

MINISTERIO DE PLANIFICACIÓN FEDERAL, INVERSIÓN PÚBLICA Y SERVICIOS

SECRETARIA DE OBRAS PÚBLICAS

SUBSECRETARIA DE RECURSOS HIDRICOS



EVALUACIÓN DEL CLIMA DE OLAS

EN EL ÁREA COSTERA DEL MUNICIPIO DE QUILMES

INFORME FINAL

Agosto, 2009

Informe LH- 305-01-09

LABORATORIO DE HIDRAULICA

EVALUACIÓN DEL CLIMA DE OLAS

EN EL ÁREA COSTERA DEL MUNICIPIO DE

QUILMES

INFORME FINAL

RESUMEN:

Se presenta una evaluación de las características del oleaje generado por el viento en una posición costera del Río de la Plata en las proximidades del Club Náutico Quilmes. Para tal fin se utilizó el modelo matemático SWAN. La modelación se apoyó en un registro de vientos en la estación Aeroparque de la ciudad de Buenos Aires, y niveles del río determinados en la estación Palermo.

PALABRAS CLAVE:

Informe	LHA-305-01-09
Fecha	Agosto, 2009
PROYECTO	901
COMITENTE	FUNDACION SUR EN MOVIMIENTO

INA
LABORATORIO DE HIDRAULICA

DIRECTOR

Ing. J.C. De Lio

JEFE DEL PROGRAMA DE HIDRÁULICA MARÍTIMA

Ing. R. D. Castellano

Informe producido por

Ing. R. Castellano

Equipo de trabajo

Ing. R. Cáceres

Ing. N. Tomazin

Téc. Mec. C.A. Haspert

M.M.O. S.L. Peralta

TABLA DE CONTENIDOS

1	INTRODUCCION.....	1
2	OBJETIVOS.....	2
3	SINTESIS DE RESULTADOS.....	3
4	METODOLOGIA.....	5
5	DESCRIPCIÓN FÍSICA DEL ÁREA.....	6
5.1	Ubicación.....	6
5.2	Régimen de Vientos	9
5.2.1	Fuentes de información y características generales.....	9
5.2.2	Estación Aeroparque (SMN)	12
5.2.3	Vientos máximos anuales	13
5.2.4	Vientos extremos probables.....	15
5.2.5	Métodos de ajuste y resultados	16
5.3	Nivel del río	18
5.3.1	Marea astronómica	18
5.3.2	Marea meteorológica	19
5.3.3	Persistencia de niveles	27
5.3.4	Niveles extremos probables.....	29
5.4	Clima de Olas	32
5.5	Batimetría	39
5.6	Calado del canal de acceso	40
6	MODELACION MATEMATICA	42
6.1	Mapa digital.....	42
6.2	Implementación del modelo	42
6.3	Escenarios.....	44
6.4	Resultados.....	45
7	CONCLUSIONES.....	49
8	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	51

Anexo I: Puerto de Buenos Aires. Niveles hidrométricos. Máximos anuales (1905-1990)

Anexo II: Relevamiento Batimétrico de Canal de Acceso al Club Náutico Quilmes (Enero 2009).

Anexo III: Descripción del modelo matemático SWAN.

Anexo IV: Distribución de oleaje en las inmediaciones del acceso al Club Náutico

Quilmes. Resultados de la modelación matemática.

INDICE DE FIGURAS

Figura 5.1 Ubicación general.....	6
Figura 5.2 Detalle del área.....	7
Figura 5.3 Situación actual. Vista aérea	8
Figura 5.4 Situación actual. Vista aérea	9
Figura 5.5 Pontón Recalada. Distribución de frecuencias de intensidad media de viento (período frío) 1967-2001 (Guerrero et al., 2002)	11
Figura 5.6 Pontón Recalada. Distribución de frecuencias de intensidad media del viento (período cálido). 1967-2001. (Guerrero et al., 2002)	11
Figura 5.7 Estación Aeroparque 1976-2008 Frecuencia direccional de intensidad de viento	13
Figura 5.8 Estación Aeroparque (1976-2008). Intensidad del viento máxima anual	15
Figura 5.9 Marea astronómica en Buenos Aires (Dársena F).....	19
Figura 5.10 Nivel del río en función de la intensidad del viento.	22
Figura 5.11 Nivel del río en función de la intensidad del viento.	22
Figura 5.12. Nivel del río en función de la intensidad del viento.	22
Figura 5.13. Nivel del río en función de la intensidad del viento.	23
Figura 5.14. Nivel del río en función de la intensidad del viento.	23
Figura 5.15. Nivel del río en función de la Intensidad del viento.	24
Figura 5.16 Nivel del río, intensidad y dirección del río en función del tiempo.....	26
Figura 5.17 Frecuencia de Niveles Buenos Aires - 1990/1999 – SHN.....	28
Figura 5.18 Puerto de Buenos Aires Probabilidad de excedencia de niveles.....	29
Figura 5.19 Frecuencia acumulativa de altura de ola significativa	33
Figura 5.20 Canal Mitre y Canales de acceso Norte y Sur al Puewrto de Buenos Aires	35
Figura 5.21 Frecuencia de excedencia de olas por dirección	36
Figura 5.22 Frecuencia de excedencia total para las direcciones NW, N, NE, E y SE.	37
Figura 5.23 Frecuencia de excedencia de calado mínimo en el canal de navegación.	41
Figura 6.1 Ubicación relativa de las mallas de cálculo	43
Figura 6.2 Batimetría en la malla de detalle (Malla 3).....	44
Figura 6.3 Distribución de altura de ola (Hs). Escenario 7.	46
Figura 6.4 Distribución de Hs en el extremo del canal de acceso.....	47

INDICE DE TABLAS

Tabla 5-1 Estación Aeroparque (1976-2008)	12
Tabla 5-2 Estación Aeroparque 1976-2008 Máximos anuales.....	14
Tabla 5-3 Parámetros de ajuste para las funciones de valores extremos.....	17
Tabla 5-4 Intensidades de viento probable para distintos períodos de retorno (Estación Aeroparque, 1976-2008).....	17
Tabla 5-5 Marea Astronómica en el Puerto de Buenos Aires	19
Tabla 5-6 Resultados del ajuste para valores máximos en el puerto de Buenos Aires.....	31
Tabla 5-7 Niveles máximos probables	31
Tabla 5-8 Altura de olas significativas frente al Puerto de Buenos Aires	33
Tabla 5-9 Fetch y profundidad media para el cómputo de olas en Canal Mitre.....	35
Tabla 5-10 Frecuencia de Excedencia del oleaje.....	37
Tabla 5-11 Altura de ola significativa en Canal Costanero.....	38
Tabla 5-12 Porcentaje de tiempo para calado en el canal de navegación.....	41
Tabla 6-1 Escenarios de cálculo de oleaje (Tr = 100 años).....	45
Tabla 6-2 Altura de ola significativa y período de pico espectral	47

EVALUACIÓN DEL CLIMA DE OLAS EN EL ÁREA COSTERA DEL MUNICIPIO DE QUILMES

Informe Final

Agosto, 2009

1 INTRODUCCION

El estudio que se presenta se ha llevado a cabo a requerimiento de la Fundación Sur en Movimiento realizado por nota de fecha 4 de mayo de 2009. El mismo está dirigido a la realización de estudios tendientes a la caracterización del clima de oleaje en el área costera del Municipio de Quilmes, particularmente en torno del acceso al Club Náutico Quilmes.

El estudio se ha desarrollado de acuerdo a los Términos de Referencia que acompañaron a la Carta Oferta INA N° 266/09 de fecha 28/05/2009.

2 OBJETIVOS

El propósito de este estudio ha sido la caracterización de las condiciones de oleaje en un área costera de la ciudad de Quilmes, ubicada sobre la margen sur del Río de la Plata, particularmente en torno del canal de acceso al Club Náutico de Quilmes, con vistas a proveer de la información de base para el proyecto de nuevas obras de abrigo al canal de acceso e instalaciones portuarias.

Se ha prestado especial atención a la caracterización del régimen de vientos, y niveles del río, ya que constituyen factores determinantes de las propiedades del oleaje resultante en el área costera.

3 SINTESIS DE RESULTADOS

Se analizaron series históricas prolongadas de registros de viento (Estación Aeroparque) y de niveles del Río de la Plata (estaciones Palermo y Puerto de Buenos Aires). La evaluación de estas series de tiempo mediante técnicas estadísticas apropiadas permitió formular un conjunto de escenarios extremos probables de intensidad de viento y nivel del Río de la Plata, que conforman los factores más importantes en la generación del oleaje en el área.

Para la evaluación del oleaje extremo se implementó y aplicó el modelo matemático SWAN, el que a partir de la información de viento, la conformación batimétrica del lecho del río y el nivel del agua, permitió el cómputo de las propiedades del oleaje (altura significativa de olas, período de pico espectral, dirección de propagación) en toda la región de cálculo elegida. El proceso de cálculo se efectuó sobre tres regiones anidadas, cada una de menor tamaño y mayor resolución. La más extensa abarcó la totalidad del Río de la Plata y la menor se centró en el área costera en el entorno del Club Náutico Quilmes.

Los resultados mostraron que los vientos de los sectores E y SE son los generadores de las condiciones más desfavorables, con olas de altura significativa estimada en 1,80 m en la entrada al canal de acceso a la dársena del Club Náutico Quilmes para un período de retorno de 100 años. Este período de retorno se escogió a partir de consideraciones relativas a la seguridad requerida para las nuevas obras de abrigo.

Esto es así porque a los vientos que soplan desde estas direcciones se asocian niveles del río extraordinarios, inducidos por el propio viento, y que superan ampliamente los generados por la marea astronómica. Esta situación facilita la generación y llegada al área costera de las olas más altas. Los vientos que soplan desde los sectores NNE y N, aunque intensos, dada su dirección relativa respecto de la orientación del eje del Río de la Plata, no contribuyen a sobreelevar sus niveles. Por otro lado la presencia de la costa uruguaya en estos casos, también contribuye a limitar el desarrollo del oleaje.

Para la evaluación del oleaje frecuente, la metodología antes descrita no es aplicable, por lo que se recurrió a la búsqueda y análisis de otras fuentes de información en el área. El análisis realizado mostró en términos generales una buena consistencia en el oleaje medio determinado por varias fuentes de información y distintas metodologías. El oleaje promedio en esta región del Río de la Plata resulta, según las fuentes consultadas del orden de 0,30 a 0,40 m. Sólo el 10% de las olas superan un valor en el entorno de 1 m.

De manera complementaria, y teniendo en cuenta que la región está sometida a un régimen de mareas con fuerte influencia meteorológica, se realizó también una estimación de la persistencia de de calados en el canal de navegación. De acuerdo con el relevamiento realizado en enero de 2009, la profundidad mínima del canal, que determina las posibilidades de acceso y salida al puerto, es alrededor de 1,30m bajo el 0. Teniendo en cuenta un registro de mareas obtenido en la Estación Palermo (1990-1999) puede establecerse que el 50% del tiempo el canal ofrece un calado mínimo de 2,15 m y sólo el 10% del tiempo ese calado iguala o supera los 2,90 m.

4 METODOLOGIA

Se realizó en primera instancia una búsqueda y evaluación de información hidrográfica y climatológica disponible en el área a los efectos de generar una base de información que permitiera una adecuada descripción cualitativa y cuantitativa de los fenómenos físicos que se evalúan en el presente estudio.

Esto involucró la recolección y análisis de series históricas de niveles del Río de la Plata en el área costera (**Anexo I**) y registros de viento de períodos prolongados. Dado su carácter aleatorio, estos datos fueron evaluados mediante técnicas estadísticas apropiadas de manera de estimar valores máximos probables. En particular se analizaron niveles extremos del río para distintos períodos de retorno, y la distribución frecuencial de niveles con el propósito de permitir la verificación de cotas de diseño de nuevas obras y dimensionamiento de las estructuras que conformen las obras de abrigo.

A los efectos de la modelación matemática de generación y propagación de olas, se digitalizaron Cartas Náuticas publicadas por el Servicio de Hidrografía Naval correspondientes al Río de la Plata, lo que permitió construir un mapa digital del lecho del río. Se dispuso además de un relevamiento local en el área del estudio, provisto por la Unidad Ejecutora del Proyecto de la Ribera de Quilmes (**Anexo II**).

Se plantearon escenarios probables de niveles del río y vientos extremos, y se aplicó el modelo matemático SWAN (**Anexo III**) para el cómputo del desarrollo del oleaje por acción del viento y su propagación hasta el área costera.

5 DESCRIPCIÓN FÍSICA DEL ÁREA

En este Capítulo se presenta una síntesis descriptiva de distintos aspectos hidrográficos necesarios para establecer las condiciones de simulación numérica de generación de oleaje sobre el Río de la Plata. Atento a ello se presenta una descripción general del área y los resultados de la recopilación y análisis de información de base relativa al clima de olas, el régimen de vientos, niveles del río, relevamientos batimétricos, etc.

5.1 Ubicación

El Club Náutico Quilmes se halla sobre la margen derecha del Río de la Plata, en el área costera del municipio de Quilmes, en las coordenadas $34^{\circ}42'18''S$, $58^{\circ}13'52''W$ (Figura 5.1)

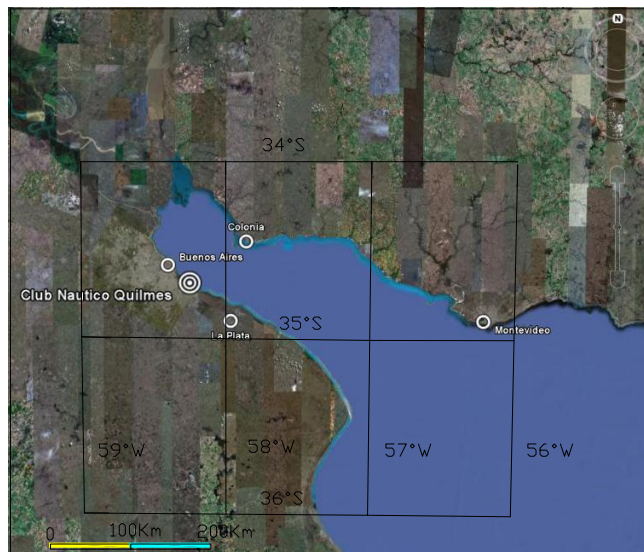


Figura 5.1 Ubicación general

La costa es francamente rectilínea, orientada de SE a NW. Se compone de playas de arena fina de muy suave pendiente.

