ESTUDIOS NÁUTICOS BÁSICOS E INGENIERÍA CONCEPTUAL PUERTO RÍO GRANDE, PROVINCIA DE TIERRA DEL FUEGO



Serman & asociados s.a. Consultora
SOLUCIONES QUE GENERAN CONFIANZA

Mirgor

RESUMEN DE DOCUMENTACIÓN DEL PROYECTO PUERTO EN RÍO GRANDE

Enero, 2023

Ing. Mauro Campos
Representante Técnico

Ing. Sandra Acuña
Directora del Proyecto

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN 4

2 LAYOUT GENERAL Y ETAPABILIDAD DEL PROYECTO 4

3 ESTUDIOS DE CAMPO REALIZADOS 6

3.1 ESTUDIOS GEOTÉCNICOS 6
3.2 RELEVAMIENTO TOPOGRÁFICO Y BATIMÉTRICO 7
3.3 RELEVAMIENTO SÍSMICO 8
3.4 EXTRACCIÓN DE MUESTRAS PARA ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO 9
3.5 SIMULACIÓN DE MANIOBRAS EN PILOTO AUTOMÁTICO 10

4 DOCUMENTACIÓN DEL PROYECTO 11

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Layout general de la terminal portuaria. 5
Figura 2: Layout general en futuras instancias del proyecto 5
Figura 3: Ubicación de sondeos y calicatas realizadas 6
Figura 4: Perfiles batimétricos y topográficos realizados 7
Figura 6: Visualización 3D del relevamiento sísmico 9
Figura 7: Imagen representativa del modelo de simulación aplicado. 10

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Puntos de apoyo del relevamiento topográfico 8
Tabla 2: Ubicación de extracción de muestras 9
Tabla 3: Resumen de documentación del proyecto 11

ESTUDIOS NÁUTICOS BÁSICOS E INGENIERÍA CONCEPTUAL PUERTO RÍO GRANDE

1 INTRODUCCIÓN

La empresa privada Mirgor, con sedes en Buenos Aires y Río Grande (Tierra del Fuego) y dedicada a la fabricación y distribución de productos tecnológicos (entre otros), ha encarado el estudio de una terminal portuaria al norte de la ciudad de Río Grande. Se trata de un puerto para operación de buques portacontenedores ubicado en los predios adquiridos por la empresa, a 25 km de dicha ciudad fueguina. En consecuencia, se realizan los estudios de base para el desarrollo de la ingeniería conceptual de la terminal.

El presente informe tiene el objetivo describir la documentación generada hasta el momento sobre el proyecto, y los estudios de campo realizados para tal fin.

2 LAYOUT GENERAL Y ETAPABILIDAD DEL PROYECTO

El layout general de la terminal a construir se observa en la Figura 1. El proyecto se desarrolla en un predio de 224 Ha, parte del cual será dragado / excavado para conformar el recinto portuario. El objetivo es desarrollar un puerto multimodal, para lo cual se ha implementado un diseño flexible que pueda adaptarse a futuras expansiones de acuerdo a las etapas que se describen a continuación:

Primera etapa: Operación de buques portacontenedores tipo feeder. Diseño del canal acorde a este tipo de buques, considerando que se deben dejar los espacios suficientes para futuras expansiones. El puerto en esta etapa tendrá la capacidad para ampliar sus operaciones a otro tipo de buques, como por ejemplo ferries, pesca, armada, prefectura, entre otros.

Etapa futura: Operación de buques de mayor porte y otras tipologías de carga (Buques Portacontenedores Panamax y/o gaseros). En esta etapa se deberá readecuar el canal de acceso, tanto en ancho de solera como en profundidad, además de la zona de giro y construir una dársena al sur del predio.

