













INFORME FINAL

Octubre de 2019

Rev.0









Sistemas de gestión certificados por IRAM IRAM - ISO 9001:2015 IRAM - ISO 14001:2015 OHSAS 18001:2007







ÍNDICE

1	INTRODUCCION	4									
2	UBICACIÓN DEL NUEVO DESARROLLO	5									
3	ANTECEDENTES E INFORMACIÓN RECOPILADA	6									
4	PARÁMETROS DE DISEÑO MEDIOAMBIENTALES	8									
4.1	IAREA ASTRONÓMICA 8										
4.2	MAREA METEOROLÓGICA	9									
4.3	VIENTOS	9									
4.4 4.4.1 4.4.2	OLEAJE EN EL EXTERIOR DEL PUERTO Olas Locales Olas oceánicas	11 11 14									
5 ACT	TRANSFORMACIÓN DE OLAS EN EL RECINTO PORTUARIO PARA EL ESCEN UAL	ARIO 17									
5.1	CARACTERÍSTICAS DE LA MODELACIÓN	17									
5.2 ACTI	IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO EN EL PUERTO DE RAWSON PARA LA CONFIGURA JAL DEL PUERTO	ACIÓN 18									
5.3	RESULTADOS PARA LA CONFIGURACIÓN ACTUAL DEL PUERTO	19									
6	BASES DE DISEÑO PORTUARIO	23									
6.1	INTRODUCCIÓN	23									
6.2	ALINEACIÓN DEL FRENTE DE ATRAQUE	23									
6.3 POR	TIPOLOGÍA DE MUELLES PARA OPERACIÓN DE LA FLOTA PESQUER TACONTENEDORES	A Y 24									
7	DISEÑO DE LAS ÁREAS NÁUTICAS INCLUYENDO BUQUES PONTACONTENEDORES	S 25									
7.1	FLOTA DE BUQUES	25									
7.2	DISEÑO GEOMÉTRICO	25									
7.2.1	Alineamiento	25									
7.2.2	Anchos	25									
7.2.3	Profundidad y talud	29									
7.2.3	.1 Canal de Acceso Exterior	29									
7.2.3	.2 Dársena de operaciones	30									
7.2.4	Volúmenes de apertura de las áreas náuticas	30									









8 1 FUTU	TRANSFORMACIÓN DE OLAS EN EL RECINTO PORTUARIO PARA EL ESCENAR JRO	810 32
8.1 CONF	IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO CGWAVE EN EL PUERTO DE RAWSON PARA FIGURACIÓN FUTURA DEL PUERTO	LA 32
8.2	ESCENARIOS DE ANÁLISIS	33
8.3 FUTU	RESULTADOS DEL MODELO CGWAVE EN EL PUERTO DE RAWSON PARA LA CONFIGURACIONA DEL PUERTO	ÓN 36
9 (CONCLUSIONES SOBRE LA OPERATIVIDAD DEL PUERTO	43
9.1	RECOMENDACIONES DE APLICACIÓN SOBRE LA AGITACIÓN PORTUARIA	43
9.2	OPERATIVIDAD DEL PUERTO CONFORME A LA AGITACIÓN PORTUARIA ESTIMADA	44
	INDICE DE FIGURAS	
	A 1 SITUACIÓN ACTUAL PUERTO DE RAWSON	
	A 2 UBICACIÓN NUEVOS MUELLES	
FIGURA	A 3 ESQUEMA SELECCIONADO PARA EL DRAGADO DE LAS ÁREAS NÁUTICAS DEL PUERTO A 4 EJEMPLO DE CONDICIONES DE AGITACIÓN SIMULADAS PARA UN OLEAJE INCIDENTE CON 7 SEGUNDOS DE PERÍODO	
	A 5 DISTRIBUCIÓN FRECUENCIAL DE DIRECCIÓN E INTENSIDAD DEL VIENTO	
	A 6 ROSA DE VIENTOS	
	A 7 ROSA DE OLAS LOCALES EN EL ÁREA COSTERA	
	A 8 ROSA DE OLAS OCEÁNICAS EN LA REGIÓN COSTERA	
	A 9 DOMINIO DE CÁLCULO PARA LA APLICACIÓN DE CGWAVE (PROFUNDIDADES DE PLEAMAR MEDIA)	
	A 10 UBICACIÓN DE PUNTOS Y SECCIONES DE CONTROL PARA LA CONFIGURACIÓN ACTUAL	
	A 11 ESCENARIO: DIRECCIÓN ENE H=1,75 M TP=5,5 S. NIVEL MEDIO – CONFIGURACIÓN ACTUAL	
	A 12 ESCENARIO: DIRECCIÓN ENE H=1,75 M TP=5,5 S. PLEAMAR MEDIA – CONFIGURACIÓN ACTUAL A 13 ALTURA MEDIA DEL OLEAJE POR SECTOR. ESCENARIOS CON INCIDENCIA DEL E – CONFIGURACIÓN ACTUAL	
	A 13 ALTURA MEDIA DEL OLEAJE POR SECTOR. ESCENARIOS CON INCIDENCIA DEL E – CONFIGURACIÓN ACTUAL A 14 ALTURA MEDIA DEL OLEAJE POR SECTOR. ESCENARIOS CON INCIDENCIA DEL ENE – CONFIGURACIÓN ACTUA	
FIGURA	A 15 ALTURA MEDIA DEL OLEAJE POR SECTOR. ESCENARIOS CON INCIDENCIA DEL ESE – CONFIGURACIÓN ACTUA	١L
	A 16 ESCENARIO 1: MUELLES PESQUEROS Y MULTIPROPÓSITO	
	A 17 DISEÑO NÁUTICO CONCEPTUAL PARA BUQUE PORTACONTENEDOR	
	A 18 CÁLCULO VOLÚMENES DE DRAGADO	
	A 19 MALLA DE CÁLCULO CGWAVE PARA CONDICIÓN DE NIVEL MEDIO (PROFUNDIDADES EN COTA MOP)	
	A 20 UBICACIÓN DE PUNTOS DE CÁLCULO DEL OLEAJE	
	A 21 RESULTADO DE LA PROPAGACIÓN DEL OLEAJE DEL ENE CON HS=1 M Y TP=8 S (NIVEL MEDIO)	
	A 22 RESULTADO DE LA PROPAGACIÓN DEL OLEAJE DEL E CON HS=1 M Y TP=8 S (NIVEL MEDIO)	
	A 23 RESULTADO DE LA PROPAGACIÓN DEL OLEAJE DEL ESE CON HS=1 M Y TP=8 S (NIVEL MEDIO)	
	A 24 RESULTADO DE LA PROPAGACIÓN DEL OLEAJE DEL E CON HS=1 M Y TP=8 S (PLEAMAR MEDIA) A 25 RESULTADO DE LA PROPAGACIÓN DEL OLEAJE DEL E CON HS=1 M Y TP=8 S (BAJAMAR MEDIA)	
	A 25 RESULTADO DE LA PROPAGACION DEL OLEAJE DEL E CON HS=1 M Y TP=8 S (BAJAMAR MEDIA) A 26 FRECUENCIA DE EXCEDENCIA DE ALTURAS DE OLA FRENTE A LOS MUELLES (ESCALA LOGARÍTMICA)	
	A 26 FRECUENCIA DE EXCEDENCIA DE ALTURAS DE OLA FRENTE À LOS MUELLES (ESCALA LOGARITMICA) A 27 FRECUENCIA DE EXCEDENCIA DE ALTURAS DE OLA FRENTE A LOS MUELLES (ESCALA LINEAL)	
	A 27 FRECUENCIA DE EXCEDENCIA DE ALTURAS DE OLA FRENTE A LOS MIGELLES (ESCALA LINEAL) A 28 FRECUENCIA DE EXCEDENCIA DE ALTURAS DE OLA EN LAS ÁREAS NÁUTICAS (ESCALA LOGARÍTMICA)	
	A 29 FRECUENCIA DE EXCEDENCIA DE ALTURAS DE OLA EN LAS ÁREAS NÁUTICAS (ESCALA LINEAL)	









INDICE DE TABLAS

TABLA 1- MAREA ASTRONOMICA EN EL PUERTO DE RAWSON (SHN, 2019)	8
TABLA 2- MAREA ASTRONÓMICA EN EL PUERTO DE RAWSON (SHN, 1996)	
TABLA 3- VALORES MEDIDOS DE NIVEL DE MAREA	
TABLA 4- DISTRIBUCIÓN FRECUENCIAL DE VIENTOS POR DIRECCIÓN E INTENSIDAD	10
TABLA 5- OLAS LOCALES EN EL ÁREA COSTERA. DISTRIBUCIÓN POR ALTURA Y PERIODO	12
TABLA 6- DISTRIBUCIÓN DIRECCIONAL DE OLAS LOCALES EN EL ÁREA COSTERA	13
TABLA 7- OLAS OCEÁNICAS EN EL ÁREA COSTERA. DISTRIBUCIÓN POR ALTURA Y PERIODO	14
TABLA 8- DISTRIBUCIÓN DIRECCIONAL DE OLAS OCEÁNICAS EN EL ÁREA COSTERA	16
TABLA 9- PARÁMETROS DEL OLEAJE UTILIZADOS PARA LA MODELACIÓN EN LA CONFIGURACIÓN ACTUAL	18
TABLA 10- RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES CON NIVEL MEDIO. ALTURAS SIGNIFICATIVAS	21
TABLA 11- RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES CON NIVEL MEDIO. COEFICIENTES DE TRANSFORMACIÓN	21
TABLA 12- RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES CON PLEAMAR MEDIA	21
TABLA 13- RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES CON PLEAMAR MEDIA. COEFICIENTES DE TRANSFORMACIÓN	21
TABLA 14- CARACTERÍSTICAS DE LA FLOTA DE DISEÑO INCLUYENDO BUQUES PORTACONTENEDORES	25
TABLA 15- VOLÚMENES A DRAGAR ESTIMADOS	30
TABLA 16- ESTADÍSTICA DE OLAS TOTALES EN LA ZONA DE ACCESO AL PUERTO DE RAWSON	34
TABLA 17- DISPERSIÓN HS-TZ PARA LAS DIRECCIÓN DEL OLEAJE INCIDENTE	35
TABLA 18- ESCENARIOS DE OLEAJE SIMULADOS	35
TABLA 19- COEFICIENTES DE TRANSFORMACIÓN DEL OLEAJE PARA CONDICIÓN DE NIVEL MEDIO DEL MAR	39
TABLA 20- COEFICIENTES DE TRANSFORMACIÓN DEL OLEAJE PARA CONDICIÓN DE PLEAMAR MEDIA	40
TABLA 21- COEFICIENTES DE TRANSFORMACIÓN DEL OLEAJE PARA CONDICIÓN DE BAJAMAR MEDIA	40
TABLA 22- DIAGRAMAS DE DISPERSIÓN ALTURA — PERÍODO DE OLA EN PUNTOS DE CONTROL FRENTE A LOS MUELLE	
TABLA 23- FRECUENCIAS DE SUPERACIÓN DE OLEAJE FRENTE A LOS MUELLES	45
TABLA 24- FRECUENCIAS DE SUPERACIÓN DE OLFAIF EN LAS ÁREAS NÁUTICAS	45









1 INTRODUCCIÓN

El estudio que ha sido encargado a Serman y asociados en esta oportunidad, tiene como objeto evaluar desde el punto de vista náutico las modificaciones en el canal de acceso y recinto portuario que sería necesario implementar para permitir el ingreso y operación de buques portacontenedores tipo Feeder y determinar las condiciones de agitación que se tendrán en nuevos frentes de atraque compuestos por muelles para la operación de estos buques y embarcaciones pesqueras.

La ubicación de los nuevos muelles ha sido definida por el Cliente, así como también la flota de buques usuaria para el escenario actual y futuro.

En la siguiente figura extraída del plano 19-014-IB-PR-EN-PL-101, se puede apreciar el puerto de Rawson en su configuración actual.

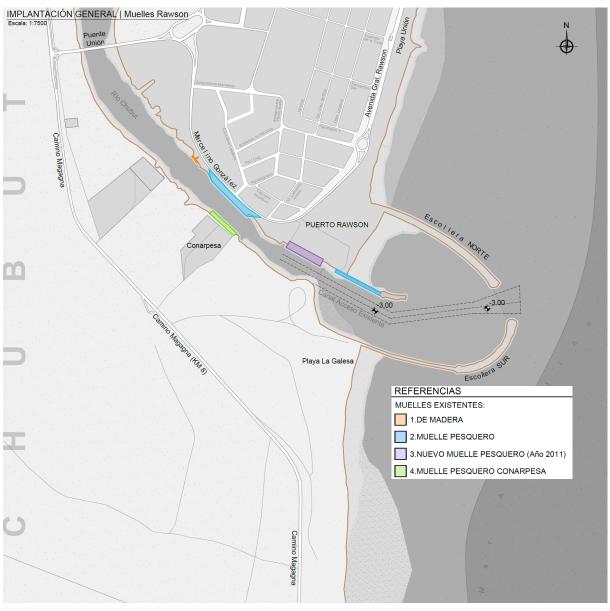


Figura 1 Situación actual Puerto de Rawson









2 <u>UBICACIÓN DEL NUEVO DESARROLLO</u>

Los nuevos muelles para operación de embarcaciones pesqueras se implantarán en la margen derecha del río Chubut, en la zona donde se encuentra la saliente conocida localmente como "el grano".



Figura 2 Ubicación nuevos muelles

Esta ubicación requerirá el acondicionamiento de las profundidades en el lugar, de manera que se puedan implantar los muelles y permitir la navegación de las embarcaciones aguas arriba del nuevo emprendimiento.

Cabe mencionar que los análisis efectuados con respecto al muelle a ser diseñado para la operación de un buque portacontenedores, han evaluado además la operación en el mismo de embarcaciones pesqueras, tanto durante los períodos intermedios entre atraques de buques portacontenedores, como en un período previo a la generación de las profundidades necesarias para el ingreso y operación de estos buques. En este período, el muelle podrá ser empleado eficientemente por embarcaciones pesqueras, si se vuelven a recuperar las profundidades de diseño correspondientes a estos barcos.









3 ANTECEDENTES E INFORMACIÓN RECOPILADA

El actual puerto de Rawson fue diseñado a través de un largo proceso que tuvo dos hitos fundamentales, el Estudio de Factibilidad (Serman & asociados s.a., 1997), y el posterior Proyecto Ejecutivo.

En el marco de este proyecto, se realizaron diversos estudios de agitación portuaria y estudios sobre modelos físicos y matemáticos de las escolleras ejecutados por el INA (Instituto Nacional del Agua) en mayo de 2000 y el DHI (Danish Hydraulics Institute) en noviembre de 2000.

Con motivo de la ejecución de tareas de dragado en el canal de acceso y el proyecto de construcción de una zona de refugio y una trinchera, la Junta Provincial Portuaria requirió a la empresa constructora DYOPSA, la realización de un estudio de Agitación de Olas para poder evaluar el efecto que tendrían las obras antes mencionadas sobre el oleaje dentro del recinto portuario, aprovechando al mismo tiempo para obtener los coeficientes de transformación que resultan de la configuración actual curvada de las obras de abrigo, extensión de la profundización del canal, reubicación del nuevo muelle y ampliación del Espigón Norte existente. Este estudio fue realizado también por Serman & asociados en el año 2003, permitiendo definir la geometría final de los sectores dragados.

Los resultados obtenidos muestran que la realización del dragado de las áreas denominadas "Refugio Sur" y "Trinchera Norte" a ambos lados del canal, provoca un incremento de los coeficientes de transformación del oleaje en la zona interior del canal de acceso y el muelle en construcción, debido a la supresión parcial del efecto de refracción a lo largo de los taludes del canal, el cual es el mecanismo principal que reduce la energía del oleaje que alcanza estos sectores. El esquema de dragado resultante, incluyendo la definición del límite de dragado aguas arriba, se presenta en la siguiente figura.