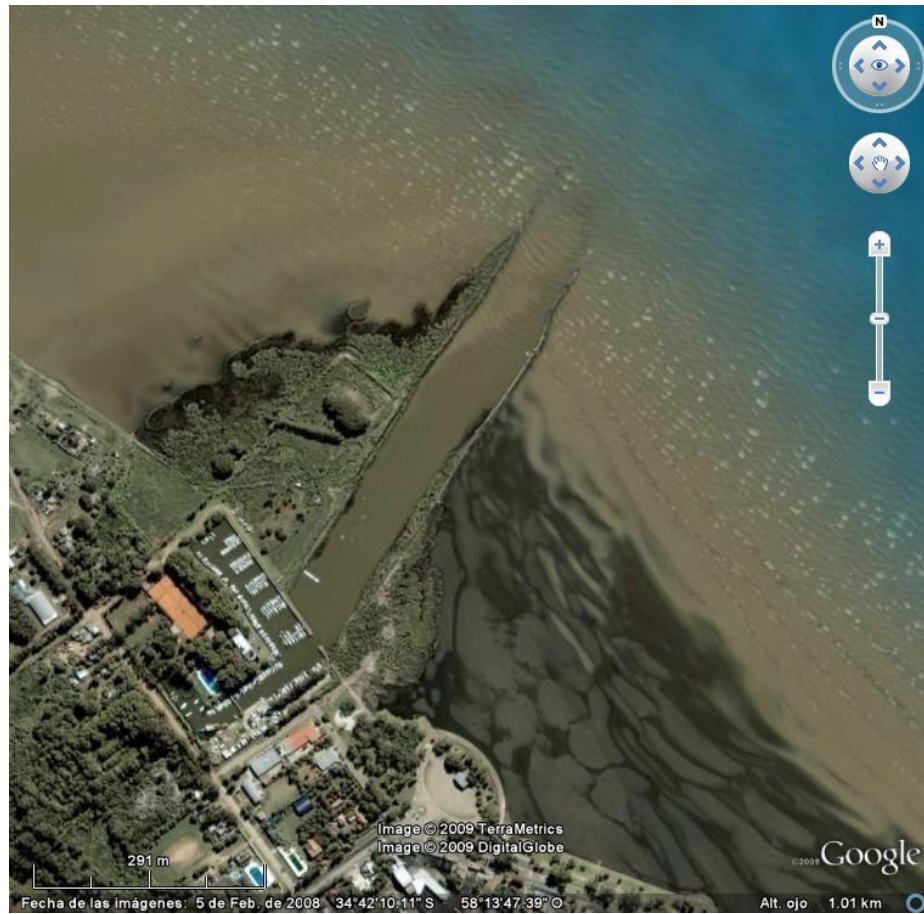


Figura 5.2 Detalle del área

Dos escolleras protegen el canal de acceso a la dársena excavada (Figura 5.2 a Figura 5.4). El canal tiene unos 85 m de ancho y una extensión de unos 730 m. Puede notarse la presencia de acumulación de arena de ambos lados del canal de acceso por efecto de las escolleras, aunque con un claro predominio del lado sur, donde se advierte la presencia de una amplia playa.



Figura 5.3 Situación actual. Vista aérea



Figura 5.4 Situación actual. Vista aérea

5.2 Régimen de Vientos

El viento es una de las variables centrales en la determinación de las características hidrográficas del área, en tanto es la forzante de la generación del oleaje presente en el área y de la alteración del nivel del río respecto de los valores originados por la marea astronómica.

5.2.1 Fuentes de información y características generales

Se consultaron diversas fuentes de información y estudios hidráulicos realizados en el área costera de Quilmes. En el marco del Proyecto FREPLATA se han realizado numerosos estudios relativos a aspectos físicos y biológicos en el área del Río de la Plata. A partir de publicaciones consultadas se presenta una breve descripción del régimen de vientos en la región, con vistas a complementar la información de base necesaria para el proyecto de relleno.

Los vientos sobre el Río de la Plata en general son leves y la intensidad promedio anual es muy uniforme, elevándose a cerca de 5 m/s en la costa; vientos de mayor velocidad se registran en los sectores expuestos del litoral atlántico uruguayo (Punta del Este). Los vientos más intensos en la región son del sector Sur (SE, S y SW) y los más débiles del NW. Durante eventos extremos se registran fuertes vientos del sudeste de más de 30 m/s y tormentas que afectan el área durante varios días. Este fenómeno es conocido como “sudestada” y es responsable de las grandes inundaciones que se producen en el litoral del Río de la Plata (Giordano, 2004).

La influencia del continente hace que las estaciones de registro costeras no representen adecuadamente la influencia del viento sobre el cuerpo de agua. Una comparación entre registros de viento obtenidos cada tres horas en estaciones de medición cercanas (Punta Brava, sobre la costa uruguaya y Pontón Recalada en el Río de la Plata) durante los años 1997 a 2000 mostró considerables diferencias en la intensidad y dirección del viento.

Se encontró que la intensidad de los vientos medidos en la Estación Pontón Recalada es mayor que la correspondiente a la Estación costera de Punta Brava. En tres de los cuatro años considerados observaron diferencias, entre ambas estaciones de medición, de más de 10 Km/h en la intensidad media para una dirección de viento determinada.

La climatología de vientos sobre la superficie del agua en la *Estación Pontón Recalada* (35° 10'S y 56° 15'W) para el período 1959-1992 y 1997-2001 (Guerrero, 2004), muestra un predominio de vientos oceánicos (E, SE y NE) durante el período septiembre-marzo (identificado como primavera-verano) y un balance en los vientos de las distintas direcciones durante abril-agosto (identificado como otoño-invierno)

Las máximas velocidades medias mensuales de viento reportadas para el Pontón Recalada corresponden al período cálido caracterizándose el período frío por vientos medios de poca intensidad. Las situaciones de calma meteorológica representaron sólo un 6,7% de las observaciones efectuadas en primavera-verano y un 7,7% de las de otoño-invierno.

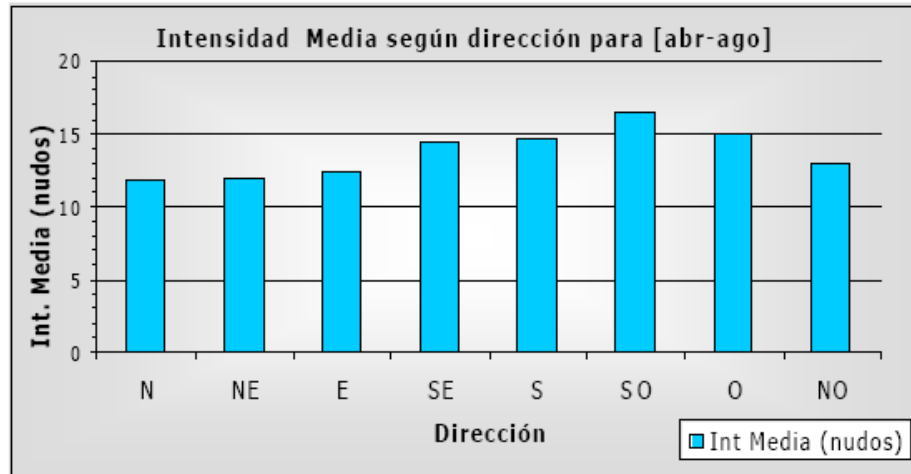


Figura 5.5 Pontón Recalada. Distribución de frecuencias de intensidad media de viento (período frío) 1967-2001 (Guerrero et al., 2002)



Figura 5.6 Pontón Recalada. Distribución de frecuencias de intensidad media del viento (período cálido). 1967-2001. (Guerrero et al., 2002)

La Figura 5.5 y la Figura 5.6 muestran que las intensidades medias máximas corresponden al SW con valores que superan los 8 m/s (16 nudos). Para el período cálido los vientos que soplan hacia el Río de la Plata desde el área oceánica (E, SE, S) son de mayor intensidad (hasta 7,5 m/s) que en el período frío. Lo opuesto ocurre con los vientos medios desde los sectores SW y W, que son más intensos en el período frío.

5.2.2 Estación Aeroparque (SMN)

La estación Aeroparque (10332) del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) se encuentra a unos 19 Km al NW del área de estudio.

En el presente estudio se ha evaluado una serie histórica de valores medios horarios de intensidad de viento de esa estación con una resolución direccional de 16 sectores. La serie abarca el período de 33 años comprendido entre el 1/1/1976 al 31/12/2008. La Tabla 5-1 muestra la cantidad de eventos en rangos de intensidad de 2,5 m/s y en 16 sectores direccionales.

Tabla 5-1 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	1835	1058	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 DATO 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. La Figura 5.7 es una representación polar de la frecuencia de intensidad de viento. Los vientos del sector E y ESE superan el 10% de frecuencia. Los vientos del NNE presentan una frecuencia de 7,5%.

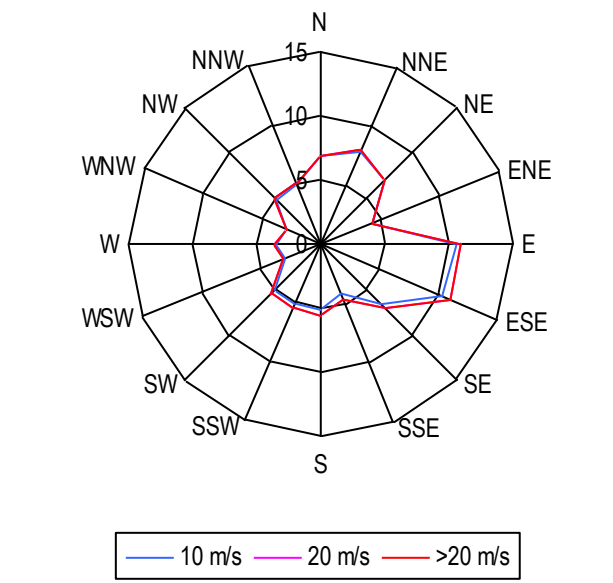


Figura 5.7 Estación Aeroparque 1976-2008 Frecuencia direccional de intensidad de viento

Los resultados que se muestran en la Figura 5.7. y la Tabla 5-1. 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.

5.2.3 Vientos máximos anuales

La Tabla 5-2 indica los máximos anuales por dirección y absolutos registrados en la estación Aeroparque en el período 1976-2008.

Tabla 5-2 Estación Aeroparque 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	12.9	12.3	12.3	13.4	13.4	11.8	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
σ	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 5.8 indica, para cada sector direccional, el valor promedio (en el período de 33 años) de las velocidades máximas anuales, y el máximo absoluto registrado.

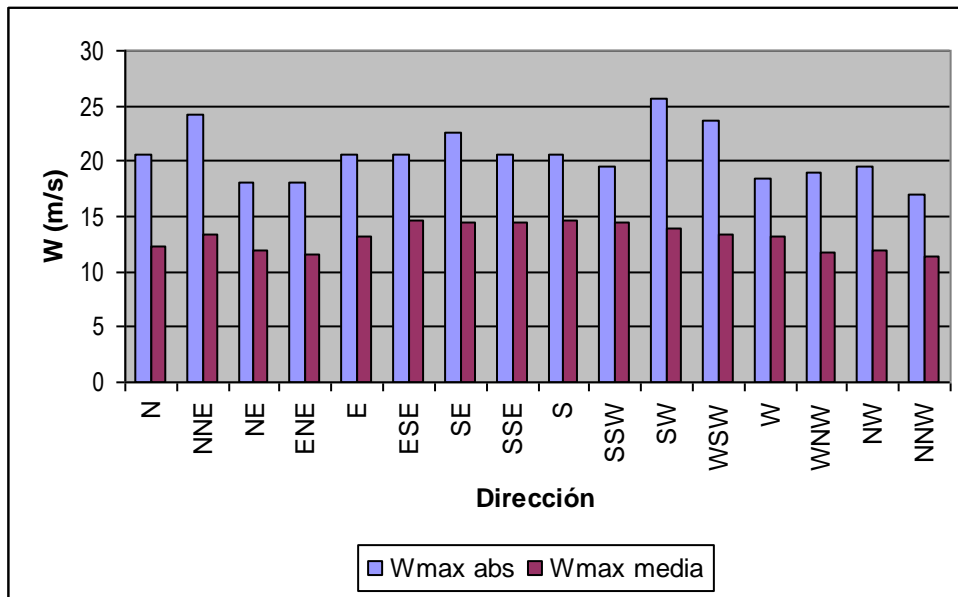


Figura 5.8 Estación Aeroparque (1976-2008). Intensidad del viento máxima anual

La Figura 5.8 conjuntamente con la Tabla 5-2 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).

5.2.4 Vientos extremos probables

Se utilizaron distintas funciones de ajuste para el análisis de valores extremos de la intensidad del viento:

Gumbel $F(x) = \exp(-\exp(-\alpha(x - \beta)))$ [5.1]

Weibull $F(x) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{x - \varepsilon}{\alpha}\right)^c\right)$ [5.2]

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 establecidos los parámetros de 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 F .

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.

5.2.5 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 5-2, se aplicaron algoritmos numéricos basados en el método de máxima verosimilitud. En la Tabla 5-3 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 5-3 Parámetros de ajuste para las funciones de valores extremos

SECTOR	FUNCIÓN	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 5-4

Tabla 5-4 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 5-4 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.

5.3 Nivel del río

5.3.1 Marea astronómica

En el Río de la Plata penetran las ondas de marea procedentes del Océano Atlántico. Durante su propagación se ven alteradas por diversos factores entre los que se señalan: la fricción del fondo, la forma y topografía del estuario y la descarga de los ríos Paraná y Uruguay.

El régimen de la marea astronómica en el río de la Plata es de tipo micromareal (pocas decenas de centímetros de amplitud) con desigualdades diurnas y grandes diferencias entre pleamares o bajamares consecutivas (Giordano, 2004). La componente astronómica semidiurna lunar M_2 representa más del 65% de la energía presente en la marea. La onda de marea se propaga de Sur a Norte sobre la plataforma continental argentina con amplitudes que aumentan hacia la costa y disminuyen hacia el Río de la Plata Interior.

En el curso superior del río las amplitudes resultan de aproximadamente 0.8 m. Alcanzan a 1 m sobre la costa bonaerense pero solamente un tercio de este valor en la costa uruguaya. Las ondas de marea oceánicas llegan al Río de la Plata con una velocidad aproximada de 200 Km/h y se propagan en su interior con una velocidad media de 30 Km/h, tomándole aproximadamente 12 horas propagarse desde un extremo al otro del río.

La Figura 5.9 y la Tabla 5-5 muestran las características del régimen de las mareas indicado (Puerto de Buenos Aires, Dársena F, $34^{\circ} 34' S$; $58^{\circ} 23' W$).

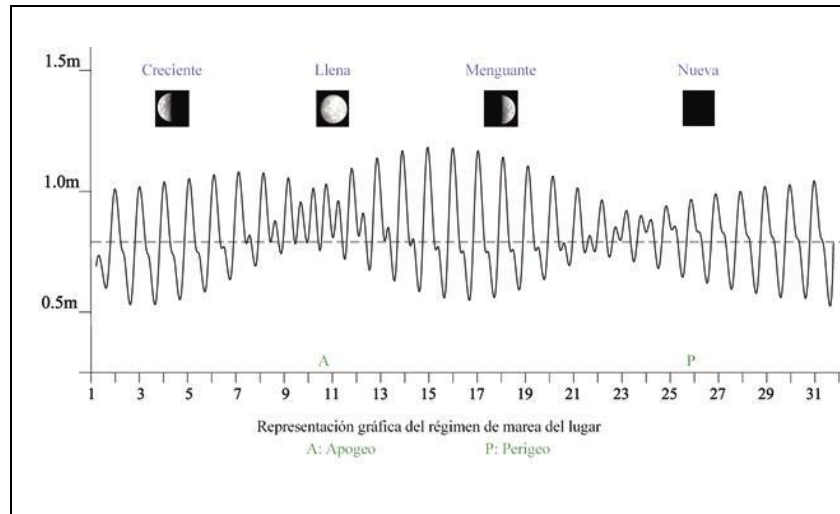


Figura 5.9 Marea astronómica en Buenos Aires (Dársena F)

El nivel medio es de 0,79 m sobre el plano de referencia, coincidente éste con el cero del Riachuelo, coincidente con el 0 MOP.