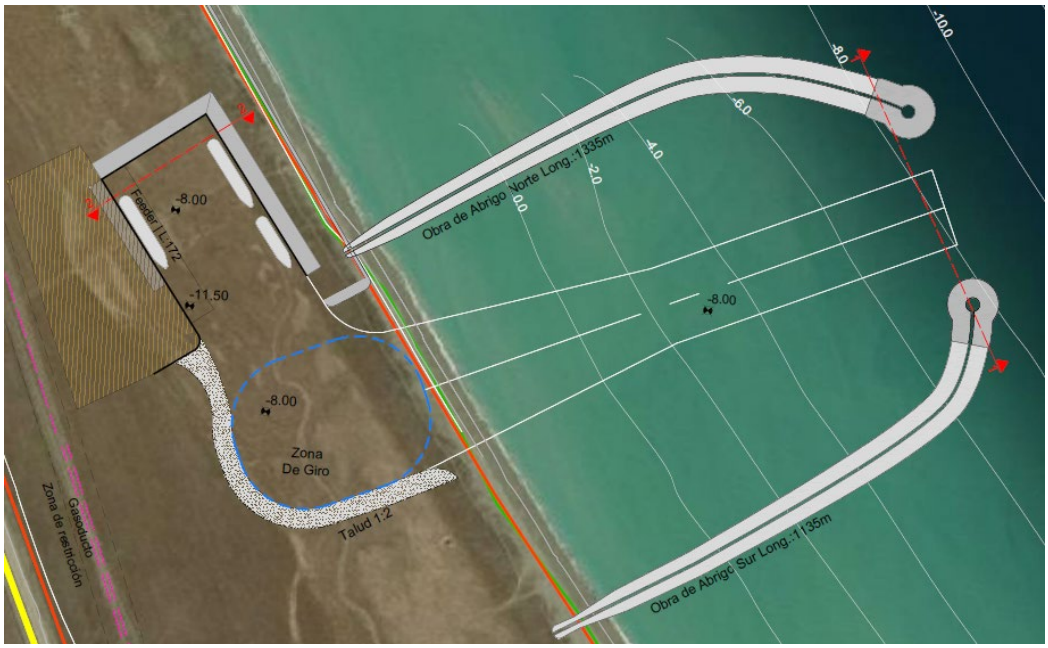


Figura 1: Layout general de la terminal portuaria.

Se destaca que la aprobación del proyecto que se requiere corresponde a la primera etapa de operación de buques feeder. La imagen a continuación corresponde a futuras expansiones:

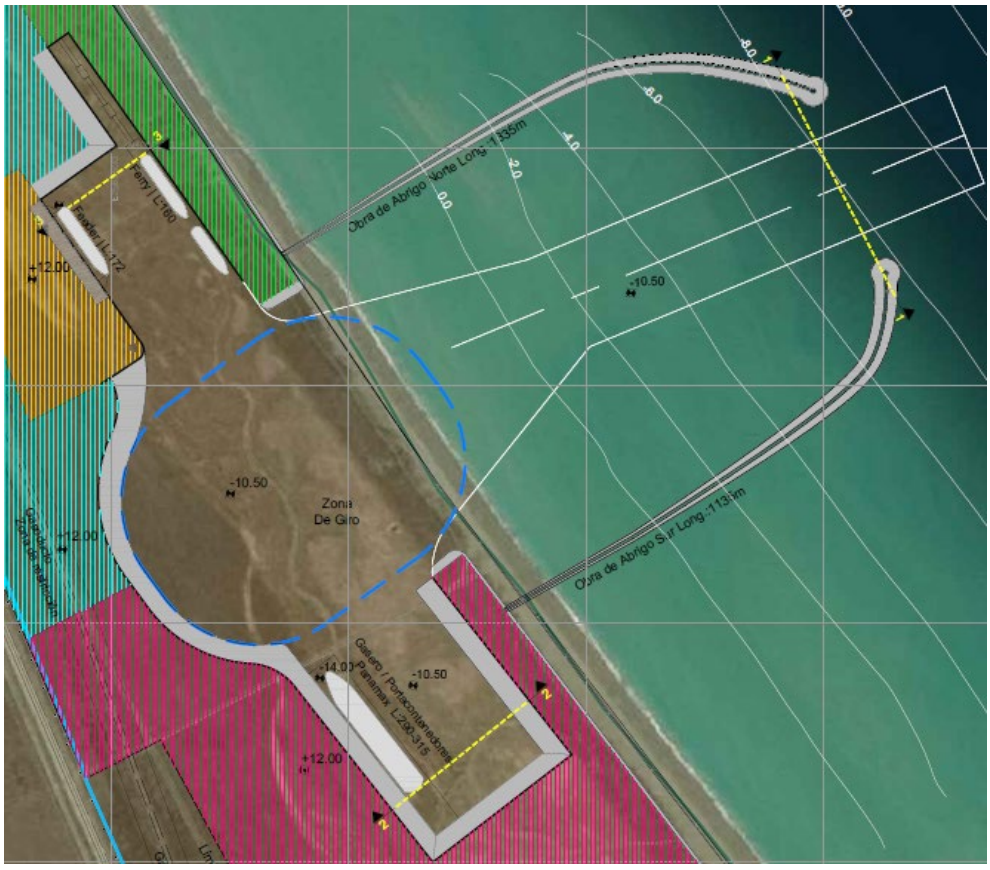


Figura 2: Layout general en futuras instancias del proyecto

3 ESTUDIOS DE CAMPO REALIZADOS

3.1 ESTUDIOS GEOTÉCNICOS

Se realizaron perforaciones geotécnicas en tierra a fin de caracterizar el suelo existente en el lugar de ejecución del proyecto y poder desarrollar la ingeniería conceptual. Las tareas estuvieron a cargo de la empresa Barbagelata Ingeniería S.A.