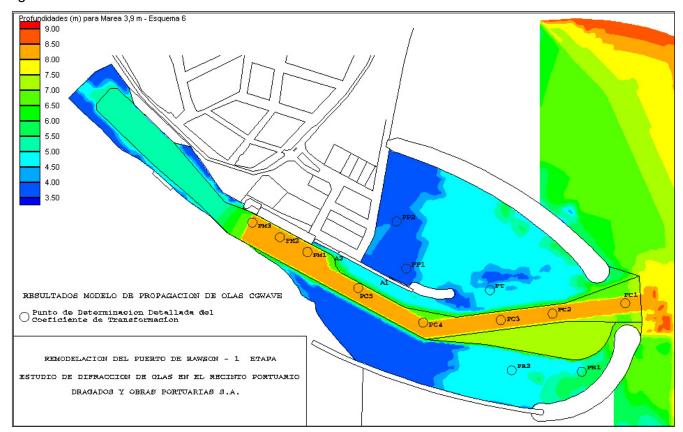


Figura 3 Esquema seleccionado para el dragado de las áreas náuticas del puerto









Cabe mencionar que los estudios previos muestran que el oleaje incidente se refracta en los taludes del canal, y que una lengua con condiciones de agitación elevada se presenta en dirección Suroeste, impactando sobre la defensa existente (ver figura siguiente). En tal sentido, surge como conveniente a priori, que las nuevas instalaciones portuarias se ubiquen al Oeste del área más afectada por el oleaje incidente.

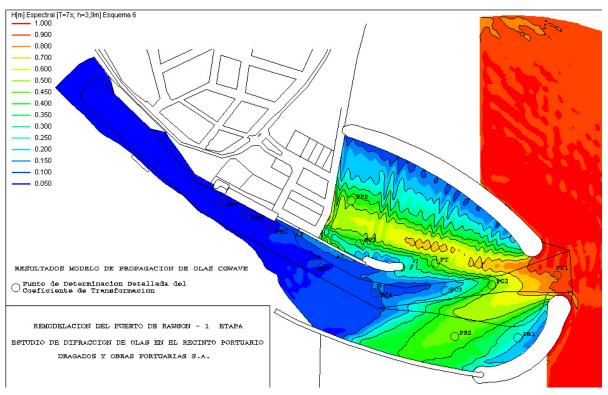


Figura 4 Ejemplo de condiciones de agitación simuladas para un oleaje incidente con 7 segundos de período.

Posteriormente el INA, en el año 2009, realizó un nuevo estudio de agitación portuaria, actualizando las bases de datos de oleaje oceánico y de vientos disponibles, el cual ha sido adoptado como base para definir el oleaje exterior incidente para el presente estudio.

La información batimétrica requerida para el desarrollo del estudio fue provista por el Cliente, estando la misma conformada por un relevamiento de la zona interior y exterior del puerto y un relevamiento topográfico de la zona del "grano" donde se implantarán los muelles.

En cuanto al relevamiento batimétrico recibido, existen algunas incertidumbres en cuanto a su referencia vertical, por lo cual se ha adoptado a los efectos del presente estudio un criterio conservativo para el cómputo de los volúmenes de obra, considerando que el fondo actual se encuentra relativamente elevado.









4 PARÁMETROS DE DISEÑO MEDIOAMBIENTALES

4.1 MAREA ASTRONÓMICA

El nivel del mar debe su variación en el corto plazo esencialmente a tres causas: los efectos gravitacionales principalmente de la Luna y el Sol, los efectos atmosféricos (vientos, presión atmosférica), y a los efectos geostróficos sobre las corrientes costeras. Una cuarta causa, el cambio climático global, induce cambios lentos pero sistemáticos en el largo plazo.

Se dispone de información mareológica en el Puerto de Rawson, (43° 20′ S, 65° 04′ W), donde el régimen es semidiurno. Las alturas de marea predichas por el SHN están referidas al plano de reducción que pasa a 2,75 m por debajo del nivel medio. La Tabla 1 muestra la predicción de marea astronómica en el Puerto de Rawson para el presente año, mientras que la Tabla 2 presenta los valores indicados en las tablas de Marea más antiguas, con información sobre las condiciones de sicigias y cuadraturas, pero referidas a un plano de reducción que pasaba a 2,50 m por debajo del nivel medio.

Altur	as en m sobre e	Amplitud					
Plea	mar	Ваја	mar	- Amplitud			
Máxima	Media	Más baja	Media	Máxima	Media		
5,28	4,52	0,04	0,96	5,11	3,56		

Tabla 1- Marea astronómica en el Puerto de Rawson (SHN, 2019)

Marea	Plear	nares	Bajan	nares	Amplitudes		
	Sicigia	Cuadr.	Sicigia	Cuadr.	Sicigia	Cuadr.	
Equinocciales de perigeo	4,48	3,33	0,52	1,67	3,96	1,66	
De Perigeo	4,40	3,40	0,60	1,60	3,80	1,80	
Medias	4,17	3,64	0,83	1,36	3,34	2,28	

Tabla 2- Marea astronómica en el Puerto de Rawson (SHN, 1996)

Tanto las Cartas Náuticas publicadas por el Servicio de Hidrografía Naval, como la información mareológica producida por esa institución están referidas a un plano de reducción local. Ese plano de referencia hidrográfico se hallaba históricamente a 1,63 m por debajo del plano de referencia MOP. Es decir que el nivel medio del mar era +1,12 m MOP.

De acuerdo a la relación entre planos de referencia indicados, la pleamar máxima referida al 0 MOP resulta +3,65 m y la pleamar media +2,87 m; mientras que las bajamares referidas al 0 MOP resultan -1,59 m (la más baja) y -0,67 m la media.

A partir del año 2006, el SHN efectúa una corrección del Plano de Reducción en las Tablas de Mareas, el que actualmente se ubica 0,25 metros por debajo del Plano de Reducción anterior. Ello conlleva a un ajuste en el valor de reducción del plano del SHN al cero MOP de -1,63 m empleados en los documentos de proyecto de la obra Remodelación de Puerto Rawson a -1,88 m.







4.2 MAREA METEOROLÓGICA

La marea meteorológica es la modificación por causas climáticas de los niveles del mar determinados por factores puramente astronómicos.

Los mecanismos básicos generadores de la marea meteorológica en áreas costeras son: a) variaciones de la presión atmosférica. b) apilamiento causado por vientos soplando hacia la costa. c) la inclinación de la superficie libre debido a efectos geostróficos sobre el agua moviéndose a lo largo de la costa por efecto del viento soplando en esa misma dirección. d) sobre-elevación por efecto del paso de las olas (wave set-up).

En general se admite a partir de observaciones que este fenómeno puede adquirir valores máximos del orden de 0,80 a 1,00 m para la costa patagónica argentina, pero no se conoce una cuantificación del mismo sobre bases analíticas para la zona de estudio.

Con motivo de la ampliación del Puerto de Rawson, entre el 21/01/02 y el 30/01/04 se realizaron medición de niveles de mareas dentro del recinto portuario. Los sensores instalados midieron la dirección del viento en grados sexagesimales con el cero en el norte, la velocidad del viento en Km/h y la cota del pelo de agua por encima del sensor referenciada al cero MOP.

Considerando las discontinuidades del registro de niveles de marea medido, los valores máximo, medio y mínimo resultan:

Nivel máximo	+3,55 MOP
Nivel medio	+0,96 MOP
Nivel mínimo	-1,74 MOP

Tabla 3- Valores medidos de nivel de marea

Estos valores medidos están en consonancia con los predichos por el Servicio de Hidrografía Naval en sus tablas de marea del 2019 (Tabla 1)

Como conclusión, en los dos años de registro disponibles no se apreciaron efectos meteorológicos combinados con los niveles máximos de marea.

4.3 VIENTOS

Los datos utilizados en este estudio corresponden a información obtenida mediante un modelo meteorológico global, fueron producidos por ECMWF (European Center for Medium-Range Weather Forecasts) y corresponden a la ubicación 43° 22′ 30″S y 65° 00′W, a una distancia aproximada de 6 km al SE de Rawson. El período de tiempo analizado abarca una ventana temporal de 10 años, comprendida entre el 1/1/2009 y el 31/12/2018.

Los vientos en superficie (a 10 m de altura) son caracterizados por intensidad media y dirección, con un dato cada 3 horas. La Tabla 4 muestra los valores clasificados en intervalos de intensidad de 2,5 m/s para una rosa de 16 direcciones, donde las frecuencias indicadas porcentualmente.



ING. MAURO CAMPOS APODERADO



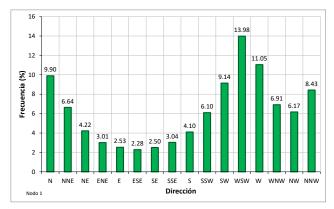


W (m/s)	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	ssw	sw	wsw	w	wnw	NW	NNW
0-2,5	0,36	0,41	0,45	0,38	0,42	0,41	0,38	0,35	0,33	0,30	0,38	0,42	0,46	0,40	0,43	0,44
2,5-5	1,77	1,44	1,40	1,10	1,09	0,81	0,88	0,98	1,01	1,32	1,58	1,89	2,03	1,99	2,02	1,99
5-7,5	2,99	2,39	1,61	1,16	0,86	0,80	0,76	0,97	1,42	1,81	2,59	3,74	3,68	2,62	2,27	2,94
7,5-10	3,20	1,86	0,69	0,33	0,16	0,24	0,43	0,55	0,84	1,47	2,80	4,51	3,14	1,55	1,19	2,27
10-12,5	1,39	0,48	0,07	0,03	0,01	0,03	0,03	0,17	0,38	0,83	1,40	2,70	1,38	0,33	0,22	0,72
12,5-15	0,19	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,09	0,29	0,34	0,62	0,33	0,03	0,02	0,07
15-17,5	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,07	0,04	0,10	0,03	0,00	0,00	0,00
17,5-20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Totales	9,90	6,64	4,22	3,01	2,53	2,28	2,50	3,04	4,10	6,10	9,14	14,0	11,1	6,91	6,17	8,43

Tabla 4- Distribución frecuencial de vientos por dirección e intensidad

La Tabla 4 señala que las direcciones en las que el viento sopla hacia la costa acumulan un 38.2 % del total de casos registrados (Cuadrantes NE y SE). Los vientos más frecuentes son del WSW, W y del N. Se observa además, que los valores de intensidades máximas corresponden a las direcciones S, SSW y SW, resultando del orden de 20 m/s (76 km/h).

La Figura 5 permite ampliar el panorama de esta descripción presentando en forma gráfica las distribuciones frecuenciales por intensidad y dirección del viento.



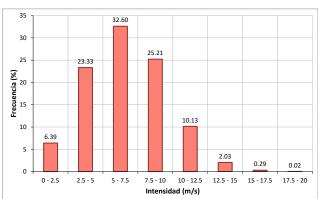


Figura 5 Distribución frecuencial de dirección e intensidad del viento

En el gráfico polar de la Figura 6 se observa la gran predominancia de los vientos que soplan desde tierra. La dirección incidente en la costa que mayor persistencia tiene es el NNE, aunque las olas generadas por estos vientos resultan casi paralelas a la línea general de la costa.

19-014-IB-PR-EN-IF-101-Informe Final-A-0A-JCC.docx

Serman

& asociados s.a.









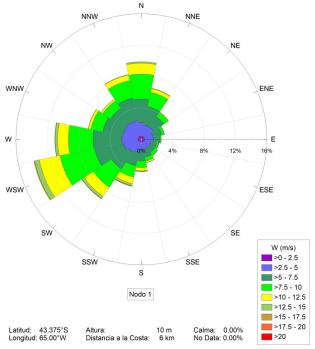


Figura 6 Rosa de vientos

4.4 OLEAJE EN EL EXTERIOR DEL PUERTO

Se dispone de diversas fuentes de información sobre el clima de olas exterior al puerto, incluyendo los estudios previos realizados por la Consultora.

La información referida al clima de olas en el acceso al Puerto de Rawson que se empleará en el presente estudio fue obtenida del estudio previo realizado por el INA en el año 2009, siendo el mismo el más reciente. En este estudio se realizó la propagación del oleaje desde un nodo de aguas profundas (ubicación 44° 00′S y 63° 46′ W) hasta la zona costera sobre la base de 10 años de información correspondiente al período entre el 1/1/96 y el 31/12/2005. Una década de información es suficiente como para generar una estadística confiable.

Los resultados presentados en dicho informe señalan que debido a la persistencia de vientos del sector SW, al área costera de Rawson arriba sólo una fracción limitada de las olas generadas por vientos locales, que es aproximadamente un 35%. Las olas oceánicas (Swell) por el contrario, debido a su origen en aguas oceánicas abiertas, pueden alcanzar la costa casi en su totalidad. Como consecuencia de lo indicado, en el área costera predominan notablemente las olas oceánicas (Swell) caracterizadas por amplitudes en el entorno de 1 m y un amplio rango de períodos entre 10 y 20 segundos.

4.4.1 Olas Locales

En el área costera el máximo valor calculado resultó Hs = 4,13 m. El 90 % de las olas es menor que 2.15 m. En términos de cuartiles, el 25% de las olas resultan inferiores a 0,73 m, el 50% inferior a 1,03 m y el 75% inferior a 1,49 m.









La Tabla 5 muestra la distribución altura significativa – período medio para la totalidad de datos resultantes en el área costera. Esta Tabla permite además determinar que 10.537 datos (sobre un total de 29.224) son olas locales que han llegado al área costera, lo que indica que este tipo de oleaje persiste aproximadamente un 35% del tiempo en el área costera.

Hs (m)				Tm (seg)				Total
пз (III)	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-2	12-14	(%)
0 – 0,5	68	580	0	0	0	0	0	6,4
0,5 – 1	1	2878	1277	0	0	0	0	40,9
1 – 1,5	0	131	2621	69	0	0	0	27,8
1,5 – 2	0	0	655	595	0	0	0	12,3
2 – 2,5	0	0	34	653	66	0	0	7,4
2,5 – 3	0	0	0	241	122	0	0	3,6
3 – 3,5	0	0	0	41	87	2	0	1,3
3,5 – 4	0	0	0	6	25	0	0	0,3
4 – 4,5	0	0	0	0	3	0	0	0
4,5 - 5	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	0,7	35,3	45,2	15,8	3,0	0	0	100

Tabla 5- Olas locales en el área costera. Distribución por altura y periodo

La Figura 7 muestra la distribución polar de frecuencia de altura de olas locales en el área costera. La altura de olas se ha clasificado según los cuartiles definidos anteriormente y cuyos límites se indican en la Figura.

Puede notarse que en la región costera las olas locales generadas por viento más frecuentes proceden del sector SSE, y en menor porcentaje desde la dirección ENE. En el área costera, las olas de mayor amplitud proceden primordialmente del SE y SSE, y en menor medida del NE.

La Tabla 6 ha sido expresada en forma porcentual respecto del total de datos del archivo (29.216) y representa en consecuencia la persistencia en el tiempo de una condición dada.



ING. MAURO CAMPOS
APODERADO
SERMAN & ASOCIADOS S.A.





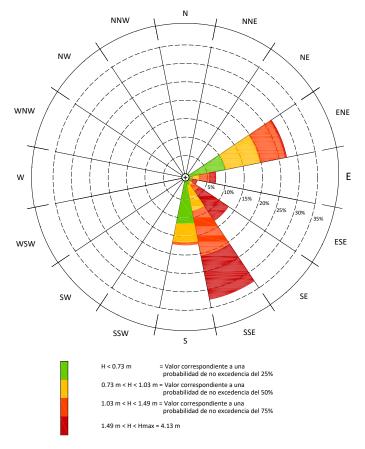


Figura 7 Rosa de olas locales en el área costera

Hs (m)				Dire	ción				Total
П3 (III)	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	(%)
0 – 0,5	0,06	0,89	0,09	0,02	0,06	0,02	1,04	0,03	2,22
0,5 – 1	0,00	5,63	0,80	0,16	0,40	2,51	4,72	0,00	14,23
1 – 1,5	0,00	2,74	1,05	0,21	0,77	4,65	0,24	0,00	9,66
1,5 – 2	0,00	0,15	0,48	0,17	0,80	2,68	0,00	0,00	4,28
2 – 2,5	0,00	0,00	0,09	0,16	1,24	1,09	0,00	0,00	2,58
2,5 – 3	0,00	0,00	0,03	0,04	0,87	0,30	0,00	0,00	1,24
3 – 3,5	0,00	0,00	0,00	0,03	0,32	0,09	0,00	0,00	0,44
3,5 – 4	0,00	0,00	0,00	0,02	0,08	0,01	0,00	0,00	0,11
4 – 4,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
4,5 - 5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	0,06	9,42	2,54	0,82	4,56	11,34	6,00	0,03	34,76

Tabla 6- Distribución direccional de olas locales en el área costera









4.4.2 Olas oceánicas

La máxima altura resultó Hs = 5,22 m. El 90 % de las olas es menor que 1,35 m. En términos de cuartiles, el 25% de las olas resultan inferiores a 0,40 m, el 50% inferior a 0,64 m y el 75% inferior a 0,95 m.

