. 5.8858 1.37047 3.6051 5.2282 153.194 14.4102
124. 5.9660 1.38989 3.5896 5.2282 152.054 14.4157
248. 5.9716 1.41034 3.5596 5.2282 151.060 14.3339
373. 6.0010 1.41378 3.5003 5.2282 149.564 14.0028
497. 5.9973 1.39924 3.4545 5.2282 148.491 13.6750
621. 6.0166 1.36957 3.3781 4.2994 146.719 13.1807

% Tr=50 años W=21.1 m/s SSE
%
% Run:A1 Table:LINE2 SWAN version:40.51A
%
% Dist Depth Hsig Tm01 RTpeak Dir Wlen
% [m] [m] [m] [sec] [sec] [degr] [m]
%
0. 6.0166 1.36957 3.3781 4.2994 146.719 13.1807
104. 6.0008 1.28890 3.2838 4.2994 147.489 12.3907
208. 5.8927 1.23199 3.2307 4.2994 149.106 11.8762

312. 5.7748 1.16874 3.1736 4.2994 150.736 11.3163

Tr=100 años

% Tr=100 años W=20.1 m/s N

%

% Run:A1 Table:LINE1 SWAN version:40.51A

%

%	Dist	Depth	Hsig	Tm01	RTpeak	Dir	Wlen
%	[m]	[m]	[m]	[sec]	[sec]	[degr]	[m]

%

	0	5.8868	1.20178	3.1825	4.2994	241.337	12.4846
	124	5.9667	1.23195	3.1924	4.2994	242.612	12.5773
	248	5.9724	1.25333	3.2087	4.2994	242.956	12.7083
	373	6.002	1.27428	3.2285	4.2994	243.211	12.8698
	497	5.9981	1.30534	3.2552	4.2994	243.311	13.1028
	621	6.017	1.32996	3.2734	4.2994	243.231	13.271

% Tr=100 años W=20.1 m/s N

%

% Run:A1 Table:LINE2 SWAN version:40.51A

%

%	Dist	Depth	Hsig	Tm01	RTpeak	Dir	Wlen
%	[m]	[m]	[m]	[sec]	[sec]	[degr]	[m]

%

	0.	6.0170	1.32996	3.2734	4.2994	243.231	13.2710
	104.	6.0010	1.31941	3.2865	4.2994	241.125	13.3331
	208.	5.8928	1.31046	3.2989	4.2994	238.963	13.3857
	312.	5.7749	1.27765	3.3489	4.2994	234.537	13.7093

% Tr=100 años W=25.9 m/s NNE

%

% Run:A1 Table:LINE1 SWAN version:40.51A

%

%	Dist	Depth	Hsig	Tm01	RTpeak	Dir	Wlen
%	[m]	[m]	[m]	[sec]	[sec]	[degr]	[m]
%							
	0	5.8807	1.90853	3.9555	5.2282	222.471	18.1979
	124	5.9608	1.93256	3.9607	5.2282	222.791	18.292
	248	5.9663	1.95376	3.9673	5.2282	222.861	18.3686
	373	5.9957	1.96913	3.9734	5.2282	223.13	18.4553
	497	5.9916	1.99606	3.9893	5.2282	222.935	18.6296
	621	6.0108	1.99798	3.9709	5.2282	223.415	18.5352

% Tr=100 años W=25.9 m/s NNE

%

% Run:A1 Table:LINE2 SWAN version:40.51A

%

%	Dist	Depth	Hsig	Tm01	RTpeak	Dir	Wlen
%	[m]	[m]	[m]	[sec]	[sec]	[degr]	[m]

%

	0	6.0108	1.99798	3.9709	5.2282	223.415	18.5352
	104	5.9948	1.98224	3.9717	5.2282	222.819	18.4833
	208	5.8864	1.97605	3.9869	5.2282	221.676	18.5388
	312	5.7686	1.95472	4.0376	5.2282	219.18	18.8835

% Tr=100 años W=18.9 m/s NE

%

% Run:A1 Table:LINE1 SWAN version:40.51A

%

%	Dist	Depth	Hsig	Tm01	RTpeak	Dir	Wlen
%	[m]	[m]	[m]	[sec]	[sec]	[degr]	[m]

%

	0	5.8829	1.62885	3.7701	5.2282	209.723	16.7562
	124	5.9631	1.64396	3.7767	5.2282	209.891	16.8459
	248	5.9686	1.65998	3.781	5.2282	209.682	16.8879
	373	5.9981	1.67033	3.7807	5.2282	209.752	16.9063
	497	5.9942	1.68381	3.7851	5.2282	209.946	16.9645
	621	6.0135	1.66687	3.744	5.2282	210.63	16.6615

% Tr=100 años W=18.9 m/s NE

%

% Run:A1 Table:LINE2 SWAN version:40.51A

%

% Dist Depth Hsig Tm01 RTpeak Dir Wlen

% [m] [m] [m] [sec] [sec] [degr] [m]