La campaña consistió en las siguientes tareas:

- Cuatro (4) perforaciones de 25,00[m] de profundidad cada una, identificadas como S-01, S-02, S-06 y S-07 (ver croquis de Ubicación).
- Una (1) perforación de 36,00[m] de profundidad, identificada como S-04 (ver croquis de Ubicación).
- Dos (2) perforaciones de 40,00[m] de profundidad cada una, identificadas como S-05 y S-09 (ver croquis de Ubicación).
- Dos (2) perforaciones de 45,00[m] de profundidad cada una, identificadas como S-03 y S-08. En cada perforación se efectuaron ensayos de penetración normalizada (SPT) metro a metro mediante la hinca de un sacamuestras de zapata intercambiable tipo Moretto, con el que se recuperan testigos indisturbados, a efectos de evaluar los parámetros de corte de los estratos y su capacidad resistente. Se obtuvieron además muestras alteradas a efectos de reconstruir la secuencia estratigráfica mediante ensayos de identificación física. Se controló en nivel instantáneo de agua subterránea.
- Diez (10) calicatas, identificadas como C-01 a C-10 de 1,50[m] de profundidad cada una.

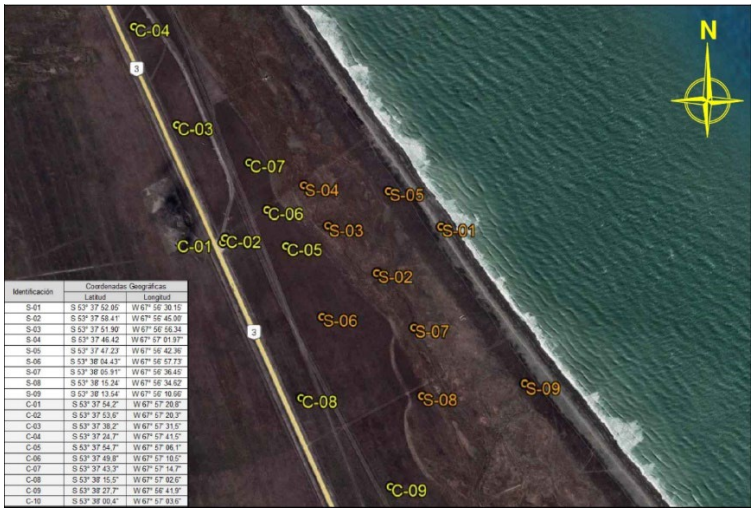


Figura 3: Ubicación de sondeos y calicatas realizadas

Se encuentra en elaboración el informe final del estudio de suelos, el cual incluirá los resultados que se obtendrán de los ensayos de laboratorio de las muestras obtenidas en campo. El informe se remitirá como el Anexo 1 cuando se cuente con su versión final.

3.2 RELEVAMIENTO TOPOGRÁFICO Y BATIMÉTRICO

En el relevamiento batimétrico se obtuvieron 8 (ocho) perfiles perpendiculares al frente de costa, distanciados en 250 metros y extendidos hasta superar la profundidad de 15 metros respecto al nivel de reducción local (SHN) y 2 perfiles transversales a los anteriores, ubicados aproximadamente a 1100 y 1600 metros del frente de costa. El relevamiento topográfico consistió en la extensión de los perfiles batimétricos, desde el frente de costa hasta el empalme con la Ruta Nacional N°3 con el objetivo de relacionar la interfaz tierra - agua. Se obtuvieron puntos acotados característicos del terreno, respetando una distancia máxima de 25 m. Los trabajos fueron realizados por la empresa Bofill y asociados SRL.