La Tabla 7 muestra la distribución Hs-Tm para la totalidad de los datos, en intervalos de altura de 0,50 m y de período de 2 s. Esta Tabla contiene 20.740 datos de olas oceánicas sobre un total de 29.224, es decir que el 71% del tiempo las olas oceánicas arriban al área costera del Puerto de Rawson.

Hs (m)	Tm (seg)												
пз (III)	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	(%)			
0 – 0.5	1	489	2041	2758	1311	448	154	38	6	34.94			
0,5 – 1	0	765	3530	3542	863	62	1	3	0	42,27			
1 – 1,5	0	109	1474	1271	331	7	0	0	0	15,39			
1,5 – 2	0	0	440	490	115	9	0	0	0	5,08			
2 – 2,5	0	0	58	235	46	11	0	0	0	1,69			
2,5 – 3	0	0	7	81	12	4	0	0	0	0,50			
3 – 3,5	0	0	0	16	0	3	0	0	0	0,09			
3,5 – 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00			
4 – 4,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00			
4,5 - 5	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0,02			
Total	0,00	6,57	36,40	40,47	12,96	2,62	0,75	0,20	0,03	100			

Tabla 7- Olas oceánicas en el área costera. Distribución por altura y periodo

Las olas oceánicas más altas se asocian a períodos medios de 8 a 10 s. Las olas oceánicas de períodos largos (14 a 20 s) presentan alturas significativas de hasta 1 m.

La Figura 8 muestra el gráfico de rosa correspondiente a las olas oceánicas, donde puede observarse que el Swell más frecuente que se presenta en la región costera próxima al puerto procede del E y del SE.



ING. MAURO CAMPOS
APODERADO
SERMAN & ASOCIADOS S.A.





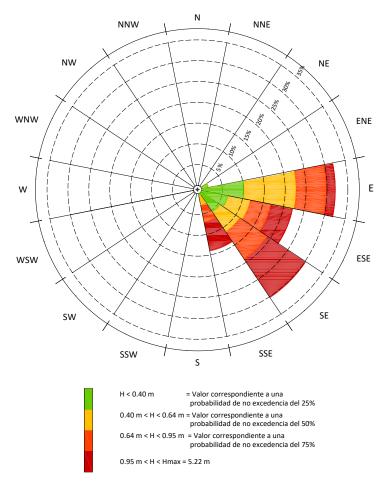


Figura 8 Rosa de olas oceánicas en la región costera

La Tabla 7 presenta información equivalente, clasificada en intervalos de altura de ola de 0,50 m, lo que permite discriminar con mejor resolución la distribución direccional del oleaje, y establecer que las olas oceánicas de mayor amplitud que llegan a la costa proceden del ESE.

La misma Tabla 7 ha sido expresada en forma porcentual respecto del total de datos del archivo. Las olas oceánicas se presentan durante un 71% del tiempo en el área costera, lo que representa unas 6.220 horas al año.

La siguiente tabla muestra la distribución direccional del oleaje.









Hs (m)				Dire	cción				Total
пз (III)	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	NE	TOLAI
0 – 0.5	0	351	3290	1760	1600	245	0	0	7246
0,5 – 1	0	5	3000	1844	2580	1337	0	0	8766
1 – 1,5	0	0	328	701	1309	854	0	0	3192
1,5 – 2	0	0	29	194	490	341	0	0	1054
2 – 2,5	0	0	10	67	182	91	0	0	350
2,5 – 3	0	0	0	29	67	8	0	0	104
3 – 3,5	0	0	0	3	16	0	0	0	19
3,5 – 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4 – 4,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4,5 - 5	0	0	0	5	0	0	0	0	5
Total	0	356	6657	4607	6244	2876	0	0	20740

Tabla 8- Distribución direccional de olas oceánicas en el área costera







5 TRANSFORMACIÓN DE OLAS EN EL RECINTO PORTUARIO PARA EL ESCENARIO ACTUAL

5.1 CARACTERÍSTICAS DE LA MODELACIÓN

La simulación numérica de la agitación en un recinto portuario requiere de un modelo matemático capaz de reproducir los mecanismos dominantes para la transformación de las olas en este tipo de aplicaciones: la difracción, la reflexión y la refracción.

El modelo matemático básico de agitación en recintos portuarios fue desarrollado por Berkhoff (1972). Combinando su ecuación para los taludes suaves con apropiadas condiciones de borde, es posible simular adecuadamente cualquier problema práctico, una vez definida la ola incidente. Para este estudio se utilizó CGWAVE (Panchang & Xu 1995), modelo de elementos finitos 2D basado en la formulación inicial de Berkhoff. CGWAVE se encuentra incorporado dentro de la plataforma SMS (Surface-Water Modeling System), lo cual agiliza su implementación facilitando considerablemente las tareas de pre y post-procesamiento de cálculo.

Este es el mismo modelo empleado por la Consultora para los estudios de agitación realizados durante la etapa constructiva de las obras.

El dominio de cálculo se genera ajustando el contorno de la región de interés para la modelación con un paso de discretización espacial suficientemente pequeño respecto de la longitud de onda de la ola más corta, de modo de representarla adecuadamente. El contorno de la región de cálculo está caracterizado por bordes físicos coincidentes con tramos de costa, muelles, escolleras, u otras estructuras, y por bordes radiantes en los que se impone la condición de ola del caso, es decir su altura, período y dirección de propagación.

La Figura 9 muestra el dominio de cálculo utilizado para evaluar la agitación en el interior de la configuración actual del Puerto de Rawson para la condición de pleamar media. La información batimétrica incorporada en esta modelación corresponde al relevamiento efectuado por la firma EVARSA suministrado por el Comitente.



Figura 9 Dominio de cálculo para la aplicación de CGWAVE (profundidades de pleamar media)

A los efectos de evaluar la incidencia de la variación de profundidades por efecto de la marea, en esta instancia del estudio se utilizaron dos mallas de cálculo diferentes, correspondientes a las condiciones de:









- Pleamar media: contiene una cantidad de 194.464 elementos triangulares, con 98394 nodos.
- Nivel medio: contiene una cantidad de 155.963 elementos triangulares, con 75.006 nodos.

Para ambas mallas de cálculo la distancia entre nodos resulta del orden de 3 m.

Como resultado de la aplicación del modelo se obtiene la distribución espacial de alturas de ola la totalidad del área modelada, siendo éste el resultado de mayor interés desde el punto de vista ingenieril. Eventualmente, también es posible conocer el campo de direcciones de propagación y corrientes generadas por el oleaje.

Este modelo puede ser aplicado a olas que responden a una distribución espectral en frecuencia y dirección, apelando al principio de superposición, dado el carácter lineal de las ecuaciones. Para ello los espectros se discretizan y se obtienen soluciones para todas las combinaciones de frecuencias y dirección. La solución final resulta de la suma de las soluciones particulares para cada banda de frecuencia en que se ha discretizado el espectro.

5.2 IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO EN EL PUERTO DE RAWSON PARA LA CONFIGURACIÓN ACTUAL DEL PUERTO

El contorno de la región de cálculo fue caracterizado por bordes físicos sobre los cuales se distinguieron sectores de escollera con coeficientes de reflexión Kr=0,45, y sectores internos del recinto portuario a los que se asignó un coeficiente de reflexión Kr=0,6 en el caso de los muelles y Kr=0.35 a la línea de costa sin intervenciones. Todos estos valores fueron adoptados en base a resultados obtenidos en estudios previos.

El conjunto de escenarios hidrodinámicos utilizados para realizar las simulaciones fue seleccionado sobre la base de los resultados presentados en los apartados 4.4.1 (Olas locales) y 4.4.2 (Swell). El propósito de este análisis consistió en simular el ingreso de olas de magnitud considerable (situaciones de temporal) a través de la boca del puerto y evaluar su propagación interna hasta la zona de proyecto.

La Tabla 9 muestra los valores de altura significativa, período de pico y dirección de incidencia del oleaje considerados para representar el oleaje propagado desde el contorno del modelo (borde oceánico) hacia el interior del recinto. Se seleccionaron para este análisis las direcciones más desfavorables en función de la orientación de la boca del puerto, contemplando tanto oleaje generado por vientos locales como Swell. Al mismo tiempo, el criterio de selección también tuvo en cuenta el objetivo de representar escenarios con cierto nivel de frecuencia en función de los valores estadísticos presentados en la Tabla 6 y en la Tabla 8.

Escenario	Hs (m)	Tp (s)	Dir (°)	Frecuencia (%)
Viento E	2,75	6,5	90	0,03
Swell E	2,25	13	90	0,05
Viento ENE	1,75	5,5	67,5	0,15
Swell ENE	0,75	14	67,5	0,02
Viento ESE	3,25	7,0	112,5	0,03
Swell ESE	2,75	12,5	112,5	0,14

Tabla 9- Parámetros del oleaje utilizados para la modelación en la configuración actual

Estos escenarios fueron representados medio de espectros direccionales del oleaje discretizados en 60 componentes. Para considerar la distribución de densidad de energía de las olas en la modelación se utilizó la función de Jonswap.

Con el fin de comparar resultados para los distintos escenarios, se dispusieron secciones de control y puntos de observación que permiten identificar valores de altura de ola a lo largo de una traza y en sectores específicos de especial interés para el estudio.









En la Figura 10 se muestran las secciones y puntos seleccionadas para este análisis.

Las secciones identificadas en la Figura 10 corresponden a la Boca de acceso al puerto y Muelle ubicado frente a la zona de proyecto. Mientras que los puntos C1 a C5 se ubican en la zona de antepuerto sobre el canal de navegación, y los puntos M1 a M6 cubren el sector donde se implantarán los nuevos muelles.



Figura 10 Ubicación de puntos y secciones de control para la configuración actual

5.3 RESULTADOS PARA LA CONFIGURACIÓN ACTUAL DEL PUERTO

Para este análisis se realizaron en total 12 simulaciones numéricas, evaluando la agitación interna producida por cada uno de los escenarios de la Tabla 9 en los dos niveles de marea seleccionados: Nivel medio y Pleamar media.

A modo de ejemplo, la Figura 11 y la Figura 12 presentan los resultados correspondientes a la simulación del escenario de oleaje generado por vientos locales con dirección de incidencia ENE, mostrando los campos de distribución de alturas de ola significativa Hs dentro del puerto para las condiciones de Nivel medio y Pleamar media, respectivamente. En el Anexo 1 se presentan las figuras correspondientes al resto de los escenarios evaluados.

La comparación entre ambas figuras da cuenta del incremento en la capacidad de penetración del oleaje a través de la boca del puerto por efecto del aumento del nivel de la marea. Esta observación puede corroborarse analizando los valores indicados en la Tabla 10 y en la Tabla 12, donde se presentan los resultados correspondientes a todos los escenarios simulados. En estas tablas se indica el valor promedio de Hs obtenido sobre las secciones de control y el valor correspondiente a cada ubicación puntual. Como complemento de las anteriores, la Tabla 11 y la Tabla 13 muestran, respectivamente, los coeficientes de transformación del oleaje obtenidos en las simulaciones. Estos valores indican la relación entre la altura de ola obtenida en cada sector y la altura de ola utilizada como dato de entrada para la modelación, es decir, la altura de ola que da nombre al escenario correspondiente.

Los mismos resultados fueron reagrupados en los gráficos de la Figura 13 a la Figura 15, las cuales corresponden a valores de agitación obtenidos para cada una de las direcciones de incidencia del oleaje. En éstas se distinguen las diferencias entre Swell y oleaje generado por viento local, y además se comparan resultados asociados a los dos niveles de marea evaluados.









Todos los escenarios analizados muestran una reducción importante en los valores de Hs a medida que el oleaje se propaga hacia el interior del puerto. Esto se hace evidente con la observación de los valores de agitación correspondientes a los puntos C1 a C5 en cada uno de los casos simulados.

El oleaje del ESE es el que, a priori, genera las mayores alturas de ola en la boca del puerto. Sin embargo, los valores de Hs indicados en la zona de instalación del proyecto (Prom M) para dicho escenario resultan del mismo orden (con Nivel Medio) o inferiores (Pleamar Media) a los del oleaje propagado desde el E.

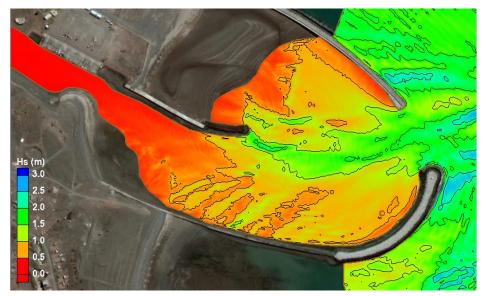


Figura 11 Escenario: Dirección ENE H=1,75 m Tp=5,5 s. Nivel Medio – Configuración Actual

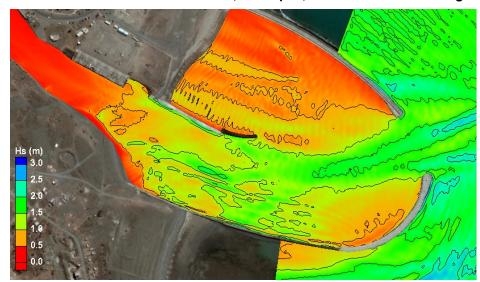


Figura 12 Escenario: Dirección ENE H=1,75 m Tp=5,5 s. Pleamar media – Configuración Actual

En las condiciones actuales, los puntos señalados sobre el sector de los muelles proyectados (M1 a M6, Figura 10) presentan escasa profundidad en para el nivel medio y por ese motivo los valores de agitación no superan el umbral de Hs= 0,2 m (Tabla 10). En el caso de pleamar media, las alturas de ola obtenidas en el sector mencionado resultan superiores a los que se indican para el muelle existente en la margen opuesta del río (Tabla 12). Este hecho indica la necesidad de evaluar algún tipo de protección complementaria para el resguardo de las embarcaciones.









Escenario	Boca	Muelle	C1	C2	С3	C4	C5	Prom M
E_H225_T13	2,20	0,17	2,03	1,73	1,43	0,80	0,46	0,14
E_H275_T65	2,39	0,20	2,22	1,49	1,57	1,12	0,47	0,17
ENE_H075_T14	0,95	0,08	0,75	0,67	0,57	0,32	0,23	0,09
ENE_H175_T55	1,49	0,15	1,55	1,04	1,17	0,85	0,39	0,14
ESE_H275_T125	2,57	0,16	1,90	1,56	1,18	0,63	0,42	0,13
ESE_H325_T7	2,67	0,21	2,12	1,40	1,35	0,93	0,50	0,17

Tabla 10- Resultados de las simulaciones con Nivel Medio. Alturas Significativas

Escenario	Boca	Muelle	C1	C2	С3	C4	C5	Prom M
E_H225_T13	0,98	0,08	0,90	0,77	0,63	0,36	0,20	0,06
E_H275_T65	0,87	0,07	0,81	0,54	0,57	0,41	0,17	0,06
ENE_H075_T14	1,27	0,11	1,00	0,89	0,76	0,43	0,31	0,12
ENE_H175_T55	0,85	0,09	0,88	0,59	0,67	0,48	0,22	0,08
ESE_H275_T125	0,93	0,06	0,69	0,57	0,43	0,23	0,15	0,05
ESE_H325_T7	0,82	0,06	0,65	0,43	0,42	0,29	0,15	0,05

Tabla 11- Resultados de las simulaciones con Nivel Medio. Coeficientes de transformación

Escenario	Boca	Muelle	C1	C2	С3	C4	C5	Prom M
E_H225_T13	2,42	1,02	2,04	1,91	1,67	1,16	1,27	1,28
E_H275_T65	2,59	0,87	2,21	2,16	2,04	1,67	1,39	1,33
ENE_H075_T14	0,93	0,26	0,70	0,63	0,61	0,35	0,41	0,59
ENE_H175_T55	1,51	0,73	1,62	1,51	1,48	1,21	0,90	0,96
ESE_H275_T125	2,91	1,00	2,02	1,65	1,34	0,99	1,06	1,00
ESE_H325_T7	2,95	0,81	2,05	1,96	1,76	1,43	1,31	1,24

Tabla 12- Resultados de las simulaciones con Pleamar media

Escenario	Boca	Muelle	C1	C2	С3	C4	C5	Prom M
E_H225_T13	1,08	0,45	0,91	0,85	0,74	0,52	0,56	0,57
E_H275_T65	0,94	0,32	0,81	0,78	0,74	0,61	0,50	0,49
ENE_H075_T14	1,24	0,35	0,93	0,84	0,81	0,46	0,54	0,79
ENE_H175_T55	0,86	0,42	0,93	0,86	0,85	0,69	0,52	0,55
ESE_H275_T125	1,06	0,36	0,73	0,60	0,49	0,36	0,39	0,36
ESE_H325_T7	0,91	0,25	0,63	0,60	0,54	0,44	0,40	0,38

Tabla 13- Resultados de las simulaciones con Pleamar Media. Coeficientes de transformación

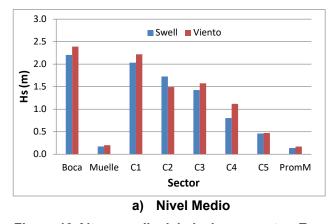








Debe tenerse en cuenta que los resultados obtenidos para la configuración actual del puerto son válidos cómo marco de referencia y que la modificación de profundidades asociadas al desarrollo del proyecto, cambiará sustancialmente los valores de agitación, fundamentalmente, en el sector los muelles proyectados.