%

0.	6.0135	1.66687	3.7440	5.2282	210.630	16.6615
104.	5.9975	1.65209	3.7445	5.2282	210.684	16.6699
208.	5.8891	1.64560	3.7588	5.2282	210.242	16.7703
312.	5.7712	1.64009	3.8023	5.2282	209.208	17.1060

% Tr=100 años W=18.5 m/s ENE

%

% Run:A1 Table:LINE1 SWAN version:40.51A

%

% Dist Depth Hsig Tm01 RTpeak Dir Wlen

% [m] [m] [m] [sec] [sec] [degr] [m]

%

0	5.8809	1.76768	4.0208	5.2282	196.604	18.686
124	5.9612	1.78347	4.0244	5.2282	196.552	18.7601
248	5.9667	1.79793	4.0276	5.2282	196.054	18.7925
373	5.9961	1.79421	4.011	5.2282	196.253	18.6807
497	5.9925	1.78218	3.9781	5.2282	196.716	18.4258
621	6.0122	1.73135	3.8956	5.2282	197.35	17.7459

% Tr=100 años W=18.5 m/s ENE

%

% Run:A1 Table:LINE2 SWAN version:40.51A

%

% Dist Depth Hsig Tm01 RTpeak Dir Wlen

% [m] [m] [m] [sec] [sec] [degr] [m]

%

0.	6.0122	1.73135	3.8956	5.2282	197.350	17.7459
104.	5.9963	1.69134	3.8680	5.2282	198.756	17.5462
208.	5.8879	1.67319	3.8701	5.2282	199.403	17.5246
312.	5.7699	1.66425	3.8972	5.2282	199.638	17.6795

% Tr=100 años W=21.7 m/s E

%

% Run:A1 Table:LINE1 SWAN version:40.51A

%

%	Dist	Depth	Hsig	Tm01	RTpeak	Dir	Wlen
%	[m]	[m]	[m]	[sec]	[sec]	[degr]	[m]

%

0	5.8786	2.00906	4.3045	6.3577	185.214	20.711
124	5.959	2.01852	4.2995	6.3577	184.95	20.7294
248	5.9644	2.02547	4.2889	6.3577	184.371	20.6585
373	5.9939	2.00493	4.2518	5.2282	184.49	20.3838
497	5.9904	1.97671	4.2021	5.2282	184.616	20.005
621	6.0105	1.89948	4.0847	5.2282	184.658	19.0593

% Tr=100 años W=21.7 m/s E

%

% Run:A1 Table:LINE2 SWAN version:40.51A

%

%	Dist	Depth	Hsig	Tm01	RTpeak	Dir	Wlen
%	[m]	[m]	[m]	[sec]	[sec]	[degr]	[m]

%

0.	6.0105	1.89948	4.0847	5.2282	184.658	19.0593
104.	5.9950	1.82900	4.0160	5.2282	186.747	18.4620
208.	5.8867	1.79406	3.9983	5.2282	188.169	18.2355
312.	5.7687	1.76868	4.0044	5.2282	189.573	18.1703

% Tr=100 años W=20.1 m/s ESE

%

% Run:A1 Table:LINE1 SWAN version:40.51A

%

%	Dist	Depth	Hsig	Tm01	RTpeak	Dir	Wlen
%	[m]	[m]	[m]	[sec]	[sec]	[degr]	[m]
%							
	0	5.8814	1.82154	4.1915	6.3577	172.721	19.5313
	124	5.9619	1.82827	4.1787	6.3577	172.087	19.4794
	248	5.9673	1.83347	4.1632	6.3577	171.486	19.3555
	373	5.9968	1.81463	4.1166	6.3577	171.37	19.0012
	497	5.9933	1.77339	4.0572	6.3577	170.918	18.5347
	621	6.0133	1.69026	3.9197	6.3577	169.564	17.4714

% Tr=100 años W=20.1 m/s ESE

%

% Run:A1 Table:LINE2 SWAN version:40.51A

%

%	Dist	Depth	Hsig	Tm01	RTpeak	Dir	Wlen
%	[m]	[m]	[m]	[sec]	[sec]	[degr]	[m]

%

	0.	6.0133	1.69026	3.9197	6.3577	169.564	17.4714
	104.	5.9979	1.59652	3.8248	5.2282	171.553	16.6425
	208.	5.8897	1.53670	3.7735	5.2282	173.383	16.1119
	312.	5.7718	1.49189	3.7462	5.2282	175.307	15.7536

% Tr=100 años W=24.0 m/s SE

%

% Run:A1 Table:LINE1 SWAN version:40.51A

%

%	Dist	Depth	Hsig	Tm01	RTpeak	Dir	Wlen
%	[m]	[m]	[m]	[sec]	[sec]	[degr]	[m]

%

	0	5.8818	1.82922	4.0946	6.3577	161.474	18.2337
	124	5.9622	1.84472	4.0736	6.3577	160.577	18.1674
	248	5.9677	1.85897	4.0403	6.3577	159.754	17.9969
	373	5.9973	1.84032	3.9794	6.3577	158.999	17.5604
	497	5.9938	1.79828	3.9086	6.3577	157.924	17.0123
	621	6.0138	1.72499	3.7908	5.2282	155.924	16.1707