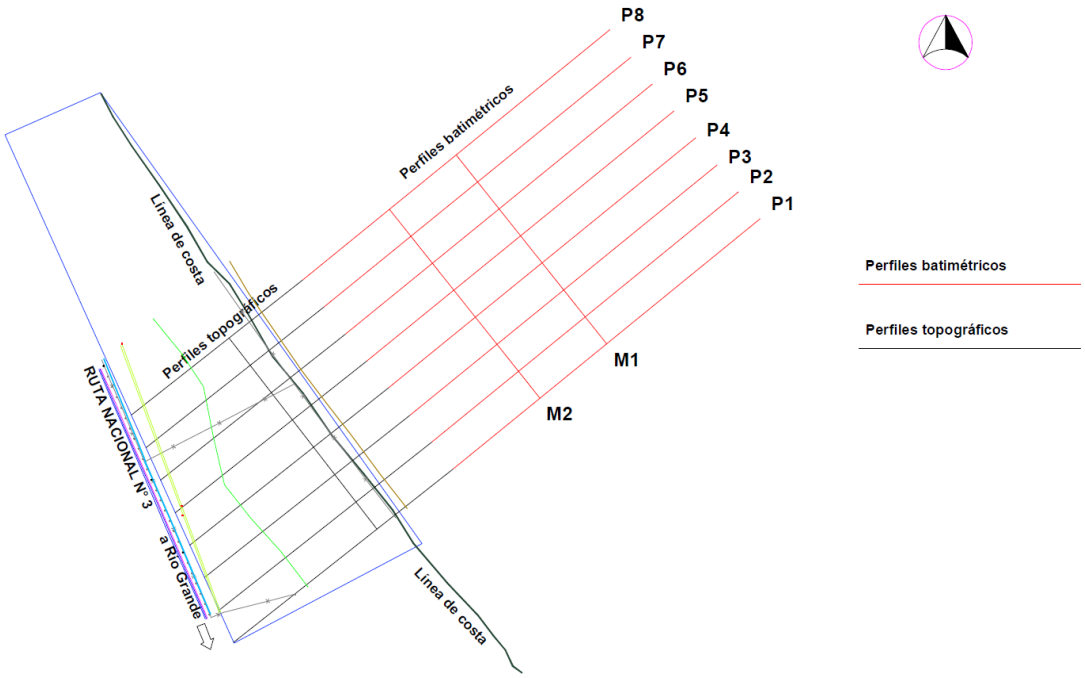


Figura 4: Perfiles batimétricos y topográficos realizados

El nivel de reducción del relevamiento batimétrico fue determinado, según monografía del Servicio de Hidrografía Naval a 10 m por debajo de la ménsula MOP N°24 instalada en el edificio de Prefectura Naval Argentina en el Puerto de Río Grande. La estación mareográfica de Río Grande no funciona coma tal y de lo indicado en la monografía lo único que se ubicó fue la ménsula del punto fijo MOP 24. Fue este punto el empleado como referencia para la reducción de sondajes. Se acotó el espejo de agua con técnica GPS en tiempo real preciso, disponiendo de un operador para la obtención de lecturas en intervalos de 15 minutos.

Para la determinación de la cota ortométrica se vinculó a la Estación Permanente de la red POSGAR ubicada en Río Grande. La tabla a continuación contiene los puntos de apoyo del relevamiento topográfico.

PUNTO	NORTE	ESTE	H	LATITUD	LONGITUD	ALTURAS [m]	
						IGN	N.R.
RIO2	4039203,48	2582314,94	32,04	-53°47'07.69878"	-67°45'04.02439"	19,37	23,77
A	4038145,00	2586611,79	17,84	-53°47'39.41819"	-67°41'08.32997"	5,16	9,56
B	4056122,03	2570313,11	20,50	-53°38'06.88962"	-67°56'13.23714"	7,72	12,11
MOJON	4056844,59	2569785,94	19,92	-53°37'43.77551"	-67°56'42.50598"	7,13	11,53

Tabla 1: Puntos de apoyo del relevamiento topográfico

En la documentación del relevamiento se presentan los planos topográficos en cotas IGN y también referidas al cero del Servicio de Hidrografía Naval, para poder trabajar con los niveles de marea predichos. La diferencia entre una referencia y otra es de 4,4 m, como se desprende de la Tabla 1.

3.3 RELEVAMIENTO SÍSMICO

El objetivo de este trabajo fue establecer las características sismoestratigráficas del subsuelo marino en el sector costero vinculado al proyecto portuario. Se relevaron un total de 10 (diez) perfiles sísmicos, de los cuales 8 (ocho) fueron realizados perpendicularmente a la línea costera y 2 (dos) paralelos a la misma, todos ellos se llevaron a cabo en simultáneo con los perfiles batimétricos, lográndose así una elevada densidad de información. La imagen a continuación es una visualización 3D de los perfiles sísmicos y la distribución del suelo duro a en el subsuelo marino. Los trabajos fueron realizados por la empresa Bofill y asociados SRL y el informe técnico correspondiente se presenta en el Anexo 2.