Tabla 5-5 Marea Astronómica en el Puerto de Buenos Aires

Alturas en metros sobre el plano de reducción				Amplitud	
Pleamar		Bajamar			
Máxima	Media	Más baja	Media	Máxima	Media
1,55	1,07	0,19	0,48	1,04	0,59

Las máximas pleamares astronómicas alcanzan 1,55 m sobre el plano de referencia y las medias 1.0 m. La bajamar media astronómica es de 0,48 m sobre el plano de referencia y la más baja de 0,19. (Tabla 5-5, Predicción 2009)

5.3.2 Marea meteorológica

Los efectos meteorológicos son muy importantes (especialmente en el Río de la Plata Superior) y se manifiestan a través de la acción del viento y de la variación de la presión atmosférica sobre los niveles líquidos. En el estuario del Río de la Plata los vientos alineados con su eje principal aumentan notablemente el nivel de agua por sobre los valores de la marea astronómica cuando soplan hacia el interior.

Este fenómeno (sudestada) es una situación meteorológica en la que la acción combinada de un sistema de alta presión cerca de las costas patagónicas y una depresión en el sudeste de Uruguay o sur del Litoral argentino, dan lugar a la penetración de aire húmedo y muy frío desde el sudeste. Cuanto mayor es la diferencia de presión entre ambos sistemas, más intensos son los vientos. Estos vientos generan un efecto de fricción sobre el estuario, el cual actúa como una pared en la boca del Río de la Plata, impidiendo el desagüe natural las aguas provenientes de la cuenca Uruguay-Paraná-Plata, y el consiguiente incremento del nivel del río.

Se ha estimado (Balay, 1961) una incidencia de 6.4 cm por cada m/s de velocidad del viento para la dirección SSE (válido para vientos de 5 a 24 m/s). Es decir un viento de 80 Km/h (22.2 m/s) de esa dirección incrementa en promedio 1.50 m el nivel normal del río. Contrariamente y según la misma referencia, los vientos del N reducen los niveles normales del río, y vientos de esa dirección de 80 Km/h inducen reducciones medias del orden del 1 m.

La “marea meteorológica” convierte el del río en un parámetro estocástico (en lugar de un parámetro determinístico, como sería el caso si la acción de la marea astronómica fuera claramente preponderante), para cuya caracterización es necesario recurrir, entonces, a estadísticas sobre los registros disponibles.

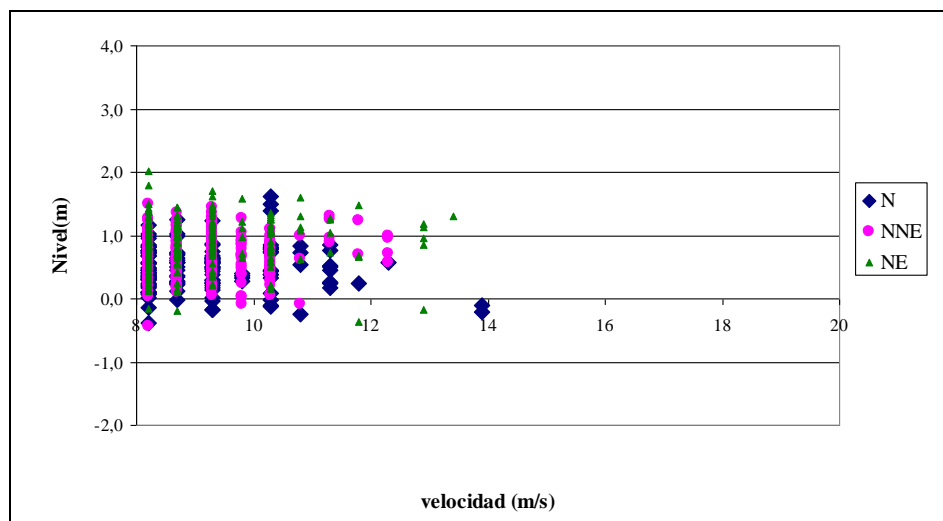
La importancia de los efectos meteorológicos es evidente si se considera que el nivel del río resulta afectado por efectos meteorológicos durante un 88% del tiempo, repartiéndose por partes iguales los períodos de sobreelevación y los de depresión respecto de la marea astronómica. Sólo el 12 % del tiempo (coincidente con los períodos de calma de vientos) los niveles del río se ajustan a los valores astronómicos.

Se dispuso de mediciones realizadas por la DNCPyVN en el mareógrafo del Riachuelo. Cabe señalar que los niveles registrados incluyen tanto la acción de la marea astronómica como de la meteorológica y están referidos al cero del Riachuelo (0 MOP). El período de medición más extenso disponible corresponde al período comprendido entre 1905 y 1990. En el **Anexo I** se muestra un listado de los valores máximos anuales de ese registro en el período indicado.

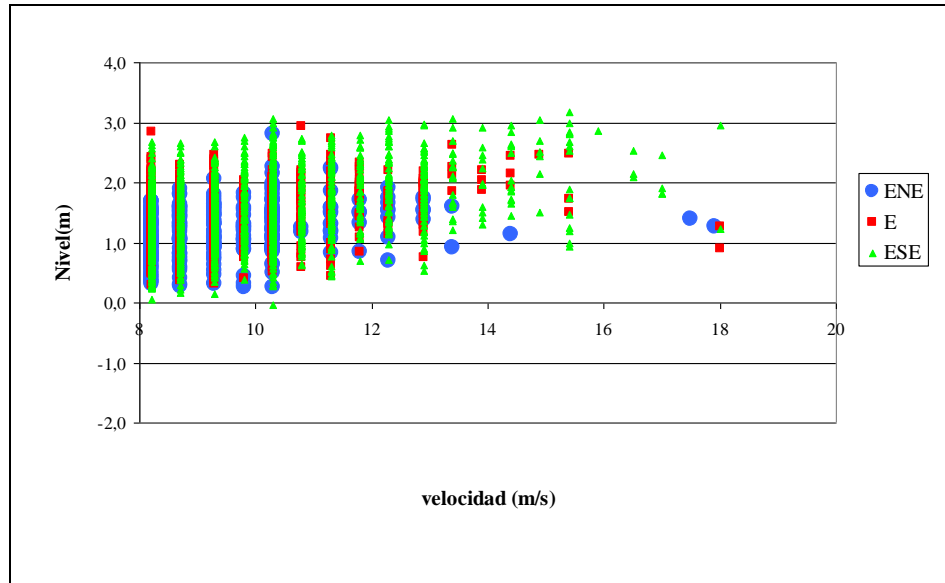
A los efectos del presente estudio, y con el propósito de analizar la relación entre las características del viento y su afectación al nivel del río, se evaluaron registros del nivel del río de la estación Meteorológica Palermo del Servicio de Hidrografía Naval que abarca el período 1990 – 1999, con datos horarios, conjuntamente con el registro de vientos de la Estación Aeroparque del Servicio Meteorológico Nacional para la misma fecha y con la misma frecuencia de medición.

En la Figura 5.10 a Figura 5.15 se presenta una correlación entre a intensidad del viento y los niveles del río para distintos sectores direccionales. Del análisis de los valores registrados se observa que los niveles que exceden los 2 m (MOP) corresponden a intensidades del viento superiores a 8 m/s (29 Km/h) desde los sectores ESE, SE y SSE. Debe recordarse que la máxima pleamar astronómica es +1,55 m y la pleamar media astronómica +1,07 m (Tabla 5-5)

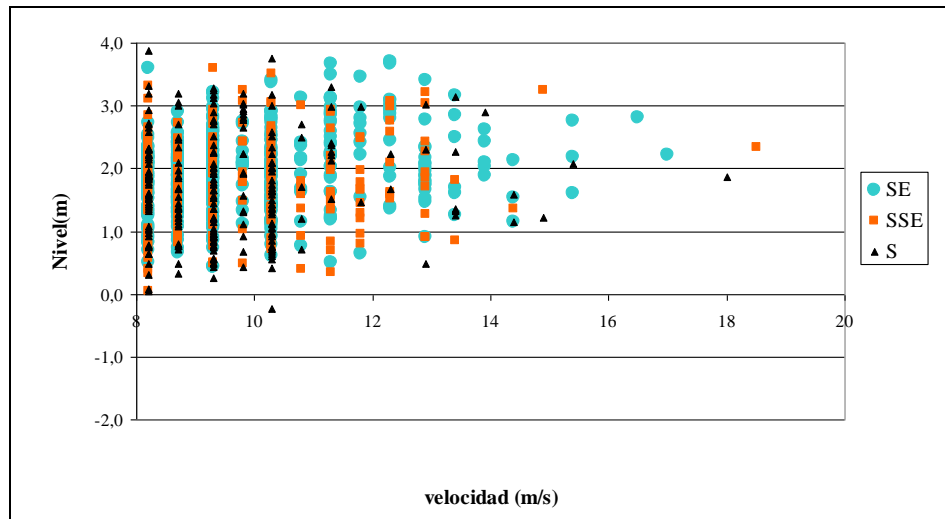
Por otra parte, los vientos con direcciones opuestas a las anteriores provocan un efecto contrario al anterior sobre el nivel del río, con bajantes importantes llegando a los -2m (MOP) en algunos escenarios con vientos fuertes del sector WNW, W y WSW .



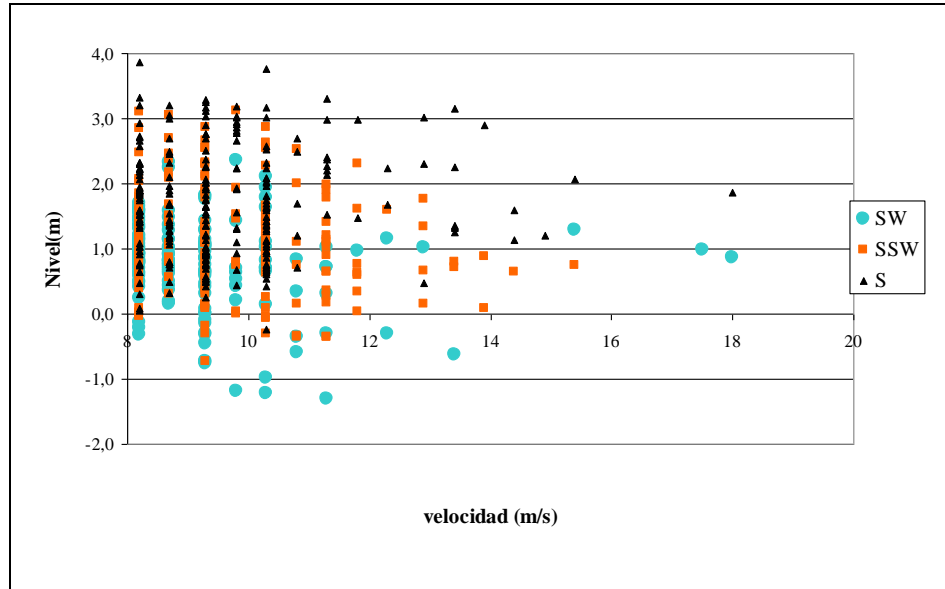
**Figura 5.10 Nivel del río en función de la intensidad del viento.
Período 1990 – 1999**



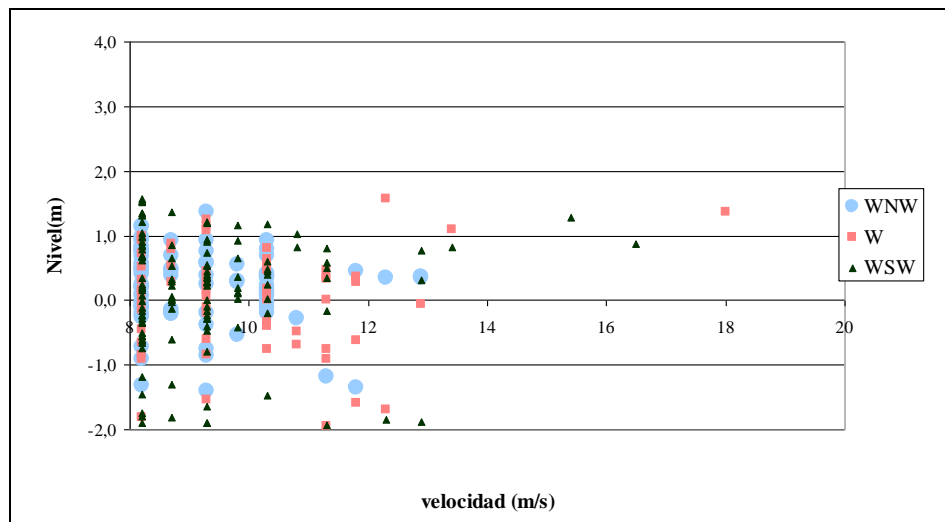
**Figura 5.11 Nivel del río en función de la intensidad del viento.
Período 1990 - 1999**



**Figura 5.12. Nivel del río en función de la intensidad del viento.
Período 1990 – 1999**



**Figura 5.13. Nivel del río en función de la intensidad del viento.
Período 1990 - 1999**



**Figura 5.14. Nivel del río en función de la intensidad del viento.
Período 1990 – 1999**

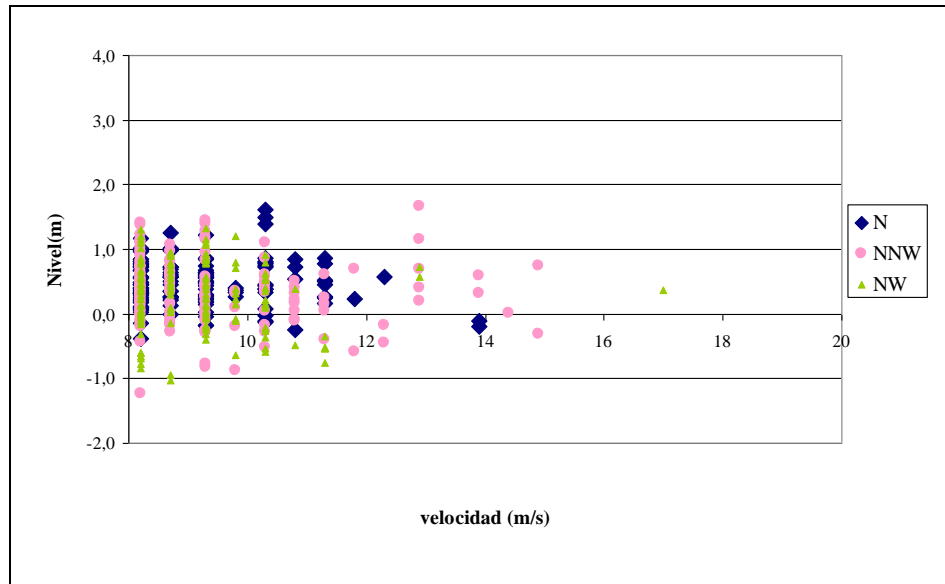


Figura 5.15. Nivel del río en función de la Intensidad del viento.

Período 1990 - 1999

Cabe señalar que el otro factor que influye notablemente en la elevación del nivel por efecto meteorológico es la duración del viento. Ré (2005) analizó el efecto de la duración del temporal en la elevación del nivel del río en cuatro sudestadas registrados en el período 1950 – 2002. Los resultados de ese análisis se indican a continuación:

- a) Sudestada del 12/11/1989

Se presentaron vientos con intensidad creciente desde el cuadrante SSE, desde el día 11/11/1989. En el día 12/11/1989 los vientos son mayores a 10m/s (36 Km/h) durante todo el día provocando la elevación del nivel de río hasta los 4m.