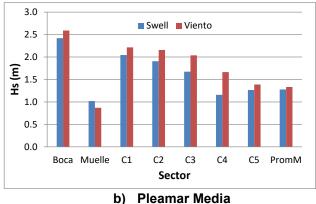
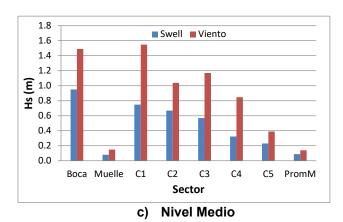


Figura 13 Altura media del oleaje por sector. Escenarios con incidencia del E – Configuración Actual



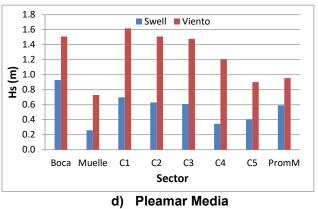
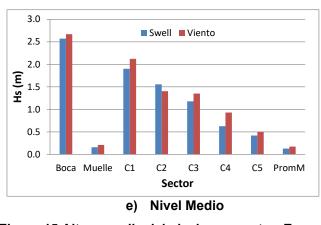


Figura 14 Altura media del oleaje por sector. Escenarios con incidencia del ENE – Configuración Actual



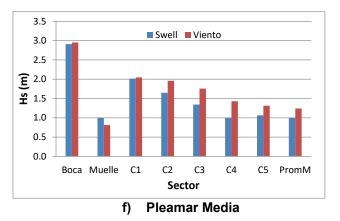


Figura 15 Altura media del oleaje por sector. Escenarios con incidencia del ESE – Configuración Actual









6 BASES DE DISEÑO PORTUARIO

6.1 INTRODUCCIÓN

Siguiendo las premisas del estudio, se realizará el análisis náutico para un escenario que comprende el proyecto de nuevos muelles para operación de la flota pesquera y posteriormente de buques portacontenedores.

6.2 ALINEACIÓN DEL FRENTE DE ATRAQUE

Se ha previsto la disposición de 3 muelles tipo¹ que se ubicarán uno en coincidencia con cada lote disponible según la información proporcionada por el Cliente, los cuales permitirán operar con embarcaciones pesqueras. Los muelles pesqueros han sido denominados "Juan Granada 1, 2 y 3".

Aguas abajo de los mismos, se ha ubicado un muelle multipropósito que permitirá la operación de la flota pesquera y en un futuro también de buques portacontenedores tipo "Feeder". Dicho muelle ha sido denominado "Ricardo del Valle".

En cuanto a la alineación y ubicación en relación a la línea de costa se ha considerado que las áreas náuticas futuras tengan superficies suficientes para lograr operaciones versátiles y seguras en cualquiera de los sitios de atraque. Por este motivo la línea de muelle entre los tres muelles pesqueros es armónica y no tiene escalones o cambios bruscos de dirección en el sentido este-oeste, mientras que el muelle Ricardo del Valle presenta una alineación diferente en unos 20°.

En la siguiente figura se puede apreciar la ubicación y configuración general de los muelles descritos anteriormente.

En base a simulaciones preliminares de agitación se llegó a la conclusión de que los muelles no pueden estar expuestos al oleaje ingresante desde la boca, razón por la cual se previó la construcción de un espigón perpendicular a la línea de muelles, de unos 70 metros de longitud.

La ubicación y longitud del mismo ha sido evaluada mediante el modelo matemático, y el diseño propuesto verifica que el efecto deseado de atenuación del oleaje pueda ser logrado sin interferir en gran medida con las maniobras y navegación de los buques.

Su construcción implica que debe acortarse la prolongación del espigón ubicado al Norte en unos 45 metros, a los efectos de generar espacio suficiente para el canal de acceso.

¹ Muelles tipo: 65 m de largo por 20 m de ancho sobre pilotes provisto por el Cliente





ING. MAURO CAMPOS ARDOERADO SERMAN & ASOCIADOS S.A.





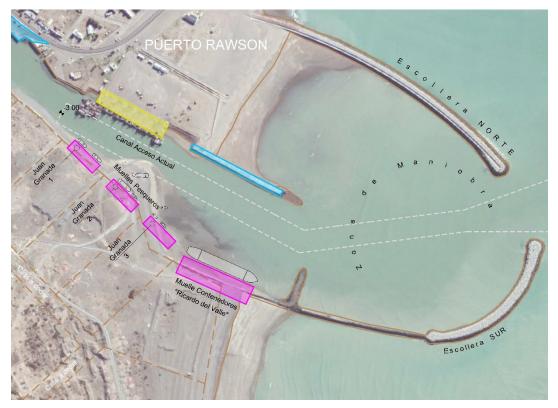


Figura 16 Escenario 1: Muelles pesqueros y multipropósito

6.3 TIPOLOGÍA DE MUELLES PARA OPERACIÓN DE LA FLOTA PESQUERA Y PORTACONTENEDORES

La tipología de los muelles para la operación de la flota pesquera ha sido definida por el Cliente, siendo muelles de hormigón armado de 65 m de longitud y 20 m de ancho. De acuerdo a la información recibida, el muelle cuenta con cabezales transversales al frente de atraque dispuestos cada 10,6 m. Cada cabezal se encuentra fundado sobre 4 pilotes de 0,75 m de diámetro, 19 m de longitud separados entre sí 5,67 m.

Los muelles han sido calculados para permitir el atraque, amarre y operación de la denominada flota amarilla (Eslora de 15/20 m, Manga de 5/6 m y Calado: 2,5/3,5 m).

Para la operación de los buques portacontenedores, se deberá realizar la verificación estructural de dicho tipo de muelle, debido a las mayores solicitaciones que se generarán por el mayor tamaño de los buques, y también a la mayor profundidad que será necesaria generar en el frente de atraque.









7 <u>DISEÑO DE LAS ÁREAS NÁUTICAS INCLUYENDO BUQUES PONTACONTENEDORES</u>

7.1 FLOTA DE BUQUES

La operación de buques portacontenedores en el puerto de Rawson implica realizar la adecuación de las áreas náuticas relacionadas con el canal de acceso, zona de giro y dársena de operaciones frente al muelle, debido obviamente a las mayores dimensiones de los buques.

De acuerdo a lo informado por el Cliente, la flota de buques que harán uso de los nuevos muelles proyectados es la correspondiente a la denominada Flota Amarilla, Flota Naranja y también buques portacontenedores tipo Feeder.

Tipo de Buque	Operación	Eslora Típica (m)	Eslora Máxima (m)	Manga máxima Bmax (m)	Calado Máximo (m)
Costero cercano	Pesca	9 a 15	15	4	2,50
Costero lejano	Pesca	15 a 20	20	6	3,50
Portacontenedores Feeder (800 TEU)	Contenedores	135-141	141	22	7,33

Tabla 14- Características de la Flota de diseño incluyendo buques portacontenedores

Existe una notable restricción en el ancho del canal de acceso, debido al ancho disponible en la boca de acceso al puerto, limitado a unos 75 metros debido a la configuración de las escolleras norte y sur. Si bien realizar el movimiento de los morros de las escolleras podría ser posible, se considera una obra bastante onerosa y cuyo impacto debería ser estudiado en detalle con estudios de agitación en el recinto portuario, por lo que no se plantea como alternativa.

7.2 DISEÑO GEOMÉTRICO

El diseño geométrico de las áreas náuticas será realizado teniendo en cuenta las siguientes recomendaciones internacionales:

- "Harbour Approach Channels. Design Guidelines" Report n° 121- 2014-PIANC
- Recomendaciones para Obras Marítimas (ROM), publicadas por el estado español. ROM 3.1-99: Proyecto de la Configuración de los Puertos, Canales de Acceso y Áreas de Flotación.
- Informes publicados por la Asociación Internacional Permanente de Congresos de Navegación (AIPCN-PIANC)

7.2.1 Alineamiento

El alineamiento del canal de acceso exterior se consideró de forma casi perpendicular a la boca de acceso. Considerando la batimetría provista por el Cliente, la longitud del canal que resulta hasta alcanzar la isobata de 6,0 m al MOP desde la boca de acceso, resultó de 688 m.

7.2.2 Anchos

El ancho de solera del canal de acceso necesario para permitir el ingreso de los buques portacontenedores fue determinado siguiendo las recomendaciones del documento "Harbour Approach Channels. Design Guidelines" Report n° 121- 2014 de la PIANC. Dicha guía brinda herramientas para realizar el diseño conceptual de canales de navegación, teniendo en consideración la incidencia en la seguridad náutica de los parámetros de diseño medioambientales propios de cada lugar bajo estudio.







Siguiendo entonces el diseño conceptual o determinístico, el ancho de la solera del canal de una sola mano en su tramo recto se encuentra definido según la siguiente expresión:

$$W = W_{BM} + \sum W_i + W_{b,n} + W_{b,s} = K \cdot B$$

donde:

W_{BM}: ancho de maniobrabilidad básica.

W_i: sobreanchos requeridos tanto por acciones hidrometeorológicas, como por requerimientos de navegación, carga y características del fondo.

 $W_{b,n}$; $W_{b,s}$: margen de seguridad a los bancos para el veril "norte" y "sur", respectivamente.

K : constante resultante que multiplica la manga del buque de diseño.

Se denominó "canal exterior" al tramo que se extiende desde el mar abierto hasta la boca de entrada al puerto. El diseño se realizó considerando que el buque se aproxima por sus propios medios a una velocidad moderada del orden de los 10 a 12 nudos (22 km/h) y en algún punto que se deberá definir con un profesional especialista en navegación de la zona, el buque será tomado por un remolcador para realizar el ingreso al puerto.

En la siguiente tabla se presenta el cálculo del ancho de solera del tramo recto del canal exterior:

CUADRO 1: ANCHO BASICO DE MANIOBRA: Wbm

MANIOBRABILIDAD	TABLA	VELOC.	OBSERVACIONES
	ANCHOS	MODER.	
BUENA	1,3 B	1,3	
MODERADA	1,5 B		La maniobrabilidad del buque de diseño puede considerarse buena para la navegación del canal exterior y moderada una vez que supera la boca de acceso e ingresa a la zona de maniobra.
POBRE	1,8 B		
ADOPTADO:		1,3	

CUADRO 2: ANCHOS ADICIONALES PARA TRAMOS RECTOS: Wi

CONDICION	VELOCIDAD DEL BUQUE	TABLA ANCHOS	VELOC. MODER.	OBSERVACIONES
(a) VELOCIDAD BUQUE	(NUDOS)			
> 12	ALTA	0,1 B		
> 8 - 12	MODERADA	0,0	0	
5 - 8	BAJA	0,0		
(b) VIENTO TRANSVER	SAL PREVALECIENTE (NUDOS)			
Suave <= 15 nudos	ALTA	0,1 B		
	MODERADA	0,2 B		
	BAJA	0,3 B		La velocidad del viento V puede superar los 15 nudos durante la navegación.
Moderado > 15 - 33 n.	ALTA	0,3 B		
	MODERADA	0,4 B	0,4	Se adopta viento MODERADO (hasta 60 km/h) como limitación para la navegación del canal exterior.
	BAJA	0,6 B		







CONDICION	VELOCIE	AD DEL BUQUE	TABLA ANCHOS	VELOC. MODER.	OBSERVACIONES
Severo > 33 - 48 n.		ALTA	0,5 B		
	MO	DDERADA	0,7 B		
		BAJA	1,1 B		
(c) CORRIENTE TRANS (NUDOS)	VERSAL PRE	VALECIENTE			
Despreciable <= 0.2 n.		TODAS	0,0		
Baja > 0.2 - 0.5 n.		ALTA	0,2 B		
	MC	DDERADA	0,25 B	0,25	
		BAJA	0,3 B		Se adopta corriente transversal BAJA
Moderada > 0.5 - 1.5 n.		ALTA	0,5 B		
	MO	DDERADA	0,7 B		
		BAJA	1,0 B		
Fuerte > 1.5 - 2.0 n.		ALTA	1,0 B		
	MO	DDERADA	1,2 B		
		BAJA	1,6 B		
(d) CORRIENTE LONGI	TUDINAL PRE	VALECIENTE			
Baja <= 1.5 nudos		TODAS	0,0	0	Se considera corriente longitudinal baja
Moderada > 1.5 - 3.0 n.		ALTA	0,0		
		MODERADA	0,1 B		
		BAJA	0,2 B		
Fuerte > 3.0 nudos		ALTA	0,1 B		
		MODERADA	0,2 B		
		BAJA	0,4 B		
(e) ALTURA DE OLA (C	UARTERING	WAVE) Hs (m)			
<=1.0		TODAS	0,0		
1.0 - 3.0		TODAS	0,5 B	0,5	La altura de la ola de popa puede alcanzar los 3 m
>=3.0		TODAS	1,0 B		105 3 111
(f) AYUDAS A LA NAVE	GACION				
- Excelente, control de tr			0.0		Se considera un sistema de balizamiento compuesto por boyas.
- Buena			0,2 B		En caso de que el sistema de balizamiento que se implemente cuente con mejores elementos, se podrá reducir el ancho adicional en 0,2B.
- Moderada			0.4 B	0,4	S. S,=2.
(g) SUPERFICIE DEL LE - Si profundidad >=1.5 t			0.0		
- Si profundidad < 1.5 t,	entonces				
- Suave y blando			0,1 B		
- Rugosa y dura			0,2 B	0,2	La superficie del lecho se considera dura por la existencia de la restinga
(h) PROFUNDIDAD DEL	. CANAL h				
- >=1.5 t (calado)			0,0		
- 1.5 t - 1.25 t			0,1 B		
- < 1.25 t			0,2 B	0,2	
(i) NIVEL DE RIESGO D	E LA CARGA				









CONDICION	VELOCIDAD DEL BUQUE	TABLA ANCHOS	VELOC. MODER.	OBSERVACIONES
- Вајо		0,0	0	Se considera carga con nivel bajo de riesgo por tratarse de contenedores con insumos para la industria pesquera.
- Medio		0,4 B		
- Alto		0,8 B		
Sumatoria de sobreano	hos Wi		1,95	

CUADRO 3: ANCHOS ADICIONALES POR MARGEN DE SEGURIDAD AL BANCO: Wbr y Wbg

CONDICION	VELOCIDAD TABLA			
		ANCHOS	MODER.	
Taludes laterales suaves:				
	ALTA	0,2 B		
	MODERADA	0,1 B	0,1	
	BAJA	0,0 B		
Taludes verticales y sedimentos				
	ALTA	0,7 B		
	MODERADA	0,5 B		
	BAJA	0,3 B		
Duros, estructuras:	ALTA	1,3 B		
	MODERADA	1,0 B		
	BAJA	0,5 B		
Wbr + Wbg = 2 x Wb =			0,2	

RESUMEN	VELOC.	
	MODER.	
PISTA DE BARRIDO: Wbm =	1,3	х В
ANCHOS ADICIONALES: Wi =	1,95	х В
MARGENES DE SEGURIDAD: Wbr+Wbg =	0,2	х В
ANCHO TOTAL: W =	3,45	х В
(B= 21,0 m)	75,21	
ADOPTADO W=	75	metros

Como se puede apreciar, el canal de acceso permitirá el ingreso de buques portacontenedores tipo Feeder de máximo 21 m de manga y 140 m de eslora. El ingreso o egreso en condiciones de máxima carga se podrá realizar utilizando la pleamar y las condiciones medioambientales deberán ser favorables con vientos menores a 60 Km/h y olas menores a 3 m en cualquier condición.