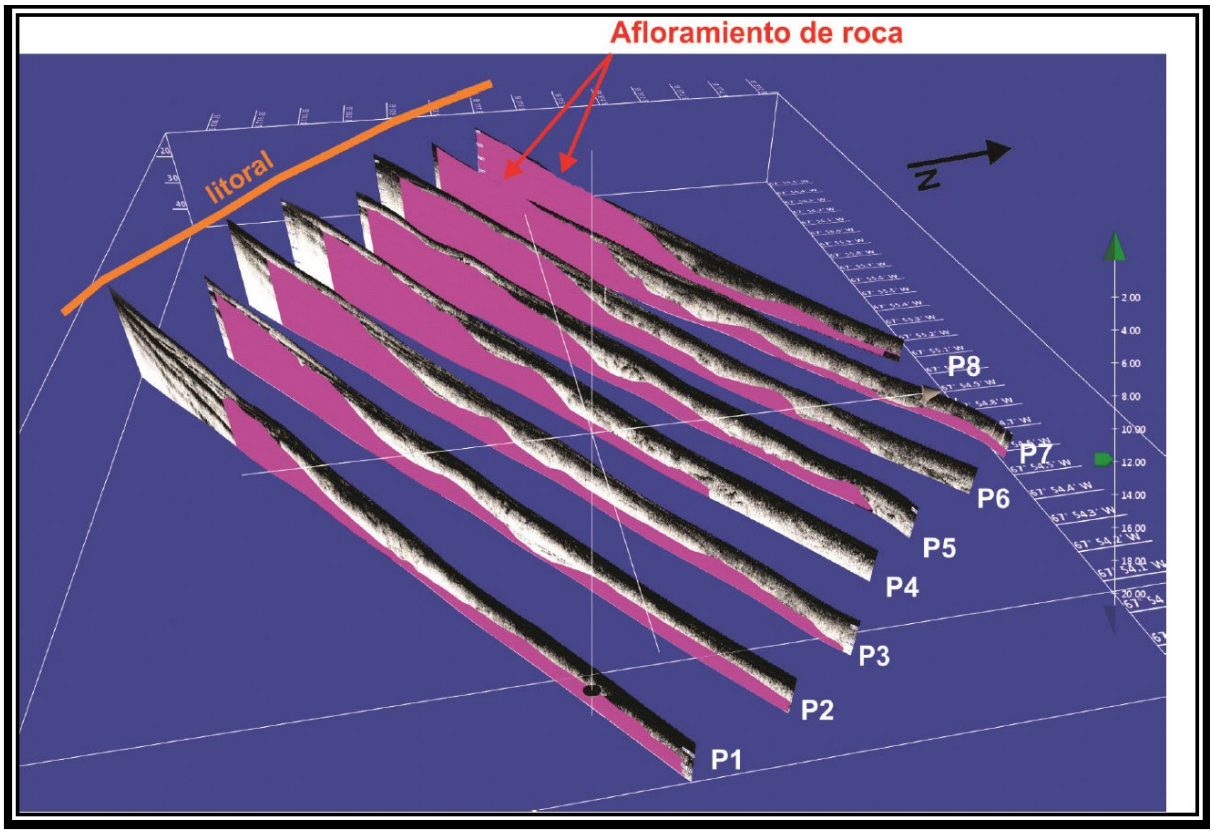


Figura 5: Visualización 3D del relevamiento sísmico

3.4 EXTRACCIÓN DE MUESTRAS PARA ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Con el fin de analizar la granulometría del sedimento en la línea de costa, se tomaron muestras y se analizaron en laboratorio, obteniendo la curva granulométrica, la clasificación U.S.C.S y el tamaño máximo de las partículas. Los trabajos fueron realizados por la empresa GeoCALC TDF y los resultados se presentan en el Anexo 3.

Los puntos de donde se obtuvieron las muestras son los siguientes:

MUESTRA	LATITUD	LONGITUD
M4	53°38'1.26895"	67°56'6.77287"
M5	53°38'3.47344"	67°56'12.09299"
M6	53°38'05.08659"	67°56'15.58232"

Tabla 2: Ubicación de extracción de muestras

3.5 SIMULACIÓN DE MANIOBRAS EN PILOTO AUTOMÁTICO

La simulación de maniobras en piloto automático y tiempo rápido se realizó teniendo en cuenta el layout del puerto a futuro, y para los buques de mayor porte considerados para el diseño. Cabe mencionar que como buques representativos de la flota futura esperable en el puerto se ha adoptado un buque gasero y un buque portacontenedores tipo Panamax.

Como resultado, se obtuvieron las envolventes de los espacios náuticos abarcados por el buque en las distintas maniobras de ingreso / egreso, y bajo las condiciones medioambientales límite definidas.