- b) Sudestada del 07/02/1993

La dirección del viento fue predominante de los cuadrantes SE y SSE, con intensidades superiores a 8 m/s (29Km/h) llegando hasta los 12 a 14m/s (50 Km/h). La persistencia de esta condición fue del orden de las 30hs.

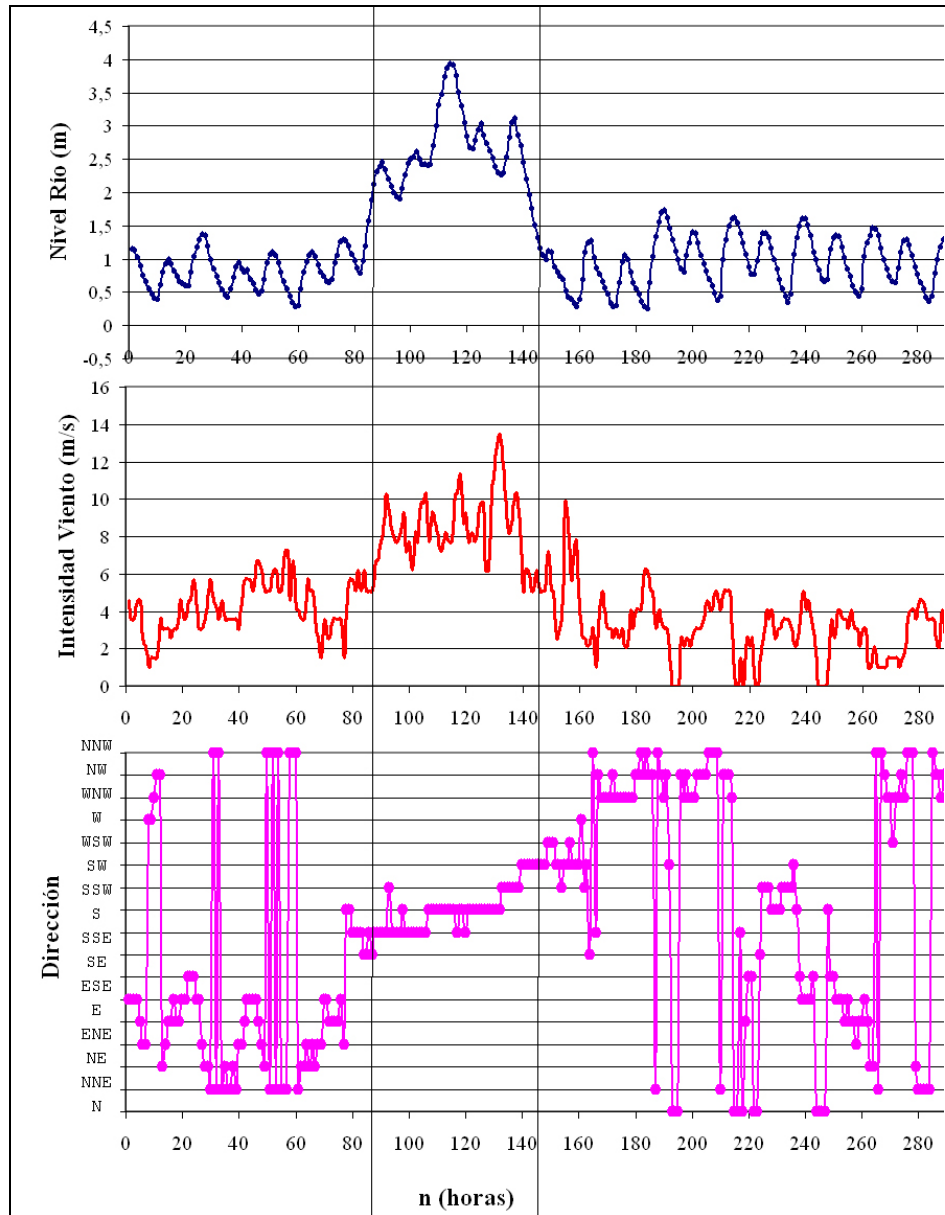
- c) Sudestada del 16/05/2000

El día 15/05/2000 la dirección del viento fue E y ESE con una intensidad promedio de 10 m/s. El día 16/05/2000 la intensidad aumenta a 10 m/s hasta los 18 m/s (65km/h) con una dirección ESE y rotando hacia el SE. Luego el día 17/05/2000 el viento sigue rotando hacia el Sur y la intensidad decrece rápidamente a 5 m/s.

d) Sudestada del 26/06/1999

Se presentaron vientos del cuadrante ESE-SE rotando al SE-SSE con intensidades superiores a los 8 a 10m/s con picos de 14m/s. La persistencia de esta condición fue de 24 hs aproximadamente.

En la Figura 5.16 se presenta una de las sudestadas analizadas (07/02/1993).



**Figura 5.16 Nivel del río, intensidad y dirección del río en función del tiempo
 (Sudestada del 07/02/1993)**

En cuanto a los vientos extremos de las direcciones E y SSE, según los registros analizados (período 1970 - 2009) de la intensidad y dirección del viento se observó que valores superiores a 18 m/s corresponden a valores de corta duración en relación con la duración total de las sudestadas, las cuales presentan promedios de 10 m/s aproximadamente.

Por otra parte, para los vientos extremos de la dirección NNE se analizaron dos casos. El primero corresponde al 26/11/1986. Allí se observa que los vientos son predominantes del sector N – NE con intensidades del orden de los 10 m/s. Luego de 10 horas se llega a los 21,6 m/s (78 Km/h), el cual persiste por 1 hora. Para esta condición se estima que el nivel del río no fue afectado, con lo cual no pudo haber superado los +2m (MOP), cota correspondiente a la pleamar máxima.

Una situación similar se presentó el 15/02/1987, en donde los vientos tuvieron dirección NE con intensidad promedio de 10 m/s durante 5 hs aproximadamente. Luego la intensidad aumenta con una dirección NNE, presentado un valor máximo de 24.2 m/s (87 Km/h). Es decir, debido a la persistencia del sector NE-N y los fuertes vientos se estima que el nivel del río no supera los +2m (MOP).

Lo expuesto indica el rol decisivo que juega la dirección en que sopla el viento sobre el estuario del Río de la Plata, en lo que respecta a la sustancial modificación que esto produce sobre los niveles del río, situación que debe ser tenida en cuenta para caracterizar escenarios extremos en el cómputo de la generación de oleaje.

5.3.3 Persistencia de niveles

El análisis de la frecuencia de superación de determinados niveles del río se realizó a partir de datos horarios de 10 años correspondientes a la estación Palermo en el período 1990-1999. El análisis estadístico se realizó en rangos de clase de 0,20 m.

Para el análisis estacional se ha considerado como verano los meses de diciembre, enero y febrero, otoño el trimestre constituido por marzo, abril, y mayo; los meses de junio, julio y agosto se consideraron representativos del invierno, y septiembre, octubre y noviembre de la primavera.

En la Figura 5.17 se presentan las curvas de probabilidad de niveles, por estación. Puede observarse que el valor más frecuente se halla en el entorno de 0,90 a 1,00 m, correspondiente al nivel medio. Los niveles altos del río (por encima del nivel medio) son menos frecuentes en invierno que en el resto de las estaciones, y particularmente que en el verano.

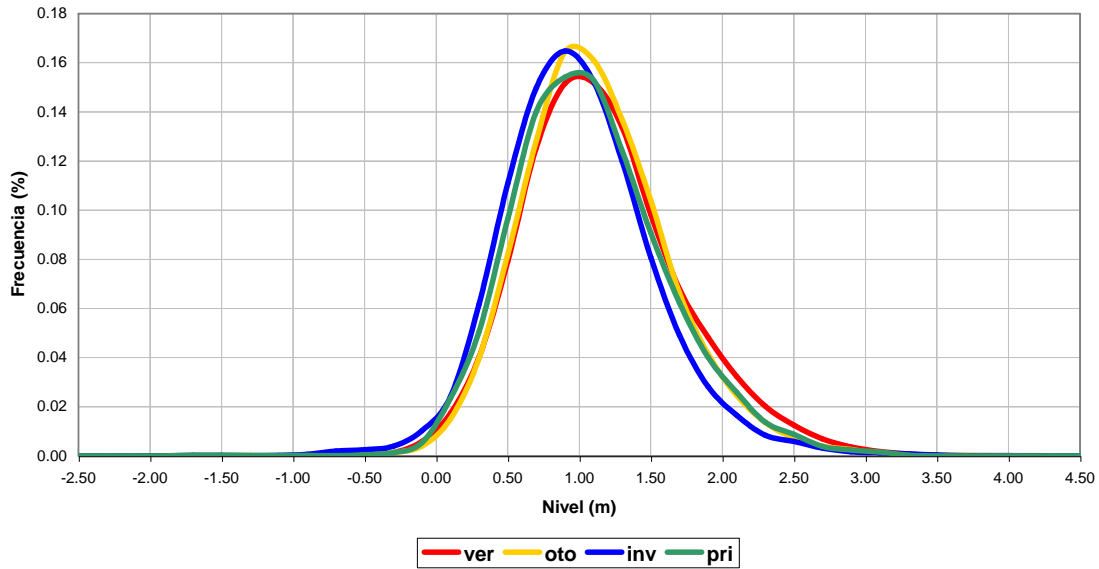


Figura 5.17 Frecuencia de Niveles Buenos Aires - 1990/1999 – SHN

La Figura 5.18 muestra la misma información pero indica frecuencia de excedencia del nivel del río indicada en la abcisa. Las diferencias estacionales vuelven a ser notables: particularmente los niveles de río entre 0,50m y 2,00 m son hasta 10% más frecuentes en verano que en invierno.

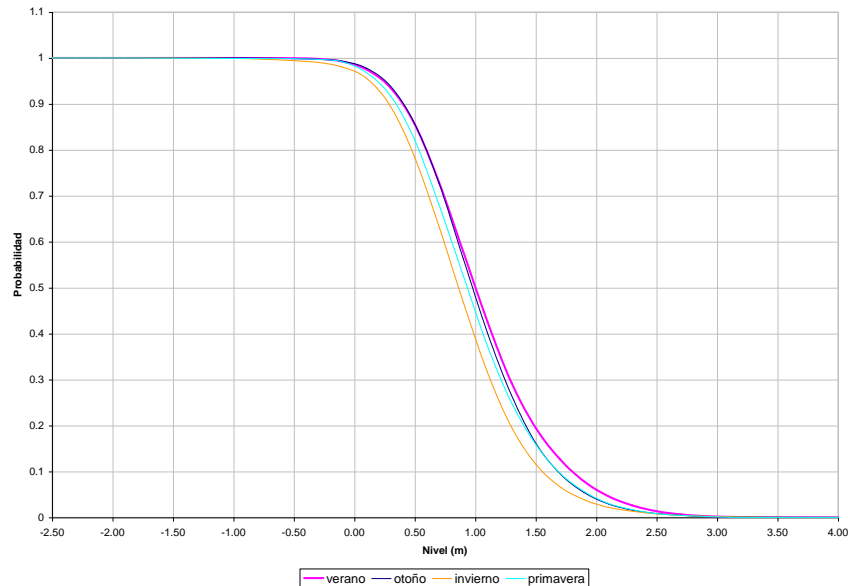


Figura 5.18 Puerto de Buenos Aires Probabilidad de excedencia de niveles

5.3.4 Niveles extremos probables

El propósito de este análisis es la determinación de valores de niveles máximos del Río de la Plata asociados a distintos períodos de recurrencia. Dichos valores son necesarios para la estimación tanto de la ola de diseño (puesto que ésta depende de la profundidad del río en la zona de interés) como del caudal de sobrepaso por sobre las obras de defensa, inducido por el oleaje incidente.

Los datos utilizados en el análisis de extremos corresponden a niveles máximos anuales para el Río de la Plata registrados por la DNCPyVN en el puerto de Buenos Aires en el período 1905-1990. El plano de referencia para estas series es el cero del Riachuelo (equivalente al 0 MOP).

También se utilizaron resultados de un análisis realizado sobre datos en la estación Palermo para evaluar frecuencia de superación de niveles de forma anual y estacional (Re, 2003). La serie de datos obtenida de los registros es considerada como una muestra acotada de una población donde la

probabilidad de ocurrencia de un evento, en este caso que el nivel del río alcance un cierto valor x_1 , se describe por medio de una función de distribución de probabilidades $F(x)$ determinada.

De las distintas funciones $F(x)$ utilizadas habitualmente para el análisis de valores extremos, se seleccionaron para este estudio las siguientes:

Gumbel $F(x) = \exp(-\exp(-\alpha(x - u)))$

Lognormal III $F(x) = \int_{-\infty}^x \frac{1}{\sqrt{2\pi}a(x-m)} \exp(-\frac{1}{2}(\frac{\log(x-m)-b}{a})^2) dx$

Pearson III $F(x) = \int_{-\infty}^x \frac{(\frac{x-c}{a})^{b-1}}{|a|\Gamma(b)} \exp(-\frac{x-c}{a}) dx$

Weibull $F(x) = 1 - \exp(-(\frac{x-\xi}{\alpha})^c)$

Para el ajuste de los datos a una función determinada se realiza la estimación de los parámetros de la misma utilizando distintos algoritmos numéricos basados en el método de los momentos y el método de máxima verosimilitud, y verificando la bondad del ajuste mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Las series de niveles máximos del Río de la Plata registrados en el puerto de Buenos Aires (86 datos) fueron ajustadas por tres funciones de distribución diferentes: Gumbel, Lognormal III y Pearson III. El valor estimado para los parámetros de cada función, obtenidos como resultado del procedimiento de ajuste, junto con el resultado de la prueba de Kolmogorov-Smirnov que permite evaluar en cada caso la calidad del ajuste, son presentados en la Tabla 5-6.

Tabla 5-6 Resultados del ajuste para valores máximos en el puerto de Buenos Aires

Buenos Aires 1905-1990	Gumbel	Lognormal III	Pearson III
Parámetros estimados	$\alpha=3.8677$ $u=2.9223$	$a=-0.4485$ $b=0.4588$ $m=2.3657$	$a=0.1398$ $b=4.9712$ $c=2.3657$
Estadístico D_{max}	0.0928	<u>0.0756</u>	0.1042
Resultado del test $\alpha=0.05$	Acepta H_0	Acepta H_0	Acepta H_0

Estos resultados señalan que las tres funciones propuestas pueden ajustarse a los datos observados en ambas series para un nivel de significación de $\alpha=0.05$. No obstante se decidió utilizar la función Lognormal III debido a que ésta es la que mostró un mejor ajuste en la serie registrada en el puerto de Buenos Aires, la cual cuenta con un total de 86 datos. Los valores estimados para las distintas recurrencias se encuentran en la Tabla 5-7.

Tabla 5-7 Niveles máximos probables

Período de retorno T_R (años)	Nivel máximo (m)
2	3.00
5	3.30
10	3.50
20	3.70
50	3.96
100	4.17

5.4 Clima de Olas

La mejor manera de estimar las condiciones de oleaje en una posición es la medición directa. Sin embargo las dificultades técnicas y económicas para su realización hacen que en el Río de la Plata resulten escasas; las pocas mediciones disponibles se han realizado con referencia a las vías navegables, y en su mayoría son de duración limitada.