Una vez que se supera la boca de acceso y se ingresa al recinto portuario, el buque deberá realizar la maniobra de giro para posteriormente posicionarse en el muelle. La zona de giro se ha diseñado siguiendo las Recomendaciones para Obras Marítimas (ROM), publicadas por el estado español. ROM 3.1-99: Proyecto de la Configuración de los Puertos, Canales de Acceso y Áreas de Flotación.

Se ha considerado que la maniobra se realiza con asistencia de remolcadores, siendo el resultado del diseño conceptual un círculo de 280 m de diámetro.









En una primera etapa, si el muelle es empleado únicamente para la flota pesquera, será suficiente con mantener la profundidad de diseño original del canal de acceso, sin generar el círculo de maniobra.

La salida desde la zona de maniobra hacia el muelle debe realizarse siguiendo la traza del canal actual, por lo cual este recorrido requiere generar un canal de 75 m de ancho mínimo entre el morro del espigón propuesto y la vieja escollera sur del puerto.

La propuesta se muestra en la Figura 17 y la misma se recomienda que sea avalada posteriormente mediante modelos matemáticos de simulación de maniobra.



Figura 17 Diseño náutico conceptual para buque portacontenedor

7.2.3 Profundidad y talud

7.2.3.1 Canal de Acceso Exterior

La profundidad del canal de acceso exterior ha sido definida teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

- el calado máximo del buque de diseño,
- el nivel de marea a partir del cual se posibilite el ingreso,
- el asentamiento del barco, función de su velocidad,
- la revancha bajo quilla mínima admitida (2 pies),

Para el diseño conceptual realizado se consideró que el buque portacontenedor tipo feeder, puede ingresar con su máximo calado de 7,0 m en ventanas de marea que generen suficiente nivel de agua para garantizar la navegación en condiciones de seguridad durante toda la navegación desde el canal de acceso exterior hasta el ingreso a la dársena de operaciones frente al muelle.

Como hipótesis de diseño se ha previsto una cota de solera del canal de acceso de -6,0 m al cero MOP. Analizando las condiciones de marea que se presentan en el punto 4.1, se ha elegido una pleamar de cuadratura de perigeo que referida al cero MOP es de +1,77 para permitir el ingreso del buque a plena carga. Esto generará un nivel de agua de 7,77 m que le permitirá al buque navegar con un margen bajo quilla mínimo.

No se ha considerado una revancha adicional por oleaje en la boca y el tramo adyacente del canal, por lo que en la fase de proyecto ejecutivo al evaluar el diseño náutico con modelaciones matemáticas de maniobra de los buques portacontenedores, tal como requiere normalmente la Prefectura Naval Argentina para habilitar nuevas instalaciones portuarias, se deberá verificar el comportamiento del









buque ante oleajes del orden de 3 m que es lo máximo que se ha supuesto como condición límite de operación, los cuales, conforme a los estudios realizados que se presentan en el Capítulo 9, pueden ocurrir en promedio unas 25 horas anuales.

En cuanto a los taludes se ha previsto un talud de dragado de 1:5 en el canal exterior y de 1:3 en las zonas interiores protegidas.

7.2.3.2 Dársena de operaciones

La profundidad de la dársena de operaciones para el muelle multipropósito "Ricardo del Valle" se ha definido en -8.50 m al cero MOP para la etapa final donde ya se opere con buques portacontenedores. Para una primera etapa inicial de operación de las embarcaciones pesqueras denominadas "costero lejano" se ha definido una cota de proyecto de -3.0 m al cero MOP, la cual podrá requerir un sobredragado técnico de 1 o 2 pies considerando la sedimentación propia del lugar.

Los taludes de transición entre el canal de acceso y la dársena de operaciones se han definido en 1:3.

7.2.4 Volúmenes de apertura de las áreas náuticas

Los volúmenes de apertura se han calculado considerando los datos batimétricos y topográficos provistos por el Cliente.

De esta manera, se ha calculado el dragado de apertura necesario para materializar el Canal de acceso Exterior, la Zona de Maniobras, el Canal Interior y las dársenas de operaciones, según el diseño náutico presentado en el plano 19-014-IB-PR-EN-103. El volumen resultante se puede apreciar en la siguiente tabla:

ÁREA NÁUTICA	VOLUMEN A DRAGAR Datos originales de EVARSA y Topográficos (m³)	VOLUMEN A DRAGAR Con cotas batimetría Ajustada +0,70 (m³)	DIFERENCIA (m²)
Muelles de Pesca "Juan Granada 1 a 3"	71.540	73.480	1.940
Muelle de Contenedores "Ricardo del Valle"	116.970	128.080	11.110
Canal Interior	93.780	114.220	20.440
Zona de Maniobras	241.490	291.580	50.090
Canal de Acceso Exterior	80.040	120.770	40.730
Total	603.820	728.130	124.310

Tabla 15- Volúmenes a dragar estimados

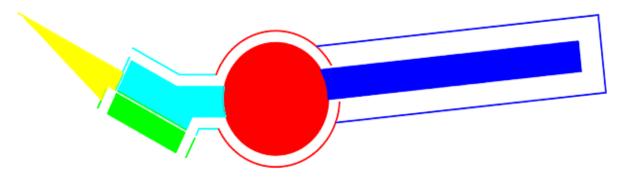


Figura 18 Cálculo volúmenes de dragado









Se debe aclarar que los volúmenes han sido calculados considerando los datos provistos originalmente, los cuales tienen puntos no coincidentes en la zona de superposición de la batimetría con la topografía (zona del "grano").

Luego de un análisis más detallado realizado por el especialista en topografía del Cliente, se encontró que las diferencias promedio entre los puntos son del orden de 70 cm, estando la batimetría más "abajo" que lo indicado por la topografía. Por indicación del Cliente y para poder avanzar con las tareas, se resolvió continuar con el cálculo de los volúmenes, siendo entonces los resultados los que se muestran en la tabla anterior.

Estos volúmenes podrán ser ajustados cuando se cuente con datos corregidos de un nuevo relevamiento.

٠









8 TRANSFORMACIÓN DE OLAS EN EL RECINTO PORTUARIO PARA EL ESCENARIO FUTURO

8.1 IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO CGWAVE EN EL PUERTO DE RAWSON PARA LA CONFIGURACIÓN FUTURA DEL PUERTO

La misma metodología utilizada para evaluar el oleaje interno con la configuración actual del puerto fue implementada para analizar las condiciones de agitación esperables en la futura planta portuaria que se proyecta.

La Figura 17 muestra el conjunto de modificaciones planificadas para la nueva configuración del puerto. Como se indicó previamente, as mismas incluyen áreas de dragado destinadas a mejorar las condiciones de navegación, la incorporación de nuevos muelles sobre la margen derecha del río Chubut, y la modificación de obras defensa interiores consistentes en el acortamiento de la escollera interna actual (sobre la margen izquierda del río) y la implantación de un nuevo espigón perpendicular a la escolera sur para el resguardo de los nuevos muelles.

En base a esto se construyeron tres mallas de cálculo para la implementación de CGWAVE con el propósito de evaluar la agitación dentro del nuevo recinto portuario reproduciendo la propagación de diferentes escenarios de oleaje en condiciones de: Nivel Medio (N=1,12 m cota MOP), Pleamar media (N=2,87 m cota MOP), y Bajamar media (N=0,67 m cota MOP), respectivamente.

Las tres mallas abarcan la misma área de modelación con una discretización que incorpora un total de 50533 nodos y 99348 elementos (triangulares). La separación entre nodos es de 3 m. La Figura 19, a modo de ejemplo, muestra la malla correspondiente a la condición de Nivel Medio, con profundidades referidas a la cota MOP.

En la misma Figura 19 y en la Figura 20 se indica además la posición de los puntos de control seleccionados para evaluar los resultados. Los mismos fueron ubicados sobre la zona de acceso al puerto (E1 a E3), el área de maniobras (M1 a M4), el canal de navegación interior (C1 a C3) y la zona de nuevos muelles (A1 a A5).

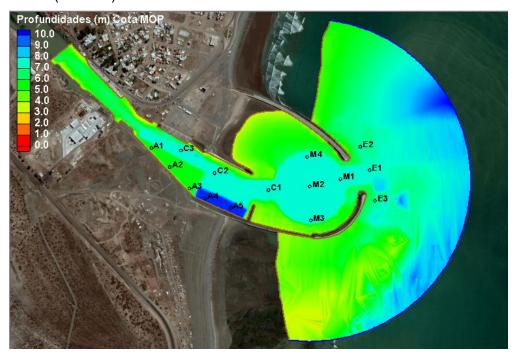


Figura 19 Malla de cálculo CGWAVE para condición de Nivel Medio (Profundidades en cota MOP)









Figura 20 Ubicación de puntos de cálculo del oleaje

El contorno de la región de cálculo fue caracterizado por bordes físicos sobre los cuales se distinguieron sectores de escollera con coeficientes de reflexión Kr=0,45, y sectores internos del recinto portuario a los que se asignó un coeficiente de reflexión Kr=0,6 en el caso de los muelles y Kr=0.35 a la línea de costa sin intervenciones. Todos estos valores fueron adoptados en base a resultados obtenidos en estudios previos.

8.2 ESCENARIOS DE ANÁLISIS

Con el propósito de establecer una estadística representativa de la agitación del oleaje dentro del puerto se reprodujo un amplio conjunto de escenarios hidrodinámicos correspondientes al clima de olas en la zona de acceso al puerto. La **Tabla 16** presenta la estadística de olas totales en el acceso al puerto de Rawson correspondiente al período entre el 1/1/96 y el 31/12/2005, indicando la distribución direccional de casos de oleaje para un rango alturas de Hs=0,5 m. Sobre un total de 29224 intervalos de tiempo (1 dato cada tres horas en 10 años de información) las olas que arriban a la zona del puerto suman un total de 25442 casos (87,1% del tiempo)..

De la misma información se desprenden los cuadros de dispersión Hs-Tz presentados en la Tabla 17 para cada una de las direcciones del oleaje que inciden sobre el puerto. En éstos se indica la cantidad de casos de oleaje para rangos de altura significativa (Hs) y período medio (Tz) correspondiente a cada dirección.

La estrategia para representar en forma aproximada la totalidad de los eventos consistió un realizar para cada dirección un conjunto de simulaciones numéricas con ondas unitarias (Hs= 1m) y una variación de períodos de pico (Tp) que cubriera el rango de valores indicados en la Tabla 17.

En consecuencia, se evaluaron los 32 escenarios de oleaje indicados en la Tabla 18 para cada uno de los tres niveles de marea considerados para el estudio: nivel medio (NM), pleamar media (PM) y bajamar media (BM); computando un total de 96 simulaciones numéricas realizadas.



ING. MAURO CAMPOS
APODERADO
SERMAN A SOCIADOS S A





Ha (ma)	Dirección								
Hs (m)	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	Total		
0 – 0,5	365	2285	1087	891	194	16	4838		
0,5 – 1	1068	2736	1329	2000	1737	1081	9951		
1 – 1,5	920	697	715	1538	2265	154	6289		
1,5 – 2	70	189	285	788	1200		2532		
2 – 2,5		43	131	556	423		1153		
2,5 – 3		7	47	332	101		487		
3 – 3,5			13	110	26		149		
3,5 – 4			5	24	2		31		
4 – 4,5				3			3		
4,5 - 5			5				5		
5 – 5,5			4				4		
Total (%)	2423	5957	3621	6242	5948	1251	25442		

Tabla 16- Estadística de olas totales en la zona de acceso al puerto de Rawson

Hs (m)	a) DIR ENE -Tz (s)							
П5 (III)	0-2	2-4	4-6	6-8				
0 – 0,5	4	13	194	154				
0,5 – 1		760	308					
1 – 1,5		186	734					
1,5 – 2		1	69					

Hs (m)	b) DIR E - Tz (s)									
	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14			
0 – 0,5	1		258	1120	772	128	6			
0,5 – 1		76	323	1534	727	75	1			
1 – 1,5		58	265	208	155	11				
1,5 – 2			95	69	25					
2 – 2,5	·		8	26	9					
2,5 – 3	·		2	5						

IIa (ma)	c) DIR ESE - Tz (s)										
Hs (m)	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18			
0 – 0,5			28	469	461	99	17	13			
0,5 – 1	16	63	351	636	236	26	1				
1 – 1,5	6	72	193	302	140	2					
1,5 – 2		36	83	66	95	5					
2 – 2,5		9	55	25	34	8					
2,5 – 3		1	12	18	11	5					
3 – 3,5			2	6	2	3					
3,5 – 4			2	3							
4 – 4,5											
4,5 - 5					5						
5 – 5,5					4						









Hs (m)		d) DIR SE - Tz (s)									
	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20		
0 – 0,5		1	78	427	208	119	53	3	2		
0,5 – 1	52	150	718	873	199	8					
1 – 1,5	12	251	639	541	94	1					
1,5 – 2		118	352	273	45						
2 – 2,5		15	332	181	22	6					
2,5 – 3			152	169	11						
3 – 3,5			30	80							
3,5 – 4			4	20							
4 – 4,5				3							

Ha (ma)	e) DIR SSE - Tz (s)							
Hs (m)	2-4	4-6	6-8	8-10				
0 – 0,5		20	83	91				
0,5 – 1	103	661	666	307				
1 – 1,5	36	1321	573	335				
1,5 – 2		483	535	182				
2 – 2,5		39	294	90				
2,5 – 3			84	17				
3 – 3,5			9	17				
3,5 – 4				2				

Hs (m)	f) DIR S - Tz (s)			
	2-4	4-6		
0 – 0,5	16			
0,5 – 1	870	211		
1 – 1,5	81	73		

Tabla 17- Dispersión Hs-Tz para las dirección del oleaje incidente

Dir	Valores de Tp (s) simulados para cada dirección del oleaje								
ENE	4	6	8						
E	4	6	8	10	12	14			
ESE	4	6	8	10	12	14	16	18	
SE	4	6	8	10	12	14	16	18	20
SSE	4	6	8	10					
S	4	6							

Tabla 18- Escenarios de oleaje simulados

De esta manera se obtuvieron los coeficientes de transformación del oleaje (Ki) correspondientes los sitios de interés para el estudio, con los cuales puede estimarse la altura de ola asumiendo una relación lineal entre ésta y la altura del oleaje incidente para los diferentes casos de la estadística. Para ello se aplica la siguiente expresión:









Hi = Ki * Ho

Donde Hi representa la altura de ola en un punto i determinado (para el cual se conoce el valor Ki) y Ho representa la ola incidente en la zona de acceso al puerto.

8.3 RESULTADOS DEL MODELO CGWAVE EN EL PUERTO DE RAWSON PARA LA CONFIGURACIÓN FUTURA DEL PUERTO

El conjunto de escenarios analizados permitió observar el campo de coeficientes de transformación del oleaje en la totalidad del área modelada y, particularmente, en los sitios puntuales seleccionados para evaluar la agitación.

A modo de ejemplo, la **Figura 21**, **Figura 22**, y la **Figura 23** presentan los resultados correspondientes a la simulación del escenario con Hs=1 m y Tp=8 s para las direcciones de incidencia ENE, E y ESE, respectivamente. En todos los casos el estado de la marea fue coincidente con el Nivel medio.

El análisis de las figuras muestra que el ingreso de energía de las olas por la boca del puerto en el caso de las direcciones ENE y E resulta considerable, sin embargo, el oleaje que llega hasta la zona de los muelles proyectados resulta considerablemente reducido. En buena medida, esto se debe a la presencia del espigón perpendicular a la escollera sur que logra dar condiciones de abrigo a los muelles mediante la reflexión de gran parte de la energía incidente hacia esa zona.