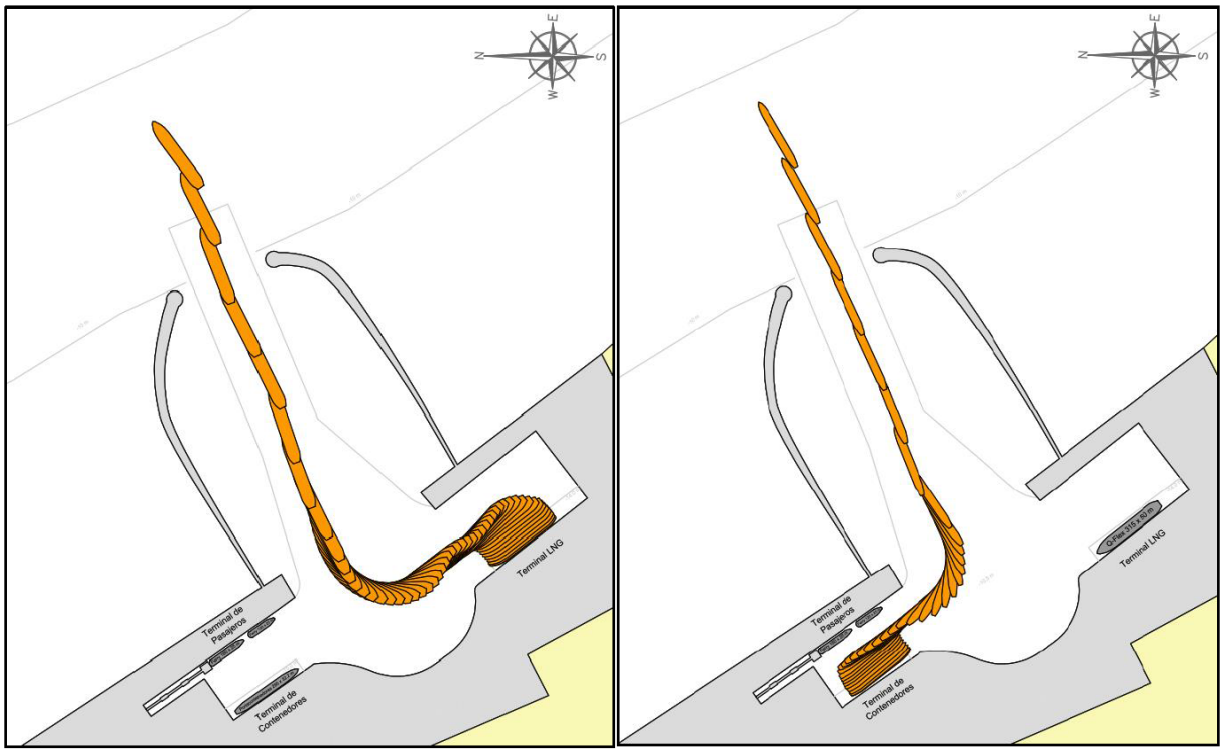


Figura 6: Imagen representativa del modelo de simulación aplicado.

De esta manera, se ha validado el diseño propuesto para las futuras etapas del proyecto y se definieron los espacios náuticos necesarios, como por ejemplo la bocana de acceso (espacio entre morros de las obras de abrigo), la cual es una obra rígida y muy difícil de adaptar en el futuro. El estudio de simulación de maniobra fue realizado por la empresa internacional SIPORT 21 en conjunto con los especialistas de Serman y asociados.

4 DOCUMENTACIÓN DEL PROYECTO

La documentación asociada al proyecto de ingeniería se lista a continuación:

	TIPO	CODIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
	Informe	22044-PRG-Resumen documentación	Resumen de documentación del proyecto y estudios realizados
	Anexo	Anexo 1 – Estudio de Suelos	Pendiente de presentación
	Anexo	Anexo 2- Relevamiento topobatimétrico y sísmico	Resultados del relevamiento sísmico, topográfico y batimétrico
	Anexo	Anexo 3 - Granulometría	Resultados del análisis granulométrico de las muestras recabadas
	Memoria	22044-PRG-IF-001	Caracterización del Clima Marítimo
	Memoria	22044-PRG-IF-002	Bases de diseño portuario
	Memoria	22044-PRG-IF-003	Diseño del canal de acceso y zona de maniobra
	Memoria	22044-PRG-IF-004	Estudio de agitación por oleaje en el recinto portuario
	Memoria	22044-PRG-IF-005	Estudio de impacto morfológico de las obras de abrigo
	Memoria	22044-PRG-IF-006	Estudio hidrosedimentológico del canal de acceso
	Memoria	22044-PRG-IF-007	Estudio de simulación de maniobra en piloto automático
	Memoria	22044-PRG-IF-008	Ingeniería de dragado para obras de apertura y mantenimiento
	Memoria	22044-PRG-IF-009	Memoria de diseño de las obras de abrigo
	Memoria	22044-PRG-IF-012	Proyecto vial del camino de acceso al predio y circulaciones internas
	Memoria	22044-PRG-IF-013	Metodología constructiva y cronograma de obra preliminar
	Plano	22044-PRG-PL-020	Ubicación General
	Plano	22044-PRG-PL-021	Layout general del puerto
	Plano	22044-PRG-PL-022	Canal de acceso y zonas náuticas - Planta
	Plano	22044-PRG-PL-023	Canal de acceso y zonas náuticas - Secciones transversales
	Plano	22044-PRG-PL-024	Obras de abrigo - Planta
	Plano	22044-PRG-PL-025	Obras de abrigo - Secciones transversales
	Plano	22044-PRG-PL-032	Intersección con la RN3 - Planta y secciones transversales
	Plano	22044-PRG-PL-033	Circulaciones internas y zonas de estacionamiento

Tabla 3: Resumen de documentación del proyecto.

MIRGOR S.A.C.I.F.I.A.

ISLA GRANDE DE TIERRA DEL FUEGO

PROYECTO PUERTO DE RÍO GRANDE

RELEVAMIENTO BATIMÉTRICO Y GEOFÍSICO

OCTUBRE/2022

INFORME

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN

2. PERSONAL INTERVINIENTE

3. ESQUEMA DE RELEVAMIENTO

4. RELEVAMIENTO BATIMÉTRICO

4.1 Parámetros del Relevamiento
- **a) Densidad de Relevamiento**
- **b) Posicionamiento**
- **c) Sondajes**
- **d) Alturas Hidrométricas**
- **e) Procesamiento**
- **f) Representación**

5. RELEVAMIENTO TOPOGRÁFICO

5.1 Parámetros del Relevamiento
- **a) Área y Densidad de Relevamiento**
- **b) Metodología**
- **c) Procesamiento**
- **d) Representación**

6. MEDIOS EMPLEADOS

7. RELEVAMIENTO GEOFÍSICO

7.1 OBJETIVO Y ALCANCE

7.2 MÉTODO DE TRABAJO

7.3 RESULTADOS

7.4 PERFILES SÍSMICOS

8. PLANOS

Adjuntos:

Archivos conteniendo :
- Planos en formato Autocad
- Listado ordenado de datos obtenidos en formato Excel

1. INTRODUCCIÓN

El presente informe tiene por objeto presentar los resultados de un relevamiento topográfico, batimétrico y sísmico, del área de proyecto del puerto, ubicado aproximadamente a 23 kilómetros al norte de la ciudad de Río Grande.