El conocimiento adquirido respecto de los procesos de transferencia de energía del viento a la superficie del agua ha permitido formular modelos matemáticos para describir el desarrollo del oleaje por efecto del viento.

Especialmente en el Río de la Plata Medio y Superior, por el hecho de tratarse de aguas confinadas para casi todas las direcciones de acción del viento, la generación de olas por vientos locales es en la práctica el mecanismo dominante en cuanto al oleaje presente. Las olas oceánicas que llegan a la desembocadura del Río de la Plata se disipan rápidamente a medida que se propagan hacia el interior debido a las muy bajas profundidades del río.

Así la modelación matemática basada en series más o menos extensas de vientos registrados en la región constituye una herramienta poderosa en la determinación de las características del oleaje en el área.

En la zona interior del río de la Plata (Canal Mitre y Puerto de Buenos Aires), las olas más frecuentes son de 0,20 a 0,60 m, *la máxima altura anual del orden de 1 m y los períodos característicos de 2,5 a 3 segundos.*

El área costera de la ciudad de Buenos Aires resulta expuesta principalmente a olas generadas por vientos de los sectores N, NE y E, resultando, por su orientación, protegida de las olas más intensas que se propagan desde el SE. En las direcciones N y NE la distancia de generación es relativamente corta debido a la presencia cercana de la costa uruguaya. La dirección E es la que presenta no sólo la mayor distancia de generación con respecto al sitio de emplazamiento de las obras, sino las mayores profundidades, y es consecuentemente la dirección en que se espera que ocurran las olas más altas para la posición estudiada.

En las proximidades del Puerto de Buenos Aires entre agosto de 1985 y febrero de 1986 el INCYTH (Molinari, 1986) instaló un olígrafo a 3 Km de la costa, en un punto ubicado entre los canal de acceso Norte y Sur. El estudio mostró (Figura 5.19) que el 50% de las olas son menores que 0,45 m y sólo el 10% superaron lo 0,75 m.

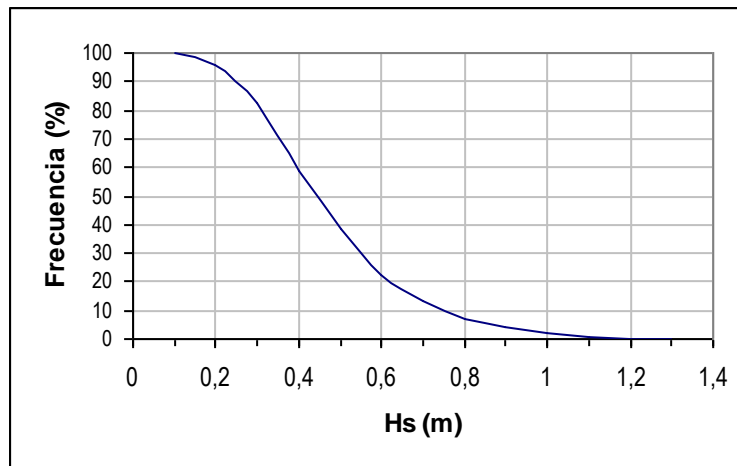


Figura 5.19 Frecuencia acumulativa de altura de ola significativa

Como parte del mismo estudio se aplicó un modelo matemático de generación de olas para la descripción estadística del clima de olas extremas. Se consideraron situaciones de viento de intensidad mayor a 35 Km/h y de 5 hs de duración, ocurridos en el período 1969 – 1978 y provistos por el SMN. La marea adoptada para el cálculo fue la pleamar de sicigia media. Como resultados de este estudio se concluyó que para una misma intensidad del viento la altura de ola significativa es mayor cuando el viento proviene desde las direcciones NE, E, ESE y SE.

Los resultados del análisis efectuado se muestran en la Tabla 5-8, en la que μ es el promedio aritmético y σ es el desvío standard de la muestra de valores extremos. Se seleccionaron los valores extremos excedentes totales y según cada dirección de propagación.

Tabla 5-8 Altura de olas significativas frente al Puerto de Buenos Aires

T retorno (años)	Dirección de propagación							
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE
2	0.78	0.75	0.75	0.97	1.29	1.27	1.36	1.36
5	0.83	0.83	1.02	1.08	1.82	1.44	1.85	1.86
10	0.86	0.89	1.19	1.15	2.18	1.56	2.2	2.2
15	0.88	0.92	1.29	1.18	2.37	1.62	2.39	2.39
20	0.90	0.94	1.36	1.21	2.51	1.67	2.52	2.52
25	0.91	0.96	1.41	1.23	2.62	1.71	2.62	2.62
30	0.92	0.97	1.46	1.25	2.71	1.73	2.71	2.71
35	0.92	0.98	1.5	1.26	2.78	1.75	2.78	2.78
50	0.94	1.01	1.58	1.30	2.95	1.81	2.94	2.94
100	0.97	1.06	1.74	1.36	3.28	1.92	3.25	3.25
μ	0.788	0.764	0.801	0.992	1.391	1.302	1.45	1.449
σ	0.058	0.094	0.108	0.117	0.601	0.196	0.574	0.573

De la serie de excedencias (Tabla 5-8) puede observarse que para un período de recurrencia de 20 años, la máxima altura de ola es de 0.90 m proveniente de la dirección NE, y resulta de 1.21 m en la dirección ENE, 2.51 m en la dirección E, 1.67 m en la dirección ESE, 2.52 m en la dirección SE, 2.52 m en la dirección SSE y 3.04 m considerando el total de las excedencias.

Puede notarse que, para la dirección E y un período de retorno de 25 años, la altura de ola probable es del orden de 2,60 m en esta ubicación. Al evaluar el significado de estos resultados debe tenerse en cuenta que la posición analizada se encuentra a unos 3 Km de la costa. La Consultora EIH (1985) realizó un estudio con relación al redragado del Canal Emilio Mitre. Como parte del mismo se estudió el clima de olas en el Km 14 del canal, distante unos 12 Km del Club Náutico Quilmes (Figura 5.20)

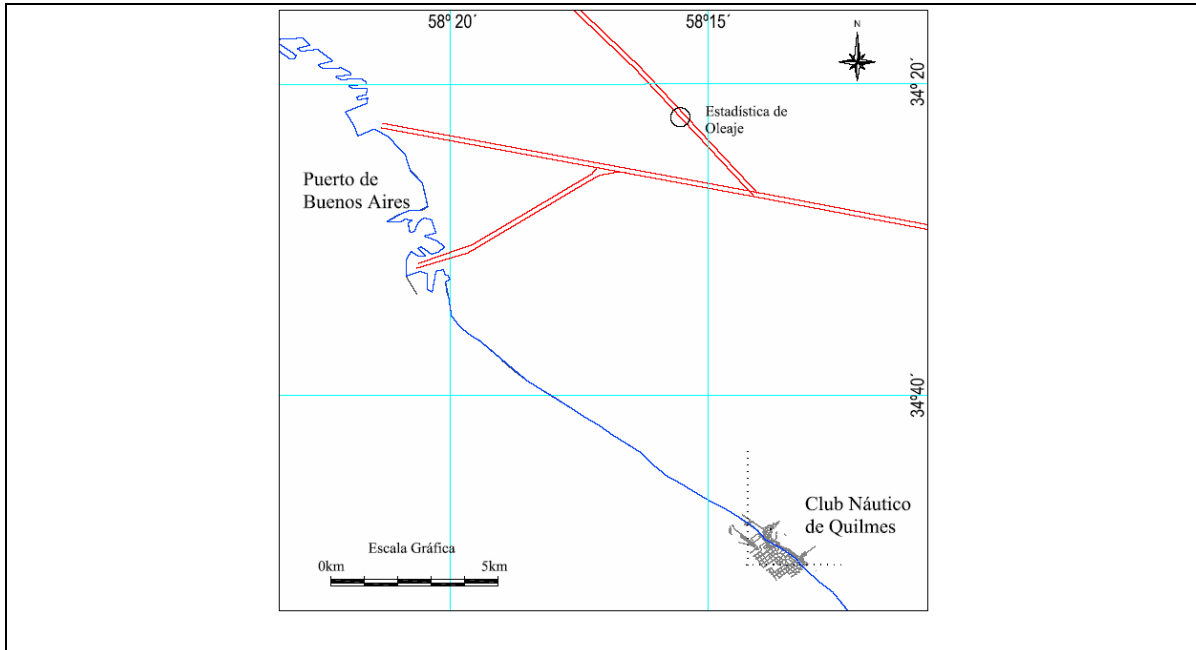


Figura 5.20 Canal Mitre y Canales de acceso Norte y Sur al Puewrto de Buenos Aires

Para el cálculo del oleaje se utilizó el método de pronóstico SMB para aguas poco profundas (CERC, 1984). Este método tiene en cuenta la limitación del desarrollo de las olas por la profundidad. Los datos de entrada utilizados en la modelación fueron el fetch efectivo y profundidad media dados por la Tabla 5-9

Tabla 5-9 Fetch y profundidad media para el cómputo de olas en Canal Mitre

Dirección	F (m)	h (m)
NW	31.8	3.4
N	44.8	3.4
NE	53	4.6
E	95.6	5.8
SE	71.5	5.6

Los datos de viento utilizados en el análisis corresponden al período 1961 – 1980 (20 años) de la estación Aeroparque de la Ciudad de Buenos Aires, del Servicio Meteorológico Nacional.

Los resultados se muestran en la Figura 5.21, en la cual se indican la frecuencia de excedencia de olas por dirección. Dado que la costa tiene una orientación NW – SE, no se han incorporado en la Figura más que las direcciones que resultan de interés para el área costera de Quilmes.

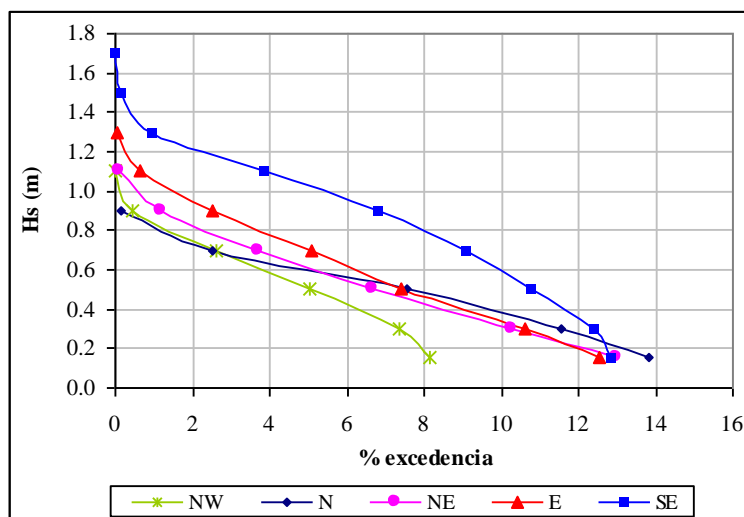


Figura 5.21 Frecuencia de excedencia de olas por dirección

En el gráfico se observa que las olas de mayor altura significativa y de mayor frecuencia corresponden a las olas del SE.

Si se considera la totalidad de las direcciones que pueden contribuir al área costera, resulta el gráfico de la Figura 5.22. El 50% de las olas son menores que 0,35 m y sólo el 10% supera los 0,90 m.

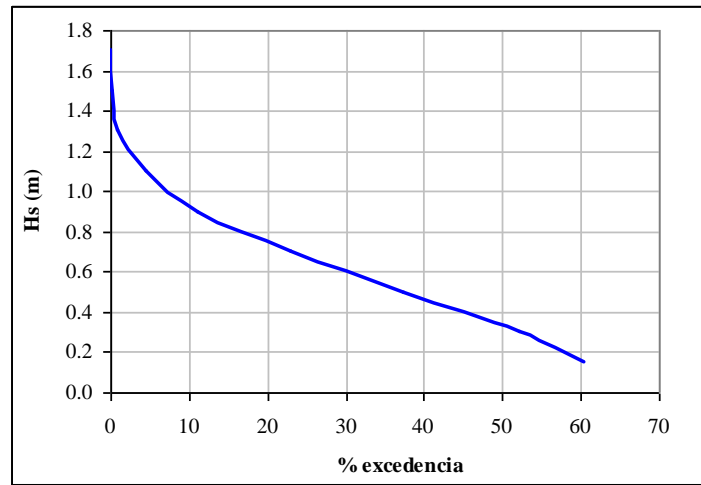


Figura 5.22 Frecuencia de excedencia total para las direcciones NW, N, NE, E y SE.

La comparación de la Figura 5.19 y la Figura 5.22. muestra una razonable coincidencia entre valores medidos y calculados. En la Tabla 5-10 se presenta la frecuencia de excedencia del oleaje para las direcciones NW, N, NE, E y SE. El período asociado a cada rango de altura de ola es un valor medio de todas las direcciones.

Tabla 5-10 Frecuencia de Excedencia del oleaje

Hs (m)	Ts (seg)	%
> 0.5	2.78	37.45
> 0.7	3.39	23.06
> 0.9	3.94	11.08
> 1.1	4.43	4.59
> 1.3	4.90	0.96
> 1.5	5.45	0.15
> 1.7	5.90	0.01

También la DNCPyVN (1978) en un estudio relativo al Canal Costanero Norte presenta la siguiente Tabla 5-11 de excedencia de oleaje.

Tabla 5-11 Altura de ola significativa en Canal Costanero

H s(m)	T(s)	Frecuencia (%)
1.16	2.30	1
0.86	2.50	5
0.72	2.70	10
0.61	2.8	20
0.49	2.9	30
0.37	3.0	40
0.31	3.1	50
0.15	3.7	60

Según lo indicado en la Tabla 5-11, en el área costera frente a la ciudad de Buenos Aires, el 50% de las olas son menores que 0,30 m y el 10% supera 0,72 m. Debe tenerse en cuenta que esta puede resultar un área más resguardada por su cercanía a la costa y por el efecto protector del Puerto de Buenos Aires.

En síntesis, de acuerdo a las fuentes de información consultada, puede decirse que los valores de altura de ola frecuente son razonablemente consistentes para todas las posiciones analizadas. En cambio cabe esperar que los valores poco frecuentes o extraordinarios muestren discrepancias según se trate de posiciones costeras o de aguas abiertas, ya que resultan afectados por la morfología de la línea costera y las profundidades locales.

En términos generales, los valores resultantes de este análisis son los que siguen:

- 50% superan los 0.30 a 0.40m
- 10% superan 0.7 a 0.9 m

- 5% superan valores del orden de 1 m
- 1% superan 1,2 a 1,3 m

Con respecto a los valores frecuentes de oleaje, y ante la falta de datos específicos, los valores recopilados podrían adoptarse en principio también para el área costera de Quilmes. En cambio, los valores extremos se han evaluado en el **Capítulo 5** mediante técnicas de modelación matemática.

5.5 Batimetría

Los procesos de generación y propagación de oleaje están influenciados por la profundidad local. La modelación matemática que se describe en el capítulo siguiente requiere de la construcción de un mapa digital del lecho del Río de la Plata. Para ello se utilizaron las siguientes cartas publicadas por el Servicio de Hidrografía Naval:

- Carta N° 50, Mar Argentino 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)

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

Se dispuso igualmente de un relevamiento local realizado por la Dirección Nacional de Vías Navegables de la Subsecretaría de Puertos y Vías Navegables, el 21 de enero de 2009. El relevamiento consistió en 22 secciones transversales orientadas perpendicularmente al eje del canal de acceso al Club Náutico de Quilmes, y un perfil longitudinal.