En el caso de la dirección ESE, el ingreso del oleaje por la boca del puerto resulta considerablemente menor, y en la zona de muelles la agitación resulta despreciable. Esta situación se acentúa para el caso de las direcciones SE, SSE y S dado la orientación favorable de las obras de abrigo. De acuerdo a la cantidad de casos que presenta la estadística del oleaje asociados a estas direcciones este hecho constituye un beneficio significativo para la operatoria portuaria.

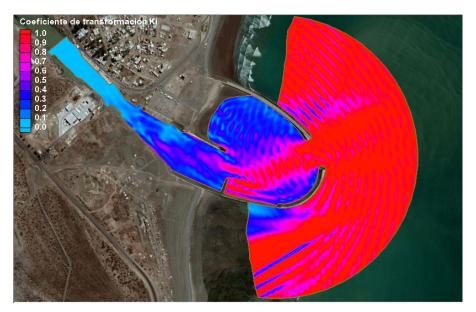


Figura 21 Resultado de la propagación del oleaje del ENE con Hs=1 m y Tp=8 s (Nivel Medio)



ING. MAURO CAMPOS
APODERADO
SERMAN & ASOCIADOS S A



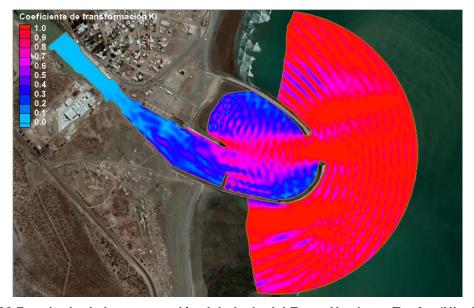


Figura 22 Resultado de la propagación del oleaje del E con Hs=1 m y Tp=8 s (Nivel Medio)



Figura 23 Resultado de la propagación del oleaje del ESE con Hs=1 m y Tp=8 s (Nivel Medio)

Los efectos de la variación del nivel del mar sobre la agitación en el interior del puerto pueden interpretarse en la Figura 24 y en la Figura 25, las cuales corresponden a un escenario con oleaje del E y H=1 m y Tp=8 s, para condiciones de pleamar media y bajamar media, respectivamente.

Si bien la imagen muestra una distribución de energía similar al obtenido para el nivel medio (**Figura 22**), se observa un leve incremento de la agitación en la zona de los muelles proyectados, lo cual parece ser más notorio para el caso de pleamar media.



ING. MAURO CAMPOS
APODERADO
SERMANA A SOCIADOS S A



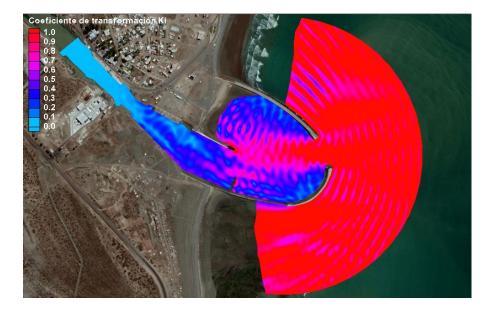


Figura 24 Resultado de la propagación del oleaje del E con Hs=1 m y Tp=8 s (Pleamar media)

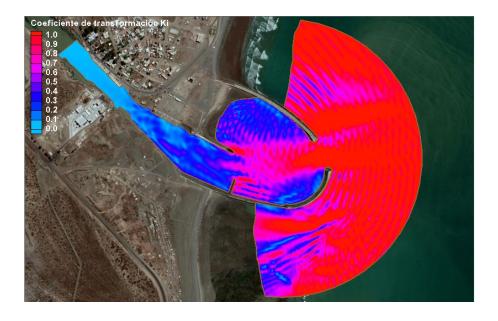


Figura 25 Resultado de la propagación del oleaje del E con Hs=1 m y Tp=8 s (Bajamar media)

La presentación de los resultados de la modelación se completa con la

Tabla 19, la Tabla 20, y la Tabla 21; donde se indican los valores de coeficiente de transformación (Ki) obtenidos en los puntos de control para los tres niveles de marea evaluados.



ING. MAURO CAMPOS





Punto	Dir	ección E	NE			Dire	cción E						Direc	ción ESE			
	T=4	T=6	T=8	T=4	T=6	T=8	T=10	T=12	T=14	T=4	T=6	T=8	T=10	T=12	T=14	T=16	T=18
E1	0,86	0,94	1,05	0,86	1,00	1,03	1,10	1,11	1,07	1,29	1,15	1,18	1,14	1,12	1,06	1,14	1,22
E2	0,90	0,96	0,96	0,94	0,91	1,04	1,15	1,08	1,15	0,75	0,84	1,08	1,18	1,08	0,98	1,03	1,05
E3	1,10	1,24	1,30	0,75	0,78	0,83	1,04	1,08	0,87	0,97	1,06	1,03	1,24	0,98	0,86	0,65	0,64
M1	0,81	0,86	0,90	1,06	1,13	1,20	0,90	0,84	0,92	0,67	0,53	0,58	0,74	0,53	0,51	0,62	0,59
M2	0,88	0,84	0,77	0,92	0,81	0,74	0,74	0,59	0,68	0,26	0,24	0,28	0,28	0,22	0,34	0,38	0,53
M3	0,44	0,48	0,34	0,18	0,30	0,22	0,35	0,32	0,17	0,11	0,09	0,16	0,12	0,22	0,17	0,13	0,15
M4	0,31	0,28	0,31	0,37	0,40	0,35	0,54	0,41	0,47	0,65	0,48	0,46	0,55	0,45	0,45	0,50	0,38
C1	0,64	0,51	0,48	0,65	0,76	0,64	0,52	0,58	0,47	0,20	0,22	0,15	0,18	0,29	0,24	0,36	0,32
C2	0,32	0,21	0,28	0,27	0,31	0,27	0,26	0,28	0,23	0,05	0,08	0,04	0,12	0,13	0,15	0,13	0,10
C3	0,17	0,14	0,09	0,20	0,17	0,07	0,15	0,16	0,12	0,04	0,04	0,01	0,06	0,08	0,07	0,06	0,07
A1	0,10	0,08	0,09	0,12	0,15	0,06	0,13	0,07	0,14	0,04	0,05	0,01	0,06	0,03	0,10	0,15	0,17
A2	0,28	0,22	0,24	0,28	0,32	0,19	0,29	0,20	0,21	0,06	0,09	0,03	0,12	0,09	0,15	0,15	0,20
А3	0,32	0,13	0,26	0,50	0,14	0,24	0,42	0,26	0,27	0,14	0,05	0,05	0,15	0,11	0,19	0,28	0,24
A4	0,33	0,22	0,22	0,45	0,31	0,22	0,28	0,23	0,22	0,10	0,12	0,05	0,08	0,10	0,16	0,20	0,20
A5	0,45	0,27	0,17	0,34	0,31	0,20	0,23	0,12	0,16	0,12	0,08	0,05	0,08	0,05	0,11	0,15	0,17

Punto				Direc	ión SE					Direcc	ión SSE			Direcciór	S
	T=4	T=6	T=8	T=10	T=12	T=14	T=16	T=18	T=20	T=4	T=6	T=8	T=10	T=4	T=6
E1	0,58	0,74	0,77	0,79	0,83	0,81	0,86	0,93	1,00	0,40	0,54	0,42	0,58	0,27	0,34
E2	0,91	1,16	1,11	1,05	1,02	1,04	1,08	1,06	1,05	0,26	0,43	0,45	0,60	0,26	0,29
E3	0,56	0,84	0,89	1,07	0,89	0,79	0,63	0,60	0,75	0,68	0,57	0,83	0,98	0,24	0,46
M1	0,25	0,44	0,35	0,45	0,41	0,31	0,29	0,25	0,34	0,13	0,26	0,27	0,34	0,03	0,08
M2	0,11	0,19	0,22	0,19	0,17	0,13	0,14	0,23	0,18	0,04	0,11	0,16	0,15	0,01	0,04
M3	0,04	0,10	0,14	0,08	0,11	0,15	0,12	0,03	0,03	0,03	0,05	0,10	0,07	0,01	0,01
M4	0,23	0,31	0,23	0,28	0,24	0,25	0,30	0,23	0,34	0,10	0,20	0,18	0,22	0,02	0,06
C1	0,07	0,15	0,19	0,15	0,14	0,06	0,16	0,17	0,20	0,05	0,07	0,14	0,12	0,01	0,01
C2	0,02	0,04	0,05	0,07	0,06	0,05	0,06	0,06	0,08	0,02	0,02	0,04	0,06	0,00	0,00
С3	0,02	0,02	0,01	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,01	0,01	0,01	0,02	0,00	0,00
A1	0,01	0,03	0,01	0,03	0,02	0,04	0,08	0,09	0,11	0,01	0,02	0,01	0,03	0,00	0,00
A2	0,02	0,04	0,03	0,07	0,03	0,06	0,07	0,10	0,11	0,02	0,02	0,02	0,06	0,00	0,00
А3	0,05	0,03	0,06	0,09	0,04	0,08	0,13	0,12	0,09	0,04	0,02	0,04	0,07	0,01	0,00
A4	0,03	0,08	0,06	0,06	0,02	0,06	0,09	0,09	0,07	0,02	0,04	0,05	0,05	0,00	0,01
A5	0,04	0,06	0,06	0,06	0,02	0,04	0,07	0,07	0,09	0,02	0,03	0,04	0,05	0,00	0,01

Tabla 19- Coeficientes de transformación del oleaje para condición de nivel medio del mar

Punto	Dir	ección E	NE			Dire	cción E						Direc	ción ESE			
	T=4	T=6	T=8	T=4	T=6	T=8	T=10	T=12	T=14	T=4	T=6	T=8	T=10	T=12	T=14	T=16	T=18
E1	0,87	1,00	1,10	0,87	0,99	0,99	1,17	0,96	1,03	1,19	1,13	1,08	1,13	0,99	1,12	1,18	1,17
E2	0,96	0,96	0,98	0,97	0,90	1,04	1,09	1,08	1,13	0,76	0,92	1,14	1,17	1,02	0,98	1,02	1,04
E3	1,09	1,15	1,26	0,86	0,84	1,06	1,11	0,94	0,84	0,90	1,01	1,22	1,17	0,89	0,68	0,67	0,72
M1	0,84	0,93	0,99	1,07	1,14	1,06	0,86	0,78	0,96	0,62	0,54	0,63	0,58	0,41	0,55	0,60	0,64
M2	0,93	0,85	0,83	0,83	0,75	0,73	0,73	0,63	0,59	0,23	0,31	0,25	0,26	0,27	0,34	0,51	0,42
M3	0,39	0,31	0,47	0,11	0,24	0,31	0,31	0,15	0,25	0,10	0,09	0,07	0,16	0,19	0,11	0,15	0,14
M4	0,21	0,22	0,24	0,35	0,34	0,53	0,58	0,58	0,56	0,78	0,61	0,55	0,54	0,54	0,51	0,42	0,44
C1	0,58	0,58	0,69	0,66	0,68	0,62	0,64	0,50	0,45	0,17	0,19	0,19	0,30	0,22	0,34	0,37	0,35
C2	0,19	0,14	0,10	0,39	0,28	0,16	0,27	0,28	0,22	0,14	0,11	0,09	0,12	0,17	0,17	0,13	0,19
С3	0,20	0,12	0,08	0,28	0,20	0,08	0,23	0,18	0,07	0,07	0,05	0,02	0,10	0,10	0,06	0,07	0,10
A1	0,07	0,04	0,03	0,18	0,06	0,11	0,13	0,12	0,19	0,05	0,03	0,06	0,07	0,08	0,14	0,18	0,22
A2	0,20	0,13	0,13	0,39	0,25	0,20	0,24	0,26	0,22	0,12	0,08	0,10	0,10	0,16	0,16	0,22	0,24
А3	0,37	0,21	0,24	0,55	0,34	0,37	0,36	0,31	0,45	0,08	0,08	0,11	0,13	0,20	0,31	0,25	0,18
A4	0,21	0,29	0,38	0,37	0,34	0,41	0,28	0,27	0,35	0,12	0,11	0,10	0,10	0,17	0,23	0,22	0,16
A5	0,47	0,35	0,25	0,23	0,32	0,27	0,14	0,16	0,27	0,06	0,06	0,10	0,04	0,09	0,17	0,18	0,18









Punto				Direco	ión SE					Direcc	ión SSE			Dirección	S
	T=4	T=6	T=8	T=10	T=12	T=14	T=16	T=18	T=20	T=4	T=6	T=8	T=10	T=4	T=6
E1	0,63	0,71	0,69	0,84	0,81	0,89	0,94	0,99	0,97	0,79	0,49	0,64	0,66	0,30	0,42
E2	1,06	1,00	0,99	1,00	1,02	1,09	1,06	1,08	1,04	0,68	0,51	0,62	0,66	0,17	0,37
E3	0,84	0,81	1,06	1,07	0,84	0,70	0,65	0,71	0,80	1,05	0,81	1,02	0,82	0,30	0,52
M1	0,25	0,40	0,36	0,41	0,31	0,29	0,28	0,31	0,40	0,15	0,26	0,25	0,31	0,01	0,08
M2	0,16	0,15	0,21	0,17	0,14	0,13	0,24	0,20	0,29	0,05	0,08	0,14	0,14	0,01	0,03
M3	0,08	0,08	0,07	0,08	0,13	0,12	0,05	0,04	0,08	0,06	0,06	0,06	0,06	0,00	0,02
M4	0,28	0,35	0,29	0,30	0,29	0,31	0,27	0,28	0,26	0,13	0,23	0,22	0,22	0,01	0,06
C1	0,10	0,10	0,12	0,12	0,07	0,15	0,21	0,19	0,17	0,07	0,05	0,08	0,08	0,01	0,01
C2	0,04	0,06	0,04	0,05	0,07	0,09	0,08	0,09	0,12	0,02	0,03	0,03	0,04	0,00	0,01
C3	0,03	0,03	0,02	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,06	0,02	0,01	0,02	0,03	0,00	0,00
A1	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,08	0,09	0,11	0,13	0,01	0,01	0,02	0,02	0,00	0,00
A2	0,05	0,05	0,06	0,04	0,07	0,09	0,11	0,12	0,15	0,02	0,03	0,04	0,03	0,00	0,01
A3	0,07	0,05	0,09	0,04	0,09	0,14	0,13	0,09	0,12	0,03	0,03	0,06	0,03	0,00	0,01
A4	0,04	0,06	0,10	0,03	0,07	0,11	0,10	0,08	0,10	0,03	0,03	0,07	0,03	0,00	0,01
A5	0,06	0,02	0,07	0,02	0,04	0,07	0,08	0,08	0,09	0,03	0,02	0,05	0,02	0,00	0,00

Tabla 20- Coeficientes de transformación del oleaje para condición de pleamar media