Los relevamientos batimétrico y sísmico fueron realizados simultáneamente el día 7 de octubre y el topográfico el 8 de octubre de 2022.

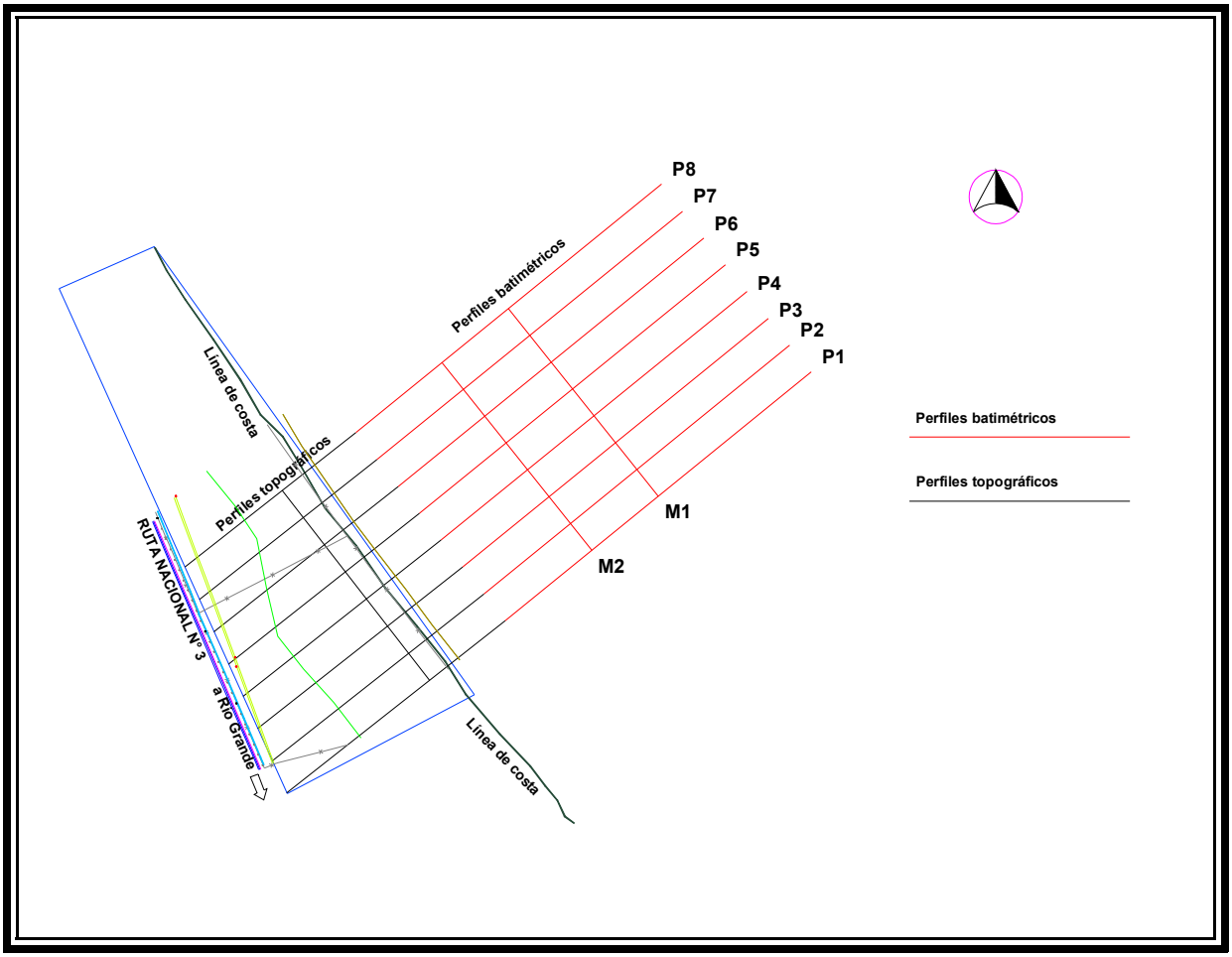


Se detallan a continuación las tareas realizadas y resultados obtenidos en cada una de la especialidades.

2. PERSONAL INTERVINIENTE

Agrim. Diego Bofill	Representante Técnico Coordinador de trabajos en campo y gabinete.
Agrim. Javier Bofill	Representante Legal.
Dr. Salvador Aliotta	Relevamientos sísmicos e interpretación.
Tec. Electrónico Juan Carlos Pons	Relevamiento geofísicos.
Tec. Hidr. Luis E. Paez	Relevamientos hidrográficos.
Tec. Daniel Cides	Representación de información.