El plano producido por la Unidad Ejecutora del Proyecto de la Ribera de Quilmes se presenta en el **Anexo II** en proyección Gauss Kruger sistema Posgar 94. El plano de referencia altimétrico es coincidente con el 0 MOP (cero del Riachuelo)

Como puede apreciarse en las Figuras del **Anexo II** las secciones 1 a 12 abarcan exclusivamente el interior del canal de acceso, delimitado por las escolleras. El resto de las secciones se extiende algunas decenas de m hacia los laterales del canal, pero su extensión total es como mucho de unos 200 m.

Por lo expuesto fue necesario realizar interpolaciones considerables e incorporar la limitada información que en esta pequeña región presenta la Carta náutica H-116, a los efectos de permitir construir un mapa digital del lecho del río en el entorno del canal de acceso y frente costero con la suficiente resolución para servir a los efectos de la modelación numérica de detalle.

5.6 Calado del canal de acceso

El plano de referencia del relevamiento (**Anexo II**) es el 0 MOP (Cero del Riachuelo). Las secciones 6 y 7 del canal de acceso son las que indican menor profundidad en el perfil longitudinal y constituyen la limitante a la navegación en el canal. Sin embargo el eje del canal no corresponde a las profundidades máximas de las secciones indicadas, que en esas secciones podrían alcanzar según ese relevamiento profundidades bajo el plano de referencia de 1,30m.

Considerando la serie histórica del mareógrafo de Palermo 1990-1999 y una profundidad limitante en el canal de navegación de 1,30 m se construyó la curva de la Figura 5.23, en la que se indica el porcentaje de tiempo en que el calado indicado en el eje de abscisas está disponible.

En la misma Figura se ha graficado la curva correspondiente a una profundidad mínima de canal de 1,50 m bajo el 0. El gráfico denota que para una profundidad mínima del canal de 1,30 m bajo el 0, el 50% de el tiempo el canal dispone de un calado igual o mayor que 2,15 m. En la misma situación, un calado de al menos 2,90 m estaría disponible sólo el 10% del tiempo.

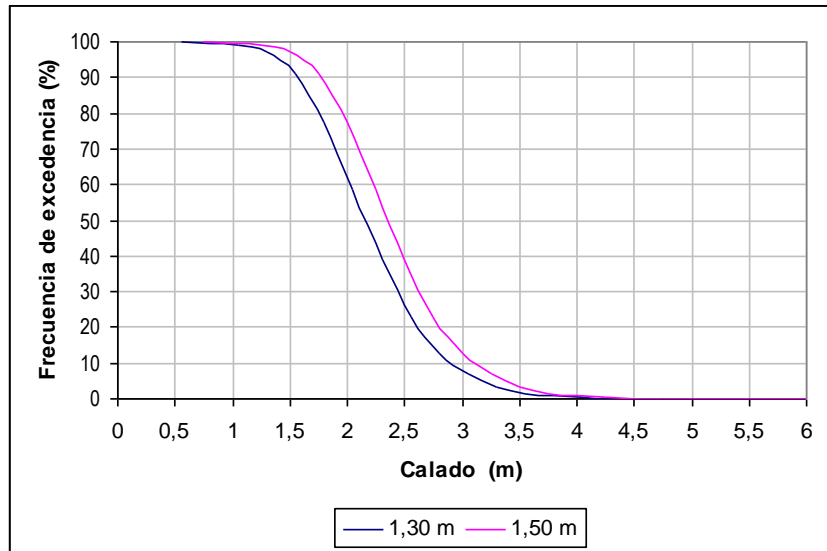


Figura 5.23 Frecuencia de excedencia de calado mínimo en el canal de navegación.

La Tabla 5-12 proporciona algunos valores de referencia que permiten comparar ambas situaciones.

De los valores presentados surge que un incremento de 0,20 m en la profundidad del canal en sus secciones menos profundas pueden incrementar entre 15 y 18% el tiempo en que el canal es navegable por embarcaciones de 2 a 2,50 m de calado.

Tabla 5-12 Porcentaje de tiempo para calado en el canal de navegación

calado (m)	Prof. Limitante (m)	
	1,3	1,5
1,5	90	97
2	59	77,6
2,5	24	39
3	7	12,8

6 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 III**.

Las olas que se presentan en el emplazamiento del proyecto están originadas en vientos locales que soplan particularmente desde los cuadrantes NE y 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 área del Club Náutico Quilmes.

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

Se determinaron las propiedades del oleaje para el nivel del río NM= +4 m que es un nivel extraordinario, y que puede considerarse asociado a vientos intensos soplando desde el SE.

6.1 Mapa digital

La información batimétrica utilizada en este estudio procede de las siguientes publicaciones del Servicio de Hidrografía Naval de la Armada Argentina (SHN). En el área del canal de acceso al club náutico Quilmes se utilizó el relevamiento batimétrico de la Dirección Nacional de Vías Navegables.

6.2 Implementación del modelo

El modelo se implementó sobre tres grillas de cálculo anidadas de resolución creciente, que se describen a continuación:

Malla 1: 245,5 Km x 194,0 Km; 499 nodos x 389 nodos; $\Delta x = \Delta y = 500$ m. (Cartas H-116 y Carta N° 50)

Malla 2: 78500 x 113000 m; 158 x 227 nodos; $\Delta x = \Delta y = 500$ m. (Carta H-118)

Malla 3: 6000 x 5000 m; 601 x 501 nodos; $\Delta x = \Delta y = 10$ m (Carta H-118 y relevamiento local)

La posición relativa de las tres mallas se muestra en la Figura 6.1. 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.

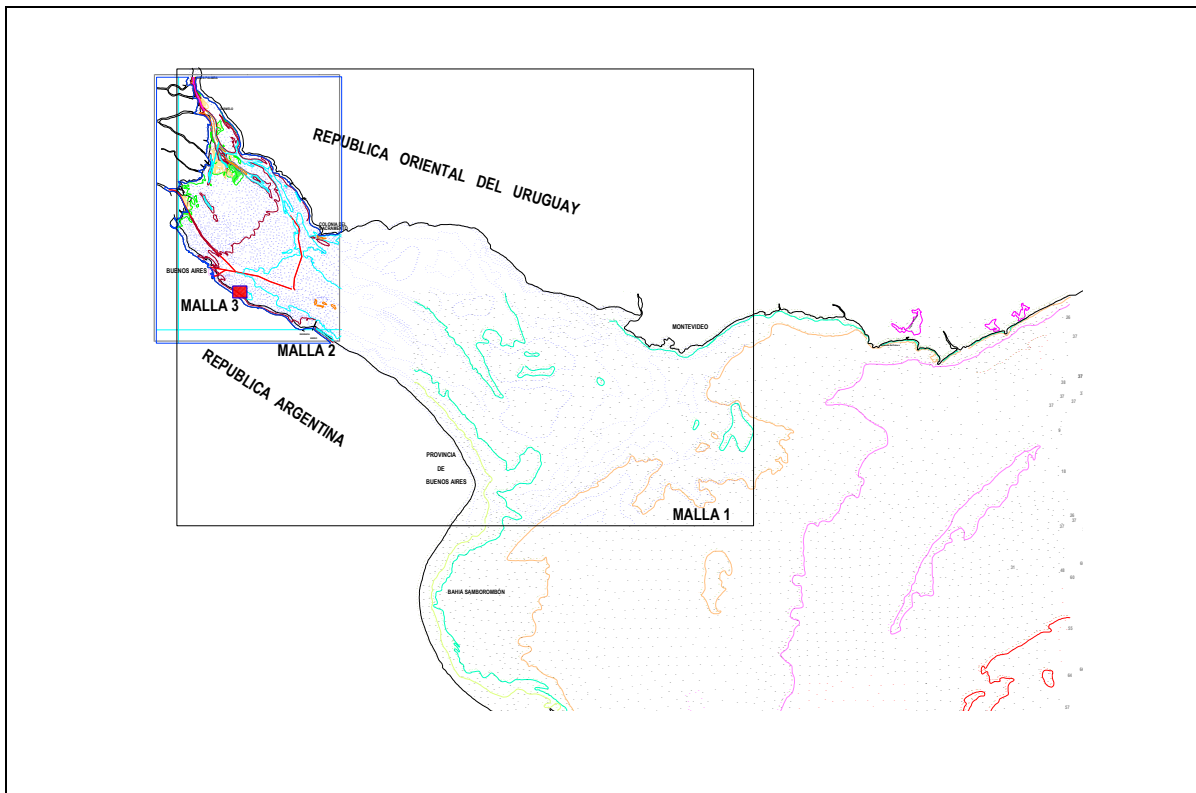


Figura 6.1 Ubicación relativa de las mallas de cálculo

La malla 3, la de mayor resolución, abarca una región limitada y centrada en el canal de navegación y las escolleras. La batimetría de detalle en esta región se indican en la Figura 6.2

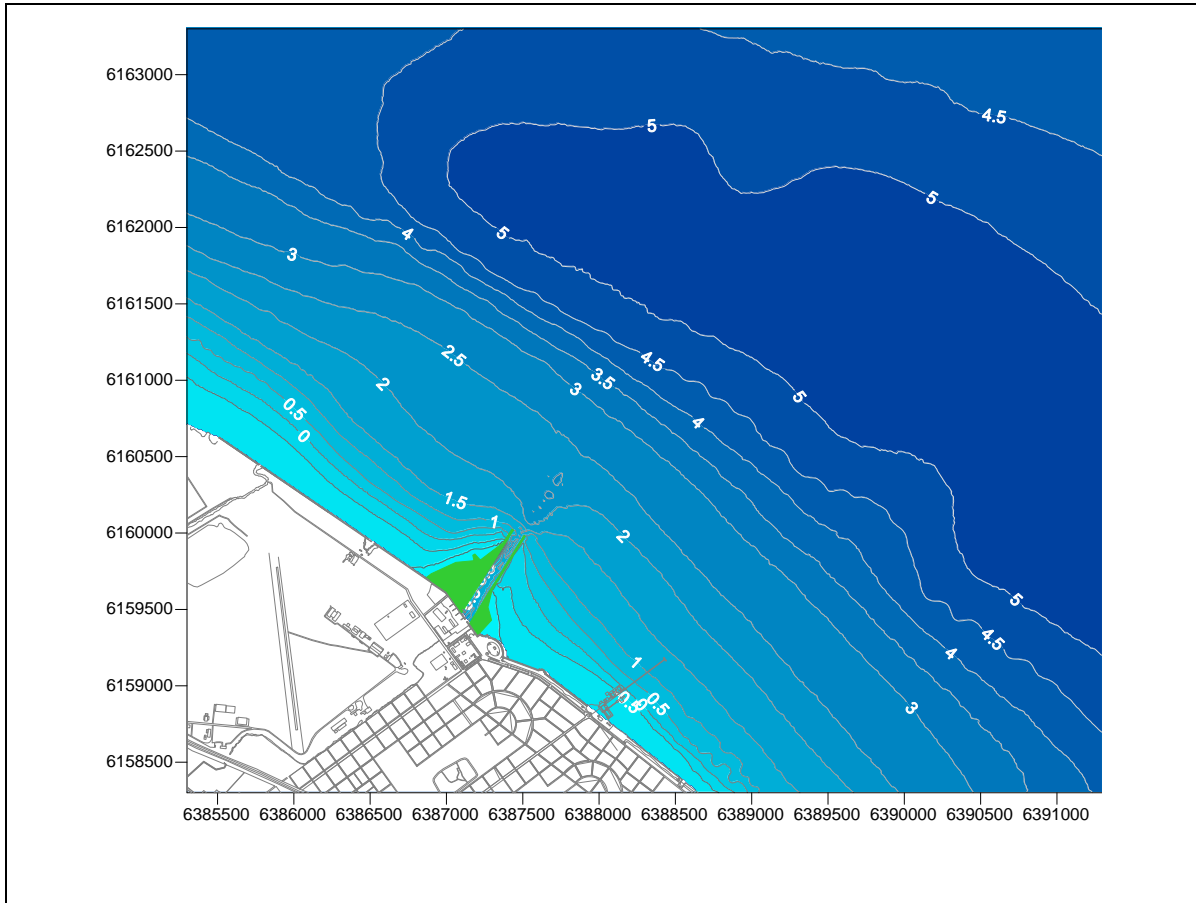


Figura 6.2 Batimetría en la malla de detalle (Malla 3)

6.3 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 indicados en la Tabla 5-4 determinados a partir de información del Servicio Meteorológico Nacional.

La probabilidad de encuentro p de un evento de período de retorno T_r en la vida útil L de una estructura puede ser estimada según Burcharth (1996) como sigue:

$$p = 1 - \exp\left(-\frac{L}{T_r}\right) \quad [6.1]$$

Esta expresión tiene en cuenta el carácter aleatorio de los eventos extremos en la vida útil de la estructura. Como período de retorno T_r se fijó en 100 años. Para una vida útil de 22 años la probabilidad de excedencia de la condición de diseño en la vida útil de la obra resulta 20% ($p=0,2$), valor compatible con la mayoría estructuras costeras y portuarias.

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. Los valores corresponden a los indicados en la Tabla 5-4. Como nivel del río se adoptaron los valores resultantes del análisis presentado en el **Capítulo 5**. Los escenarios modelados se indican en la Tabla 6-1.

Tabla 6-1 Escenarios de cálculo de oleaje ($T_r = 100$ años)

Escenario	Viento ($T_r=100$ años)		Nivel (m)
	dirección	W (m/s)	
1	N	20,1	2
2	NNE	25,9	2
3	NE	18,9	2
4	ENE	18,5	2
5	E	21,7	3
6	ESE	20,1	3,5
7	SE	24,0	4

6.4 Resultados

Los resultados para cada uno los siete escenarios modelados indicados en la Tabla 6-1 se presentan como isolíneas de altura significativa de olas sobre la totalidad del área abarcada por la malla 3 (6 Km x 5 Km). La Figura 6.3 muestra la distribución en el caso del Escenario 7, (viento SE, nivel

del río = + 4,0 m) que mostró ser el más desfavorable. El resto de los escenarios se presentan en las Figuras A IV-1 a A IV-6 del Anexo IV.