Punto	Dir	ección E	NE			Dire	cción E						Direc	ción ESE			
	T=4	T=6	T=8	T=4	T=6	T=8	T=10	T=12	T=14	T=4	T=6	T=8	T=10	T=12	T=14	T=16	T=18
E1	0,76	0,94	0,98	0,89	1,04	1,17	0,98	1,21	1,13	1,32	1,27	1,19	1,19	1,24	1,17	1,02	1,10
E2	0,83	0,88	0,96	0,79	0,93	1,10	1,14	1,17	1,06	0,76	0,80	1,01	1,01	1,10	1,11	1,05	1,04
E3	1,21	1,40	1,30	0,72	0,64	0,69	1,02	1,10	1,08	1,09	1,12	1,03	1,03	1,25	1,02	0,93	0,71
M1	0,70	0,90	0,81	0,96	1,05	1,19	0,97	0,82	0,87	0,61	0,47	0,53	0,53	0,61	0,61	0,56	0,65
M2	0,78	0,73	0,69	0,84	0,81	0,78	0,64	0,65	0,65	0,28	0,23	0,34	0,34	0,26	0,40	0,45	0,54
M3	0,54	0,38	0,54	0,20	0,25	0,35	0,33	0,31	0,33	0,09	0,16	0,23	0,23	0,16	0,21	0,13	0,05
M4	0,35	0,31	0,29	0,39	0,42	0,42	0,51	0,44	0,46	0,33	0,37	0,47	0,47	0,43	0,48	0,55	0,37
C1	0,67	0,57	0,48	0,68	0,69	0,61	0,50	0,53	0,52	0,28	0,21	0,20	0,20	0,26	0,36	0,34	0,33
C2	0,24	0,13	0,18	0,17	0,11	0,33	0,18	0,09	0,21	0,05	0,06	0,12	0,12	0,06	0,12	0,10	0,12
C3	0,20	0,11	0,06	0,28	0,16	0,09	0,08	0,03	0,09	0,11	0,05	0,04	0,04	0,01	0,05	0,05	0,04
A1	0,11	0,21	0,09	0,16	0,19	0,09	0,04	0,03	0,08	0,07	0,06	0,02	0,02	0,02	0,05	0,08	0,11
A2	0,25	0,08	0,18	0,15	0,34	0,18	0,16	0,13	0,23	0,05	0,14	0,06	0,06	0,08	0,12	0,12	0,12
А3	0,42	0,17	0,18	0,51	0,24	0,16	0,24	0,24	0,26	0,26	0,07	0,05	0,05	0,12	0,14	0,14	0,17
A4	0,40	0,35	0,22	0,41	0,30	0,26	0,25	0,17	0,20	0,17	0,09	0,10	0,10	0,08	0,11	0,09	0,12
A5	0,33	0,34	0,07	0,35	0,25	0,16	0,13	0,20	0,17	0,08	0,06	0,07	0,07	0,11	0,09	0,07	0,10

Punto				Direco	ión SE					Direcc	ión SSE			Dirección	S
	T=4	T=6	T=8	T=10	T=12	T=14	T=16	T=18	T=20	T=4	T=6	T=8	T=10	T=4	T=6
E1	0,39	0,67	0,69	0,71	0,79	0,85	0,79	0,84	0,87	0,42	0,37	0,49	0,48	0,19	0,28
E2	0,79	1,16	1,19	1,14	1,07	1,12	1,11	1,10	1,07	0,38	0,33	0,51	0,58	0,19	0,20
E3	0,34	0,72	0,85	0,93	1,03	0,88	0,73	0,60	0,55	0,44	0,51	0,52	0,62	0,34	0,15
M1	0,33	0,48	0,43	0,36	0,47	0,37	0,32	0,30	0,27	0,06	0,31	0,32	0,28	0,08	0,10
M2	0,14	0,28	0,24	0,25	0,21	0,16	0,15	0,18	0,15	0,06	0,17	0,17	0,19	0,03	0,05
M3	0,03	0,07	0,10	0,06	0,09	0,15	0,17	0,15	0,10	0,02	0,03	0,07	0,03	0,02	0,01
M4	0,28	0,32	0,25	0,24	0,23	0,27	0,27	0,22	0,27	0,08	0,23	0,20	0,17	0,07	0,07
C1	0,10	0,16	0,21	0,17	0,16	0,16	0,12	0,09	0,17	0,02	0,08	0,15	0,13	0,02	0,03
C2	0,02	0,06	0,12	0,03	0,02	0,06	0,01	0,04	0,03	0,02	0,04	0,09	0,02	0,01	0,01
C3	0,04	0,05	0,04	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,03	0,01	0,03	0,03	0,01	0,01	0,01
A1	0,03	0,05	0,03	0,01	0,01	0,03	0,02	0,04	0,06	0,01	0,03	0,02	0,01	0,00	0,01
A2	0,03	0,12	0,08	0,03	0,02	0,08	0,02	0,05	0,05	0,02	0,07	0,06	0,03	0,01	0,02
А3	0,08	0,07	0,06	0,07	0,05	0,08	0,03	0,07	0,08	0,02	0,04	0,04	0,06	0,02	0,01
A4	0,05	0,07	0,08	0,08	0,04	0,07	0,01	0,05	0,06	0,01	0,04	0,06	0,06	0,01	0,01
A5	0,04	0,04	0,04	0,03	0,05	0,06	0,02	0,04	0,05	0,02	0,02	0,03	0,03	0,01	0,01

Tabla 21- Coeficientes de transformación del oleaje para condición de bajamar media

Determinado el conjunto de coeficientes Ki por dirección y período para los puntos de interés fue posible calcular en cada ubicación el valor de agitación Hi para los diferentes escenarios analizados. Utilizando la información referida a la cantidad de casos (frecuencia) para cada escenario en los diagramas de dispersión se calculó la curva de frecuencia acumulada del oleaje, a partir de la cual se pueden obtener valores de altura significativa Hs para diferentes frecuencias de excedencia.









Los diagramas de dispersión de altura y período de ola para los tres puntos correspondientes a los Muelles Juan Granada 1 a 3 (A1, A2 y A3), y para los dps puntos representativos del frente de Muelle Ricardo del Valle (A4 y A5) sse presentan en las tablas siguientes:

A1				Períod	o (seg)				
Hs (m)	4-5	6-7	8-9	10-11	12-13	14-15	16-17	18-20	Total
0-0,1	8,138%	15,552%	27,761%	22,519%	5,740%	0,879%	0,241%	0,062%	80,892%
0,1-0,2	0,667%	1,661%	0,917%	0,730%	0,330%	0,067%	0,002%		4,374%
0,2-0,3	0,132%	1,248%	0,038%	0,091%	0,015%	0,021%			1,544%
0,3-0,4		0,189%	0,015%		0,010%	0,018%			0,233%
0,4-0,5			0,009%			0,003%			0,013%
0,5-0,6		0,002%							0,002%
Total	8,938%	18,652%	28,740%	23,340%	6,094%	0,989%	0,243%	0,062%	87,059%

A2				Períod	o (seg)				1
Hs (m)	4-5	6-7	8-9	10-11	12-13	14-15	16-17	18-20	Total
0-0,1	5,160%	11,800%	19,165%	17,658%	4,532%	0,826%	0,241%	0,062%	59,442%
0,1-0,2	1,965%	3,676%	8,182%	3,883%	1,117%	0,089%	0,002%		18,914%
0,2-0,3	1,252%	1,848%	1,020%	1,314%	0,349%	0,029%			5,811%
0,3-0,4	0,492%	0,695%	0,270%	0,405%	0,067%	0,027%			1,956%
0,4-0,5	0,068%	0,411%	0,065%	0,032%	0,017%	0,015%			0,608%
0,5-0,6		0,217%	0,021%	0,039%	0,002%	0,003%			0,282%
0,6-0,7		0,002%		0,010%					0,013%
0,7-0,8			0,018%		0,010%				0,029%
0,8-0,9		0,002%							0,002%
0,9-1		0,002%							0,002%
Total	8,938%	18,652%	28,740%	23,340%	6,094%	0,989%	0,243%	0,062%	87,059%

А3	Períod	o (seg)							
Hs (m)	4-5	6-7	8-9	10-11	12-13	14-15	16-17	18-20	Total
0-0,1	5,145%	12,140%	17,831%	13,633%	4,301%	0,779%	0,240%	0,062%	54,130%
0,1-0,2	0,087%	3,296%	7,918%	6,511%	1,089%	0,095%	0,002%		18,998%
0,2-0,3	1,734%	2,310%	2,440%	1,750%	0,456%	0,039%	0,001%		8,729%
0,3-0,4	1,259%	0,383%	0,059%	0,936%	0,163%	0,031%			2,832%
0,4-0,5	0,299%	0,411%	0,324%	0,240%	0,044%	0,013%			1,330%
0,5-0,6	0,213%	0,108%	0,039%	0,194%	0,027%	0,011%			0,593%
0,6-0,7	0,200%	0,002%	0,084%	0,029%	0,002%	0,013%			0,330%
0,7-0,8	0,001%		0,009%	0,029%					0,039%
0,8-0,9			0,030%	0,010%	0,006%	0,006%			0,051%
0,9-1		0,002%		0,010%	0,005%				0,017%
>1			0,006%			0,003%			0,009%
Total	8,938%	18,652%	28,740%	23,340%	6,094%	0,989%	0,243%	0,062%	87,059%









A4	Períod	o (seg)							
Hs (m)	4-5	6-7	8-9	10-11	12-13	14-15	16-17	18-20	Total
0-0,1	5,178%	11,362%	14,392%	16,759%	4,434%	0,826%	0,241%	0,062%	53,253%
0,1-0,2	0,920%	1,431%	10,513%	3,766%	1,104%	0,087%	0,002%		17,824%
0,2-0,3	1,173%	2,708%	1,189%	2,141%	0,349%	0,025%			7,584%
0,3-0,4	1,041%	1,523%	2,118%	0,558%	0,168%	0,018%			5,426%
0,4-0,5	0,278%	1,218%	0,108%	0,086%	0,027%	0,011%			1,729%
0,5-0,6	0,346%	0,325%	0,273%	0,010%	0,002%	0,013%			0,968%
0,6-0,7		0,079%	0,018%	0,021%		0,006%			0,123%
0,7-0,8	0,001%		0,094%		0,006%	0,003%			0,104%
0,8-0,9		0,005%			0,005%				0,009%
0,9-1		0,002%	0,030%						0,032%
>1			0,006%						0,006%
Total	8,938%	18,652%	28,740%	23,340%	6,094%	0,989%	0,243%	0,062%	87,059%

A5	Períod	o (seg)							
Hs (m)	4-5	6-7	8-9	10-11	12-13	14-15	16-17	18-20	Total
0-0,1	5,186%	12,157%	19,573%	18,741%	5,108%	0,863%	0,241%	0,062%	61,931%
0,1-0,2	0,139%	0,717%	6,034%	4,239%	0,824%	0,062%	0,002%		12,016%
0,2-0,3	1,106%	1,792%	2,601%	0,301%	0,128%	0,027%			5,955%
0,3-0,4	1,734%	1,744%	0,350%	0,021%	0,021%	0,027%			3,896%
0,4-0,5	0,344%	1,861%	0,114%	0,029%	0,010%	0,006%			2,364%
0,5-0,6	0,425%	0,295%	0,015%	0,010%	0,005%	0,003%			0,754%
0,6-0,7		0,081%	0,030%						0,111%
0,7-0,8	0,001%		0,024%						0,025%
0,8-0,9	0,001%	0,005%							0,006%
Total	8,938%	18,652%	28,740%	23,340%	6,094%	0,989%	0,243%	0,062%	87,059%

Tabla 22- Diagramas de dispersión Altura – Período de ola en puntos de control frente a los muelles









9 CONCLUSIONES SOBRE LA OPERATIVIDAD DEL PUERTO

9.1 RECOMENDACIONES DE APLICACIÓN SOBRE LA AGITACIÓN PORTUARIA

Para definir la operatividad portuaria se emplearon las Normas "R.O.M. (Recomendaciones de Obras Marítimas)", particularmente de la ROM 3.1-99 "Configuración Marítima de los Puertos: Canales del Acceso y Áreas de Flotación", se utilizaron los criterios expuestos en el punto 8.10.5. Condiciones Limites de Operación.

Las condiciones climáticas límites de operación que se recogen en la Tabla 8.1 de la ROM 3.1-99 (parcialmente presentada a continuación) son las son utilizadas habitualmente, pero, obviamente podrán utilizarse otras diferentes en la medida que se valoren los porcentajes de inactividad resultante para diferentes supuestos en función de las inversiones que sea necesario realizar para garantizar la operatividad en las condiciones límite que se adopten.

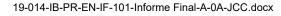
TABLA 8.1. CONDICIONES LIMITES DE OPERACION DE BUQUES EN MUELLES Y PANTALANES

		Velocidad absoluta del viento	Velocidad absoluta de la corriente	Altura de ola
		V _{10.1 min}	V _{c.1 min}	H₅
1.	Atraque de buques			
	Acciones en sentido longitudinal al muelle	17.0 m/s	1.0 m/s	2.0 m
	Acciones en sentido transversal al muelle	10.0 m/s	0.1 m/s	1.5 m
2.	Paralización operaciones carga y descarga (para equipos convencionales)			
	· Acciones en sentido longitudinal al muelle			
	 Mercantes de carga general, Pesqueros de altura y congeladores 	22 m/s	1.5 m/s	1.0 m
	Portacontenedores, Ro-Ros y Ferries	22 m/s	1.5 m/s	0.5 m
	— Transatlánticos y Cruceros (1) — Pesqueros de pesca fresca	22 m/s 22 m/s	1.5 m/s 1.5 m/s	0.5 m 0.6 m
	Acciones en sentido transversal al muelle	22 1175	1.511/5	0.6111
	Mercantes de carga general, Pesqueros de altura y congeladores	22 m/s	0.7 m/s	0.8 m
	 Portacontenedores, Ro-Ros y Ferries 	22 m/s	0.5 m/s	0.3 m
	Transatlánticos y Cruceros (1)	22 m/s	0.5 m/s	0.3 m
	Pesqueros de pesca fresca	22 m/s	0.7 m/s	0.4 m

NOTAS:

 $V_{10.1 \text{ min}}$ Velocidad media del viento, correspondiente a 10 m de altura y r\u00e1faqa de 1 minuto $V_{c.1 \text{ min}}$ Velocidad media de la corriente correspondiente a una profundidad del 50% del calado del bugue, en un intervalo de 1 minuto. H_{S} Altura de la ola significante del oleaje (para estudios de mayor precisión se considerará la influencia del periodo). Se entenderá que el viento, la corriente o el oleaje actuan longitudinalmente, Longitudinal cuando su dirección está comprendida en el sector de ± 45° con el eje longitudinal del buque. Se entenderá que el viento, la corriente o el oleaje actúa longitudinalmente Transversal cuando su dirección está comprendida en el sector de ± 45° con el eje transversal del buque. (*)

(*): en la definición de "Transversal" de la Nota corresponde decir que "..actúan transversalmente..."











En general se puede apreciar que para la operación de buques portacontenedores en el muelle, la altura de ola debe ser inferior a 0,5 m en sentido longitudinal al muelle, y 0,3 m en sentido transversal.

Barcos pesqueros de altura y congeladores, pueden operar en el muelle con altura de ola inferior a 1,0 m en sentido longitudinal al muelle, y 0,8 m en sentido transversal.

Barcos pesqueros de pesca fresca como los que operan en Rawson, pueden operar en el muelle con altura de ola inferior a 0,6 m en sentido longitudinal al muelle, y 0,4 m en sentido transversal.

Como elemento de valoración de que las Condiciones Límites de Operación finalmente adoptadas son adecuadas al nivel de servicio habitual en cada caso, y en ausencia de estudios económicos detallados al respecto, las ROM recomiendan verificar cual es el tiempo de Cierre del Área que se considera en relación con el tiempo total disponible, es decir el tiempo en el que el Área permanecerá inoperativa para determinadas operaciones, por limitaciones de cualquier tipo producidas por presentarse condiciones climáticas superiores a las establecidas como Condiciones Límites de Operación.

Para facilitar este análisis se recogen en la Tabla 8.2 ("Tiempos medios aceptables de cierre de un área por presentarse condiciones climáticas adversas (superiores a las establecidas como límites de operación para los buques de proyecto)") los tiempos medios de cierre que suelen aceptarse en las Áreas objeto de dichas ROM, calculados para las Condiciones Límites de Operación de las embarcaciones de Proyecto, ya sean producidos por variables climáticas de presentación aleatoria no predecible con anticipación (vientos, oleajes, corrientes, mareas meteorológicas, falta de visibilidad, etc.), como por otras variables predecibles con anticipación (mareas astronómicas, etc.).

En Áreas de buques en tránsito (accesos, vías de navegación, canales, bocanas, áreas de maniobras):

- Para embarcaciones pesqueras se consideran: 20 horas por año o 4 horas por mes.
- Para terminales de contenedores, se elevan a 200 horas por año o 20 horas por mes.

Para Áreas de buques en permanencia (Fondeaderos, amarraderos, dársenas, muelles, atraques, terminales, etc.)

- Para embarcaciones pesqueras o otras en general se consideran 40 horas por año o 20 horas por mes.
- Para terminales de contenedores, estos valores se elevan también a 200 horas por año o 20 horas por mes.

Resulta por consiguiente, que los limitantes del diseño portuario se hallan en la operación de las embarcaciones pesqueras.

Dado que las embarcaciones pesqueras operan en sitios expuestos al viento imperante en la Patagonia, y que la intensidad de las corrientes fluviales y de marea no alcanza a dificultar la operación portuaria, el presente análisis se centra en las condiciones del oleaje ingresante desde la boca del puerto.