% Tr=100 años W=24.0 m/s SE

%

% Run:A1 Table:LINE2 SWAN version:40.51A

%

% Dist Depth Hsig Tm01 RTpeak Dir Wlen

% [m] [m] [m] [sec] [sec] [degr] [m]

%

0.	6.0138	1.72499	3.7908	5.2282	155.924	16.1707
104.	5.9985	1.61041	3.6656	5.2282	157.025	15.1017
208.	5.8904	1.54100	3.5995	5.2282	158.450	14.4725
312.	5.7725	1.47854	3.5472	5.2282	160.300	13.9357

% Tr=100 años W=22.0 m/s SSE

%

% Run:A1 Table:LINE1 SWAN version:40.51A

%

% Dist Depth Hsig Tm01 RTpeak Dir Wlen

% [m] [m] [m] [sec] [sec] [degr] [m]

%

0	5.8854	1.42278	3.6572	5.2282	153.06	14.7633
124	5.9656	1.44369	3.6392	5.2282	151.88	14.7488
248	5.9712	1.46375	3.6101	5.2282	150.826	14.6817
373	6.0006	1.46567	3.5497	5.2282	149.281	14.3446
497	5.9969	1.45018	3.4942	5.2282	148.03	13.9475
621	6.0162	1.41614	3.4207	5.2282	146.302	13.4629

% Tr=100 años W=22.0 m/s SSE

%

% Run:A1 Table:LINE2 SWAN version:40.51A

%

% Dist Depth Hsig Tm01 RTpeak Dir Wlen

% [m] [m] [m] [sec] [sec] [degr] [m]

%

0.	6.0162	1.41614	3.4207	5.2282	146.302	13.4629
104.	6.0005	1.33205	3.3250	4.2994	147.055	12.6583

208.	5.8924	1.27410	3.2688	4.2994	148.682	12.1209
312.	5.7745	1.20834	3.2096	5.2282	150.415	11.5442

Tr=225 años

% Tr=225 años W=28.4 m/s NNE

%

% Run:A1 Table:LINE1 SWAN version:40.51A

%

% Dist	Depth	Hsig	Tm01	RTpeak	Dir	Wlen
--------	-------	------	------	--------	-----	------

% [m]	[m]	[m]	[sec]	[sec]	[degr]	[m]
-------	-----	-----	-------	-------	--------	-----

%

0.	5.8789	2.05082	4.1145	5.2282	222.737	19.5005
124.	5.9591	2.07375	4.1206	5.2282	223.124	19.5986
248.	5.9646	2.08688	4.1274	5.2282	223.167	19.6694
373.	5.9940	2.09674	4.1264	5.2282	223.464	19.6839
497.	5.9898	2.12991	4.1487	5.2282	223.143	19.9066
621.	6.0090	2.12936	4.1291	5.2282	223.382	19.7910

% Tr=225 años W=28.4 m/s NNE

%

% Run:A1 Table:LINE2 SWAN version:40.51A

%

% Dist	Depth	Hsig	Tm01	RTpeak	Dir	Wlen
--------	-------	------	------	--------	-----	------

% [m]	[m]	[m]	[sec]	[sec]	[degr]	[m]
-------	-----	-----	-------	-------	--------	-----

%

0.	6.0090	2.12936	4.1291	5.2282	223.382	19.7910
104.	5.9932	2.10879	4.1235	5.2282	223.069	19.6927
208.	5.8848	2.09803	4.1361	5.2282	222.017	19.7179
312.	5.7671	2.07483	4.1852	5.2282	219.791	20.0480

% Tr=225 años W=23.1 m/s E

%

% Run:A1 Table:LINE1 SWAN version:40.51A

```
%
% Dist   Depth   Hsig   Tm01   RTpeak  Dir    Wlen
% [m]    [m]      [m]    [sec]  [sec]   [degr] [m]
%
%      0.   5.8784  2.05587  4.3260  6.3577  184.988  20.8537
%     124.  5.9588  2.06838  4.3230  6.3577  184.694  20.8918
%     248.  5.9641  2.07560  4.3176  6.3577  184.119  20.8635
%     373.  5.9936  2.05501  4.2803  5.2282  184.226  20.5898
%     497.  5.9901  2.02992  4.2290  5.2282  184.347  20.2116
%     621.  6.0102  1.95556  4.1111  5.2282  184.352  19.2790
```

```
% Tr=225 años W=23.1 m/s E
```

```
%
```

```
% Run:A1 Table:LINE2 SWAN version:40.51A
```

```
%
```

```
% Dist   Depth   Hsig   Tm01   RTpeak  Dir    Wlen
% [m]    [m]      [m]    [sec]  [sec]   [degr] [m]
%
%      0.   6.0102  1.95556  4.1111  5.2282  184.352  19.2790
%     104.  5.9947  1.88464  4.0421  5.2282  186.403  18.6710
%     208.  5.8864  1.85070  4.0250  5.2282  187.785  18.4444
%     312.  5.7684  1.82612  4.0314  5.2282  189.169  18.3843
```