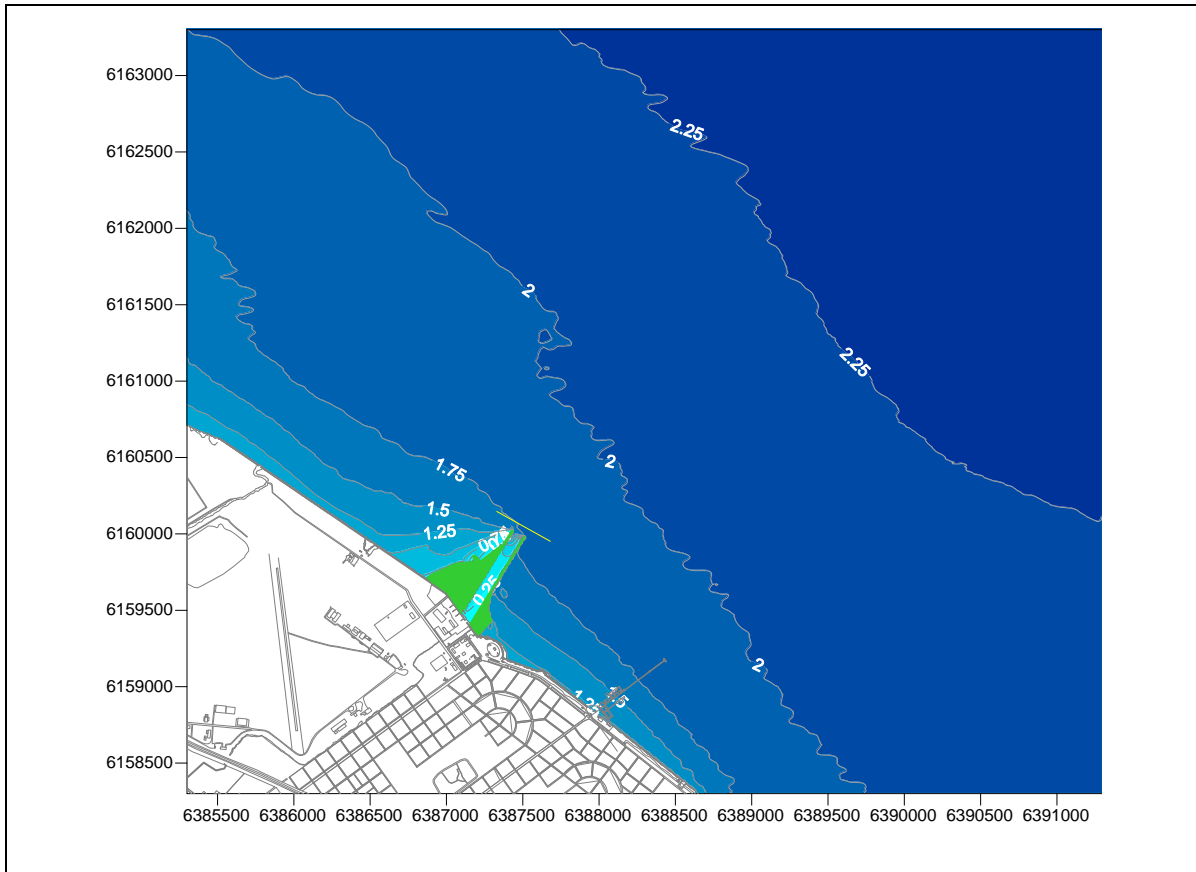


Figura 6.3 Distribución de altura de ola (Hs). Escenario 7.

Complementariamente se graficó la distribución de altura significativa sobre una sección transversal al canal de acceso, de 400 m de extensión, ubicada aproximadamente en la progresiva 780 sobre el eje mismo, a unos 50 m del extremo de las actuales escolleras. La progresiva 0 del gráfico corresponde al extremo NW del segmento, mientras que la progresiva 400 m corresponde al extremo SE.

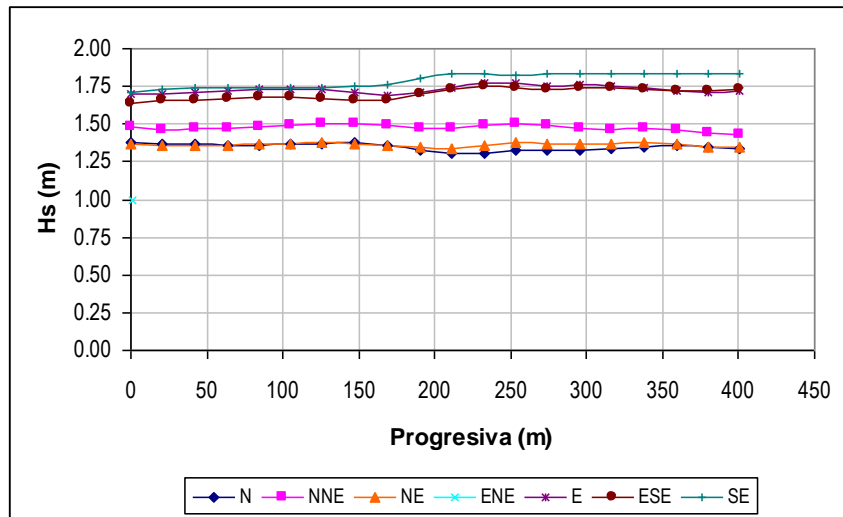


Figura 6.4 Distribución de Hs en el extremo del canal de acceso

La Figura 6.4 muestra la significativa influencia del nivel del río sobre los procesos de generación y propagación del oleaje hasta el área costera. Los vientos de los sectores SE y ESE, asociados a efectos de sudestada combinan niveles altos del río, vientos intensos y fetch de mayor extensión.

Tabla 6-2 Altura de ola significativa y período de pico espectral

Escenario	Hmedia (m)	Hmax (m)	Tp (s)
1	1.3	1.4	5.2
2	1.5	1.5	6.4
3	1.4	1.4	5.2
4	1.4	1.4	5.2
5	1.7	1.8	6.4
6	1.7	1.7	6.4
7	1.8	1.8	6.4

La Tabla 6-2 sintetiza los valores indicados en la Figura 6.4 habiéndose presentado en la misma

los valores promedio y máximos de altura de ola significativa en la sección, para cada uno de los escenarios simulados, y el período de pico espectral T_p .

El período de pico espectral resultó $T_p = 6,4$ s para los escenarios de viento más intensos y mayor fetch (2,6 y 7) y $T_p=5,2$ s para el resto de los escenarios.

7 CONCLUSIONES

1. Se implementó y aplicó el modelo matemático SWAN, el que a partir de la información de viento, la conformación batimétrica del lecho del río y el nivel del Río de la Plata, permitió el cómputo de las propiedades del oleaje (altura significativa de olas, período de pico espectral, dirección de propagación) en toda la región de cálculo elegida. El proceso de cálculo se efectuó sobre tres regiones anidadas, cada una de menor tamaño y mayor resolución. La más extensa abarcó la totalidad del Río de la Plata y la menor y más detallada se centró en un área costera de 5 Km x 6 Km en el entorno del Club Náutico Quilmes.
2. Sobre la base de algunas consideraciones referentes a la seguridad recomendable para obras de abrigo costeras, se escogió un período de retorno T_r de 100 años para caracterizar los eventos extremos que determinan la generación y propagación del oleaje, en particular la intensidad del viento.
3. Los resultados mostraron que los vientos de los sectores E y SE son los generadores de las condiciones más desfavorables, con olas de altura significativa estimada en 1,80 m en la entrada al canal de acceso a la dársena del Club Náutico Quilmes.
4. Los vientos que soplan desde el cuadrante SE son generadores de niveles del río extraordinarios (sudestada), que superan ampliamente los generados por la marea astronómica. Esta dirección se corresponde asimismo con el eje del Río de la Plata por lo que el viento sopla sobre la superficie del agua sobre una extensa distancia (fetch). Esta combinación de situaciones facilita la generación y llegada al área costera de las olas más altas. Los vientos que soplan desde los sectores NNE y N, aunque intensos, dada su dirección relativa respecto de la orientación del eje del Río de la Plata, no contribuyen a sobre elevar sus niveles lo que limita el desarrollo del oleaje y facilita su disipación en la franja costera. Por otro lado la presencia de la costa uruguaya en estos casos, también contribuye a limitar el desarrollo del oleaje.
5. Para establecer los escenarios de cálculo de las simulaciones numéricas realizadas se analizaron series históricas prolongadas de registros de viento (Estación Aeroparque) y de niveles del Río

de la Plata (estaciones Palermo y Puerto de Buenos Aires). La evaluación de estas series de tiempo mediante técnicas estadísticas apropiadas permitió formular un conjunto de escenarios extremos probables de intensidad de viento y nivel del Río de la Plata, que conforman los factores más importantes en la generación del oleaje en el área.

6. La caracterización del clima de olas frecuente se abordó mediante la recopilación de datos generados como parte de de numerosos estudios realizados en la región del Río de la Plata Superior, y que han incluido tanto mediciones directas de corta duración como cálculos a partir de métodos empíricos. Pudo establecerse que la altura significativa de ola media es considerablemente uniforme en la región, del orden de 0,30 a 0,40m y que sólo el 10% superan 0,7 a 0,9 m. La frecuencia de olas de 1,2 a 1,3 m es de aproximadamente 1%.
7. En su situación actual el canal de navegación presenta un tramo de mínimas profundidades de aproximadamente 1,30 m bajo el 0. Acorde con ello, y a un registro horario de niveles hidrométricos de 10 años de extensión, pudo establecerse que el canal ofrece un calado de 2 m durante 60% del tiempo y de 2,50 m durante un 24%. Los tiempos indicados pueden ampliarse notoriamente con una pequeña profundización en algunos tramos del canal.

8 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Balay, M. (1961) *El Río de la Plata entre la Atmósfera y el Mar*. . Publicación SHN 621.
- EIH, *Estudio de Antecedentes del Canal Ingeniero Emilio Mitre*, Informe Final, 1985.
- Giordano, S., Lasta, C. (2004) *Patrones de Circulación en el Río de la Plata y su Área de Influencia*. Unidad Ejecutora Proyecto FREPLATA. Análisis de Diagnóstico Transfronterizo. Junio 2004
- Guerrero, R.A., Molinari, G.N. Jáuregui, S.I.(2004) *Protección Ambiental del Río de la Plata y su Frente Marítimo: Prevención y Control de la Contaminación y Restauración de Habitats* Proyecto PNUD/gefrla/99/g31 Datos Meteorológicos y Climatología - Informe Final, INIDEP. Junio de 2004.
- Molinari, G.N., Castellano R.D. (1990) *Estudio de la Costanera Sur de la Ciudad de Buenos Aires*.
- INCYTH-Laboratorio de Hidráulica Aplicada. Informe LHA 059-03-90.
- Re, M., Menéndez A.N. *Efecto del Cambio Climático sobre las Crecidas del Río de la Plata*. Informe de Avance N° 4 LHA – INA, Diciembre, 2003.

ANEXO I - PUERTO DE BUENOS AIRES. NIVELES HIDROMETRICOS MAXIMOS ANUALES

Año	Nivel MOP
1905	3,30
1906	2,96
1907	2,96
1908	2,88
1909	2,81
1910	2,97
1911	3,60
1912	3,43
1913	3,25
1914	3,90
1915	2,77
1916	2,50
1917	2,70
1918	2,93
1919	2,98
1920	2,73
1921	3,64
1922	3,89
1923	3,75
1924	3,15
1925	2,65
1926	2,81
1927	2,88
1928	2,85
1929	2,95
1930	3,18
1931	3,36
1932	2,98
1933	3,15
1934	2,77
1935	2,88
1936	2,80
1937	2,95
1938	2,93
1939	3,00
1940	4,44
1941	2,90
1942	3,00
1943	2,98
1944	2,95
1945	2,84
1946	3,05
1947	2,87
1948	2,97

1949	2,79
1950	3,22
1951	3,21
1952	3,25
1953	2,93
1954	3,00
1955	2,79
1956	2,52
1957	2,94
1958	3,81
1959	3,75
1960	3,07
1961	3,02
1962	2,95
1963	3,31
1964	2,67
1965	3,04
1966	2,99
1967	3,35
1968	3,00
1969	2,99
1970	2,99
1971	3,32
1972	3,29
1973	3,30
1974	2,84
1975	3,08
1976	3,06
1977	3,12
1978	2,94
1979	3,31
1980	3,00
1981	2,88
1982	3,14
1983	3,55
1984	2,99
1985	3,12
1986	3,10
1987	2,82
1988	2,67
1989	4,06
1990	3,14