9.2 OPERATIVIDAD DEL PUERTO CONFORME A LA AGITACIÓN PORTUARIA ESTIMADA

En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos para los puntos de cálculo ubicados frente a los muelles, en cuanto a la frecuencia de superación de alturas de ola significativa.

Considerando que las recomendaciones se refieren a las componentes longitudinales y transversales del oleaje, se estimaron las mismas considerando un ángulo de incidencia medio de unos 30º entre la dirección de avance de las olas y la línea de frente del muelle Ricardo del Valle.









				Muelles Juan Granada			Muelle Ricardo del Valle						
Frecuencia Excedencia	Horas mes	Horas año	Hs A1	Hs A2	Hs A3	Hs A4	Hs A5	Hs Promedio	Hs Longitudinal	Hs Transversal			
(%)			(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)			
0,46%	3	40	0,26	0,43	0,57	0,56	0,57	0,56	0,49	0,28			
0,6%	4	53	0,26	0,42	0,53	0,53	0,57	0,55	0,47	0,27			
1,0%	7	88	0,26	0,39	0,52	0,50	0,47	0,49	0,42	0,24			
2,3%	16	200	0,17	0,31	0,41	0,43	0,42	0,42	0,37	0,21			
2,8%	20	244	0,16	0,31	0,37	0,40	0,42	0,41	0,36	0,21			
4,0%	29	-	0,14	0,27	0,32	0,35	0,34	0,35	0,30	0,17			
5,0%	36	-	0,11	0,24	0,30	0,34	0,34	0,34	0,29	0,17			
10,0%	72	ı	0,08	0,18	0,26	0,26	0,24	0,25	0,21	0,12			
20,0%	144	-	0,06	0,13	0,17	0,17	0,12	0,15	0,13	0,07			
30,0%	216	ı	0,04	0,09	0,11	0,11	0,08	0,10	0,08	0,05			
40,0%	288	-	0,03	0,07	0,08	0,08	0,06	0,07	0,06	0,03			
50,0%	360	-	0,02	0,05	0,06	0,06	0,04	0,05	0,05	0,03			

Tabla 23- Frecuencias de superación de oleaje frente a los muelles

			Boca	Late	rales	Área de Maniobra interior				Canal Interior		
Frecuencia Excedencia	Horas mensuales	Horas anuales	Hs E1	Hs E2	Hs E3	Hs M1	Hs M2	Hs M3	Hs M4	Hs C1	Hs C2	Hs C3
(%)			(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
0,23%	2	20	3,10	3,52	3,46	2,09	1,47	0,68	1,28	1,24	0,54	0,35
0,46%	3	40	2,71	3,25	3,20	1,98	1,37	0,66	1,16	1,17	0,48	0,29
0,6%	4	53	2,64	3,19	2,93	1,98	1,32	0,61	1,06	1,12	0,46	0,29
1,0%	7	88	2,32	2,98	2,92	1,60	1,27	0,59	0,97	0,92	0,39	0,25
2,3%	16	200	2,05	2,50	2,39	1,42	1,05	0,48	0,80	0,83	0,34	0,21
2,8%	20	244	1,95	2,50	2,38	1,34	1,05	0,47	0,77	0,80	0,31	0,20
4,0%	29	-	1,78	2,34	2,04	1,21	0,98	0,42	0,68	0,72	0,27	0,17
5,0%	36	ı	1,72	2,02	1,90	1,15	0,92	0,40	0,67	0,70	0,25	0,17
10,0%	72	-	1,35	1,45	1,56	0,92	0,63	0,29	0,53	0,48	0,21	0,13
20,0%	144	-	0,99	1,17	1,28	0,73	0,55	0,23	0,40	0,42	0,15	0,07
30,0%	216	ı	0,86	0,83	0,93	0,59	0,32	0,15	0,35	0,24	0,09	0,05
40,0%	288	-	0,75	0,78	0,80	0,45	0,23	0,10	0,29	0,16	0,07	0,03
50,0%	360	-	0,61	0,69	0,70	0,33	0,19	0,08	0,23	0,15	0,05	0,02

Tabla 24- Frecuencias de superación de oleaje en las áreas náuticas

Los resultados muestran que se pueden cumplir razonablemente las recomendaciones sobre la duración de los niveles de agitación máximos admisibles para la operación de las embarcaciones en los muelles.

No habría inconvenientes debidos al oleaje en cuanto a la maniobra de las embarcaciones al atracar. En el área de Maniobras, sería muy poco frecuente la superación de una altura de ola de 2 metros. La altura de ola en la boca portuaria sería la principal limitante para embarcaciones cuyo calado sea similar a la profundidad de diseño más la altura de marea en el momento de atravesar la misma.

Se puede apreciar por otro lado, que en el punto C1 ubicado ligeramente al Noreste del extremo del nuevo espigón propuesto, la altura de las olas es muy superior a la que se obtiene en la zona protegida por el espigón, lo cual confirma la necesidad del mismo.







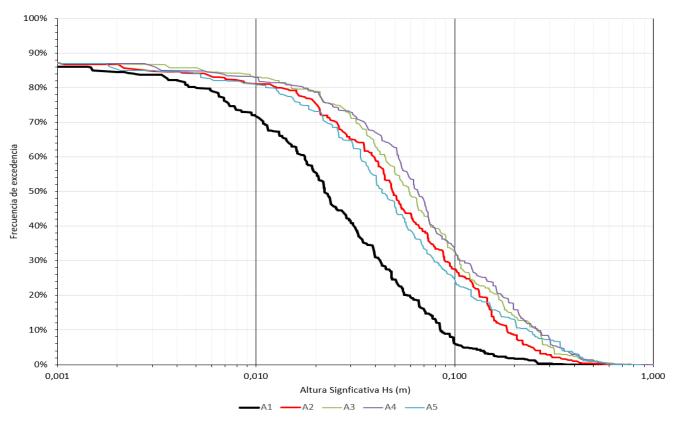


Figura 26 Frecuencia de excedencia de alturas de ola frente a los muelles (escala logarítmica)

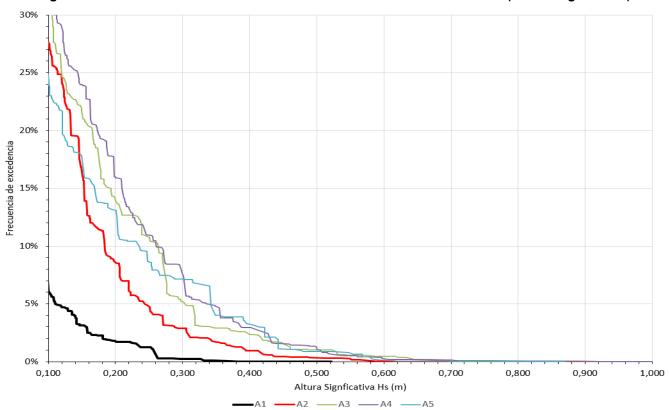


Figura 27 Frecuencia de excedencia de alturas de ola frente a los muelles (escala lineal)









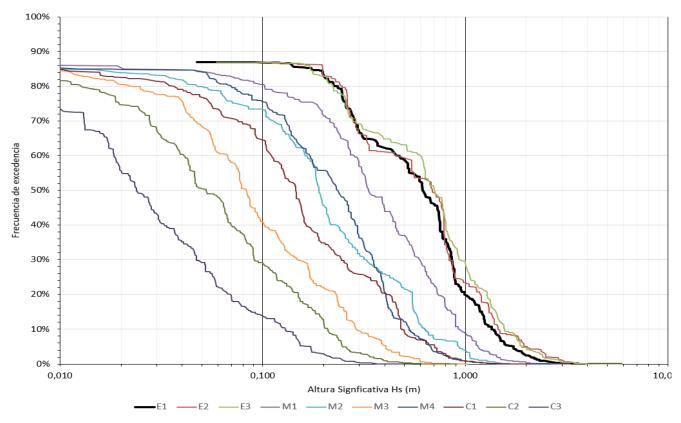


Figura 28 Frecuencia de excedencia de alturas de ola en las áreas náuticas (escala logarítmica)

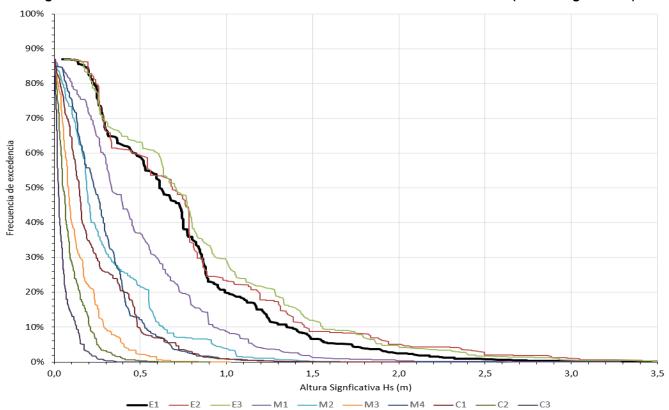


Figura 29 Frecuencia de excedencia de alturas de ola en las áreas náuticas (escala lineal)

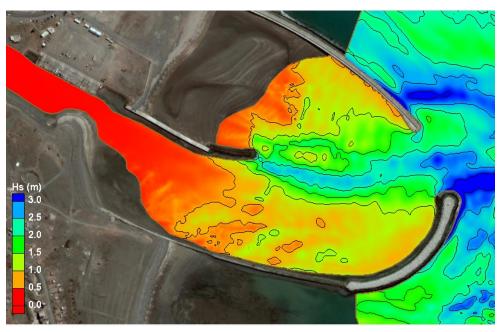




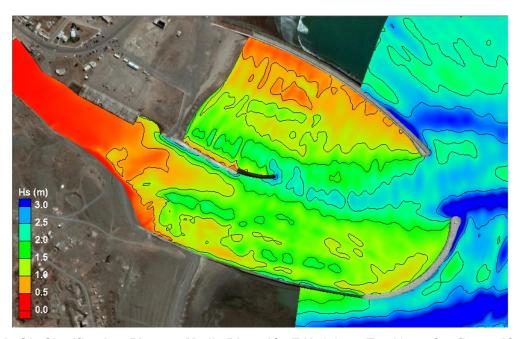




ANEXO 1: IMÁGENES DE RESULTADOS DE LA MODELIZACIÓN PARA LA CONFIGURACIÓN ACTUAL



Altura de Ola Significativa. Nivel Medio Dirección E H=2,25 m Tp=13 s - Configuración actual

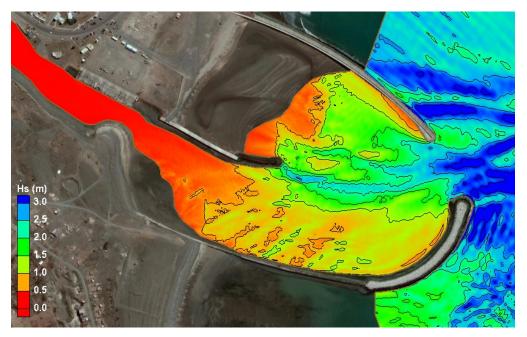


Altura de Ola Significativa. Pleamar Media Dirección E H=2,25 m Tp=13 s - Configuración actual

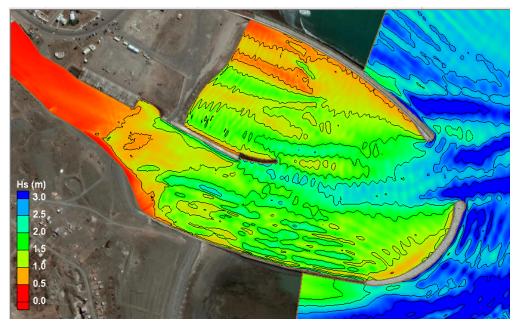








Altura de Ola Significativa. Nivel Medio Dirección E H=2,75 m Tp=6,5 s – Configuración actual

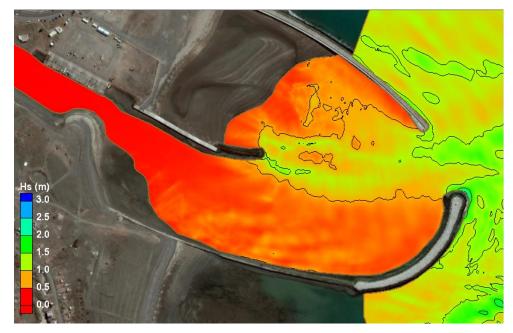


Altura de Ola Significativa. Pleamar Media Dirección E H=2,75 m Tp=6,5 s – Configuración actual

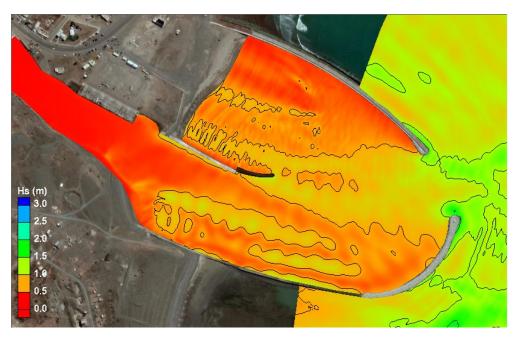








Altura de Ola Significativa. Nivel Medio Dirección ENE H=0,75 m Tp=14 s – Configuración actual

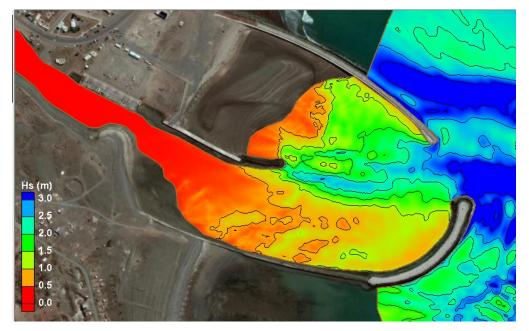


Altura de Ola Significativa. Pleamar Media Dirección ENE H=0,75 m Tp=14 s - Configuración actual

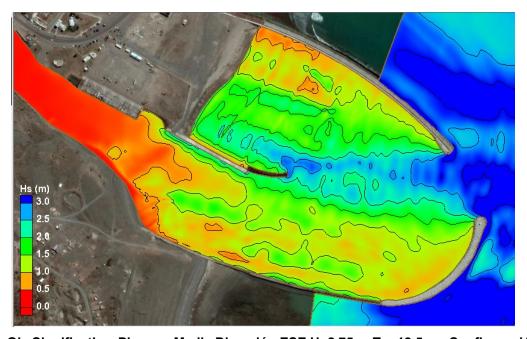








Altura de Ola Significativa. Nivel Medio Dirección ESE H=2,75 m Tp=12,5 s - Configuración actual

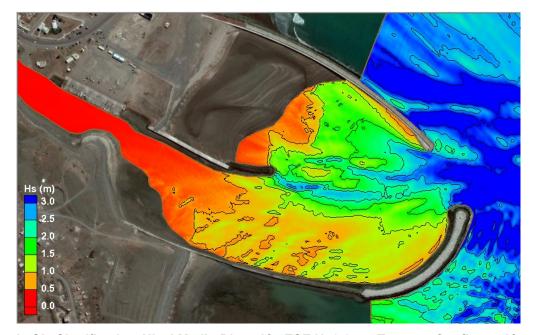


Altura de Ola Significativa. Pleamar Media Dirección ESE H=2,75 m Tp=12,5 s – Configuración actual

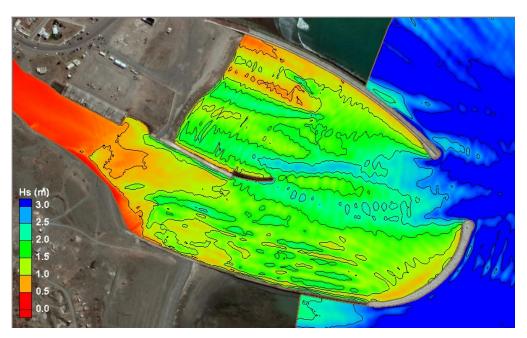








Altura de Ola Significativa. Nivel Medio Dirección ESE H=3,25 m Tp=7 s – Configuración actual



Altura de Ola Significativa. Pleamar Media Dirección ESE H=3,25 m Tp=7 s – Configuración actual