ANEXO II
RELEVAMIENTO BATIMNETRICO

ANEXO III

DESCRIPCION DEL MODELO MATEMATICO SWAN

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 IV – RESULTADOS DE LA MODELACION MATEMATICA

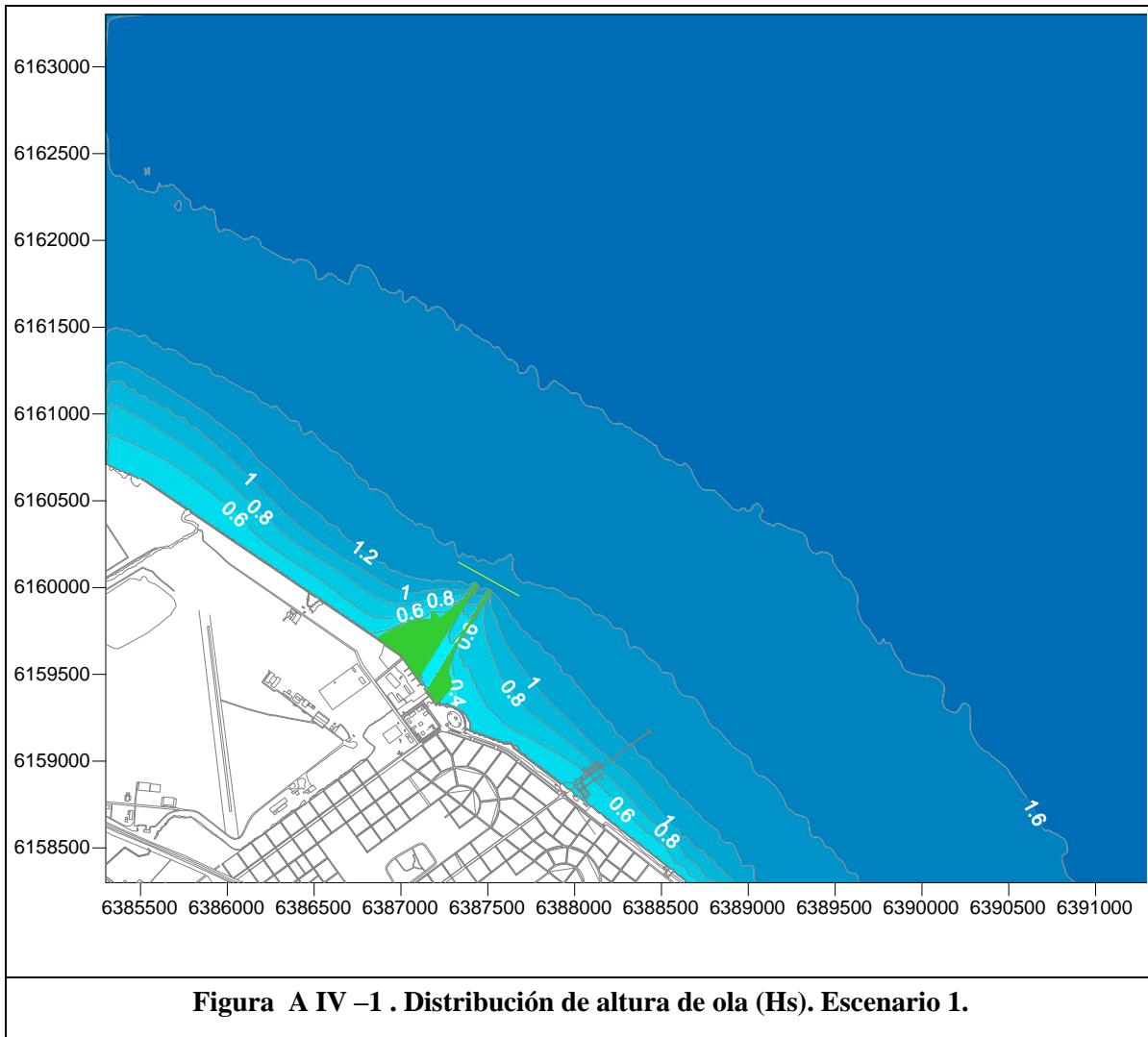
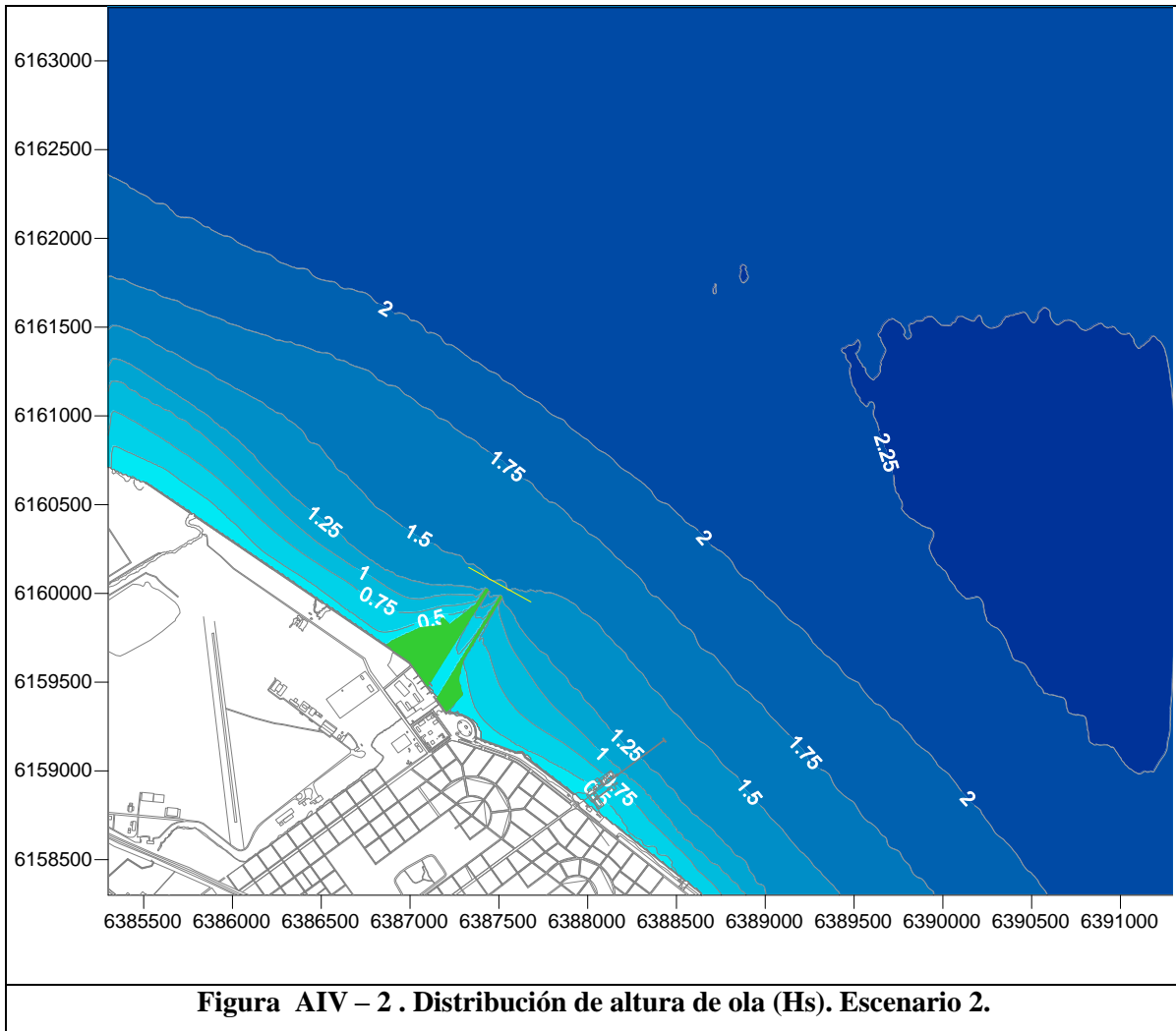
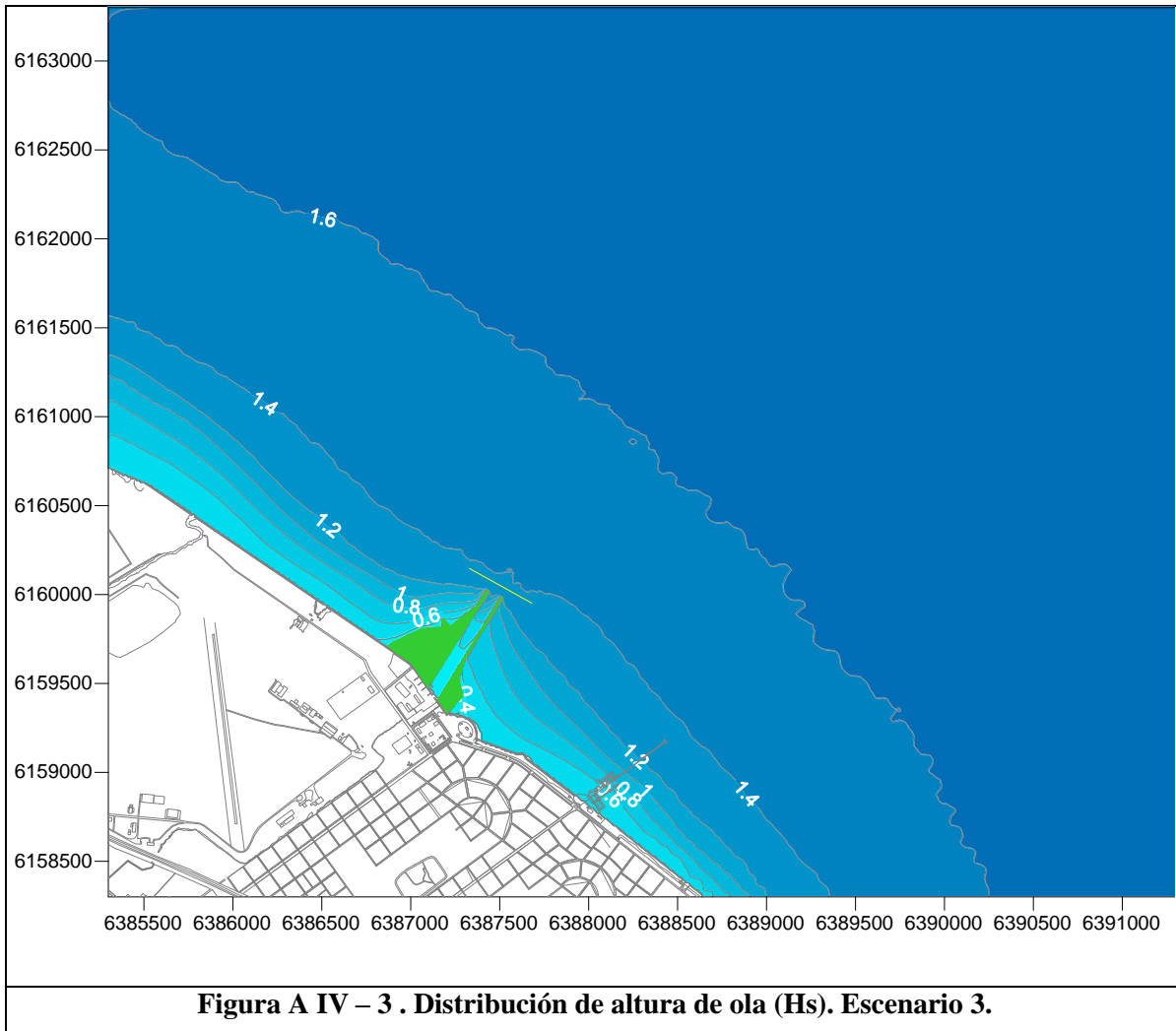


Figura A IV –1 . Distribución de altura de ola (Hs). Escenario 1.





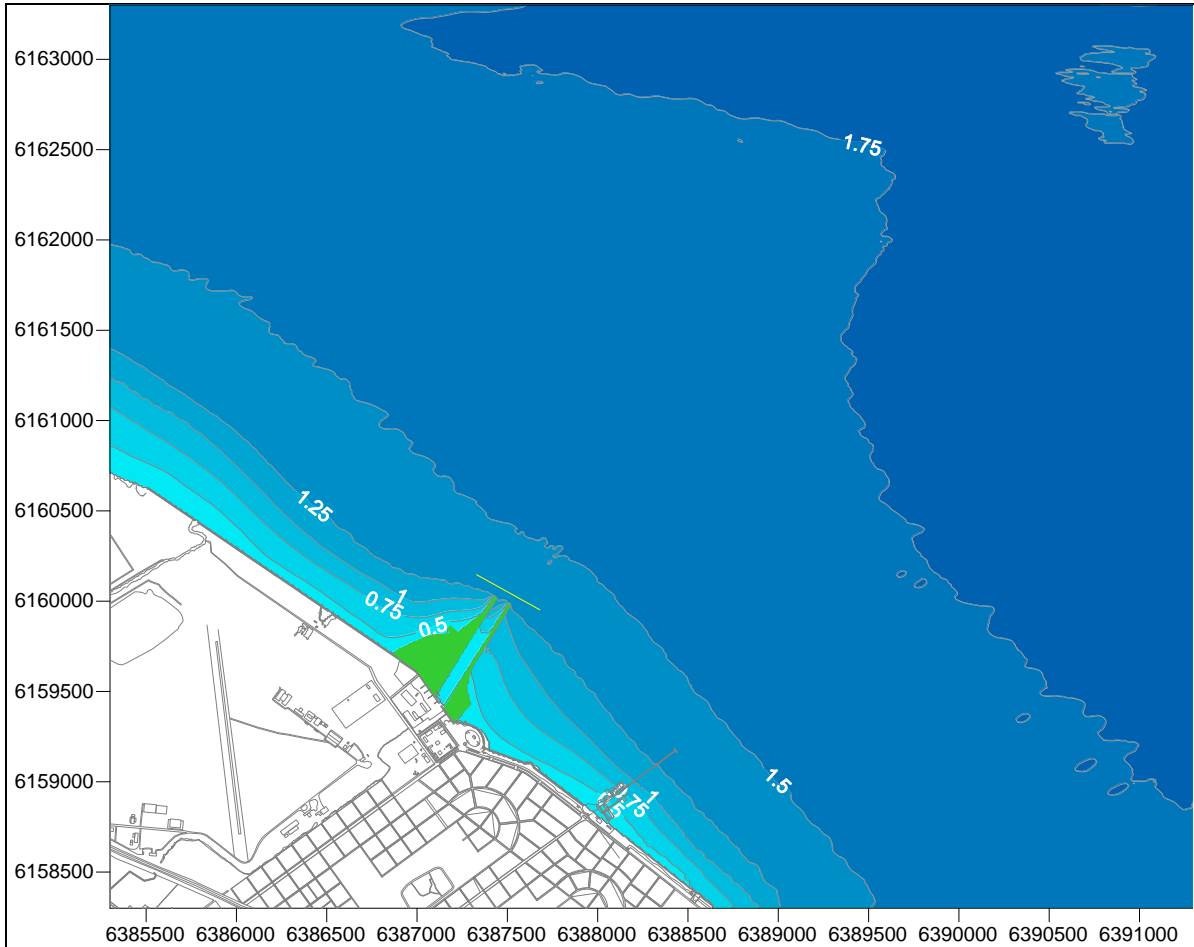


Figura A IV – 4. Distribución de altura de ola (Hs). Escenario 4.

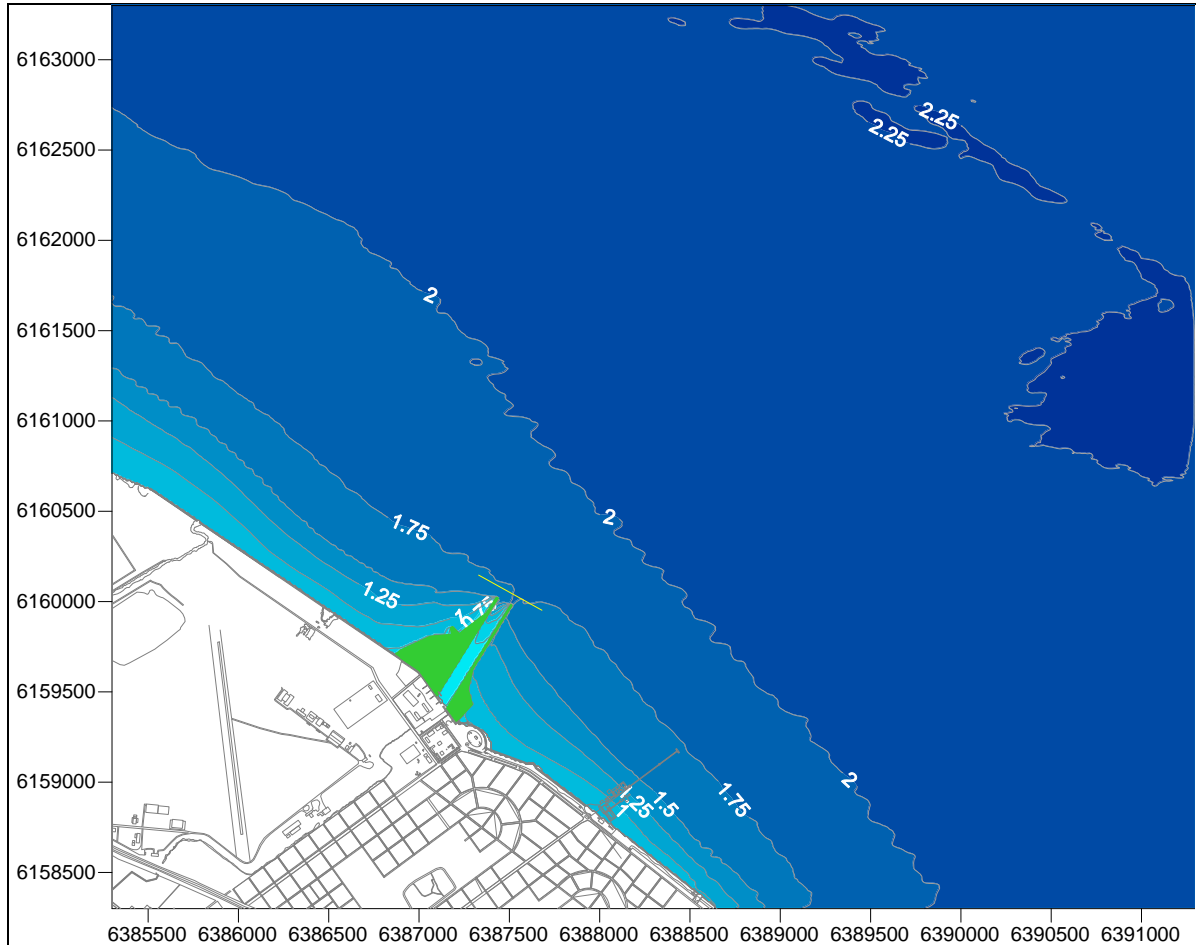


Figura A IV – 5 . Distribución de altura de ola (Hs). Escenario 5.