3. ESQUEMA DE RELEVAMIENTO



4. RELEVAMIENTO BATIMÉTRICO

4.1 Parámetros del Relevamiento

a) Densidad de Relevamiento

Se obtuvieron 8 (ocho) perfiles perpendiculares al frente de costa, distanciados en 250 metros y extendidos hasta superar la profundidad de 15 metros respecto al nivel de reducción local y 2 perfiles transversales a los anteriores, ubicados aproximadamente a 1100 y 1600 metros del frente de costa.

b) Posicionamiento

Referencia planimétrica:	Coordenadas planas Gauss-Krüger, Faja 2, Datum WGS'84, marco POSGAR 2007.
Determinación de posiciones:	Posicionamiento DGPS (diferencial en tiempo real) con corrección diferencial NTRIP emitida por Instituto Geográfico Nacional.
Frecuencia:	Una (1) posición por segundo.
Navegación y registro de información:	Software Hydro pro.

c) Sondajes

Medición:	Sonda ecógrafa de registro continuo con salida digital.
Frecuencia de transductor:	208 kHz.
Registro de sondajes:	Software Hydro pro, 15 a 20 sondajes por segundo.
Calibración:	Mediante perfilador de velocidad de sonido y control con barra de contraste al inicio y final del relevamiento en profundidades de hasta el 70% de la máxima a medir. Velocidad del sonido obtenida: 1468 m/s.

d) Alturas Hidrométricas

Nivel de Reducción:	Ubicado, según monografía del Servicio de Hidrografía Naval, a 10 metros por debajo de la ménsula M.O.P. N 24, instalada en el edificio de Prefectura Naval Argentina en el Puerto de Río Grande.

Registro de Alturas:	Se acotó el espejo de agua con técnica GPS en tiempo real preciso. Se dispuso de un operador para la obtención de lecturas en intérvalos de 15 minutos.

e) Procesamiento

Reducción de sondajes:	Interpolación lineal por tiempo a cada sondaje.
Procesamiento:	Software Hydro pro.
Selección de sondajes:	Acorde a la escala de representación.
Representación:	Autocad v2010.

f) Representación

Plano **RG-221013B.DWG**
representación en planta en escala 1:5000, en formato IRAM A1+1 Módulo (1026 mm x 594 mm), indicando profundidades respecto al Nivel de Reducción local e integrando el relevamiento topográfico.

5. RELEVAMIENTO TOPOGRÁFICO

5.1 Parámetros del Relevamiento

a) Área y Densidad de Relevamiento

Relevamiento planialtimétrico del área correspondiente a la implantación del muelle

Extensión de los perfiles batimétricos, desde el frente de costa hasta el empalme con la Ruta Nacional N 3

Obtención de puntos acotados característicos del terreno, respetando una distancia máxima de 25 metros.

b) Metodología

Relevamiento realizado con técnica GPS en tiempo real preciso, empleando como referencia planialtimétrica a la estación GNSS Permanente RI02, perteneciente a la red RAMSAC (Red Argentina de Monitoreo Satelital Contínuo), ubicada en Río Grande.

c) Procesamiento

Procesamiento mediante software Spectra Precision Survey Office.

d) Representación

Plano **RG-221013A.DWG**
representación en planta en escala 1:2500, en formato IRAM A0 (1189 mm x 841 mm), indicando cotas respecto al nivel de referencia del I.G.N.

6. MEDIOS EMPLEADOS

Receptor GPS, marca Trimble, modelo BX982,, habilitado para recepción de corrección diferencial por red Ntrip, vinculando a la estación permanente RI03, ubicada en Río Grande.

Sonda ecógrafa digital, marca Odom, modelo Hydrotrac de frecuencia variable (33 kHz / 210 kHz)

Perfilador de velocidad de sonido marca Odom y barra de contraste calibrada.

Compensador de oleaje marca TSS modelo 335B.

Estación Total de doble frecuencia SPECTRA PRECISION SP60, de 240 canales, triple constelación (GPS, Glonass, Galileo). Precisión en post-proceso estático horizontal ±3 mmm + 5 ppm RMS y vertical ±5 mm + 0,5 ppm RMS. Precisión en método RTK (tiempo real preciso) horizontal ±8 mm + 1 ppm y vertical ±15 mm + 1ppm.

Embarcación “ELIZABETH“.

7. RELEVAMIENTO GEOFÍSICO

7.1 OBJETIVO Y ALCANCE

El objetivo de este trabajo es establecer las características sismoestratigráficas del subsuelo marino en el sector costero vinculado al proyecto portuario.

El área relevada correspondió a un frente litoral de 1800 m, extendiéndose 2400 m mar adentro.

Se relevaron un total de 10 (diez) perfiles sísmicos, de los cuales 8 (ocho) fueron realizados perpendicularmente a la línea costera y 2 (dos) paralelos a la misma (Fig. 1), todos ellos se llevaron a cabo en simultaneo con los perfiles batimétricos, lográndose así una elevada densidad de información.

Los resultados del estudio geofísico posibilitarán la correlación de las unidades sísmicas del subsuelo marino con los datos litológicos y geotécnicos provenientes de futuras perforaciones

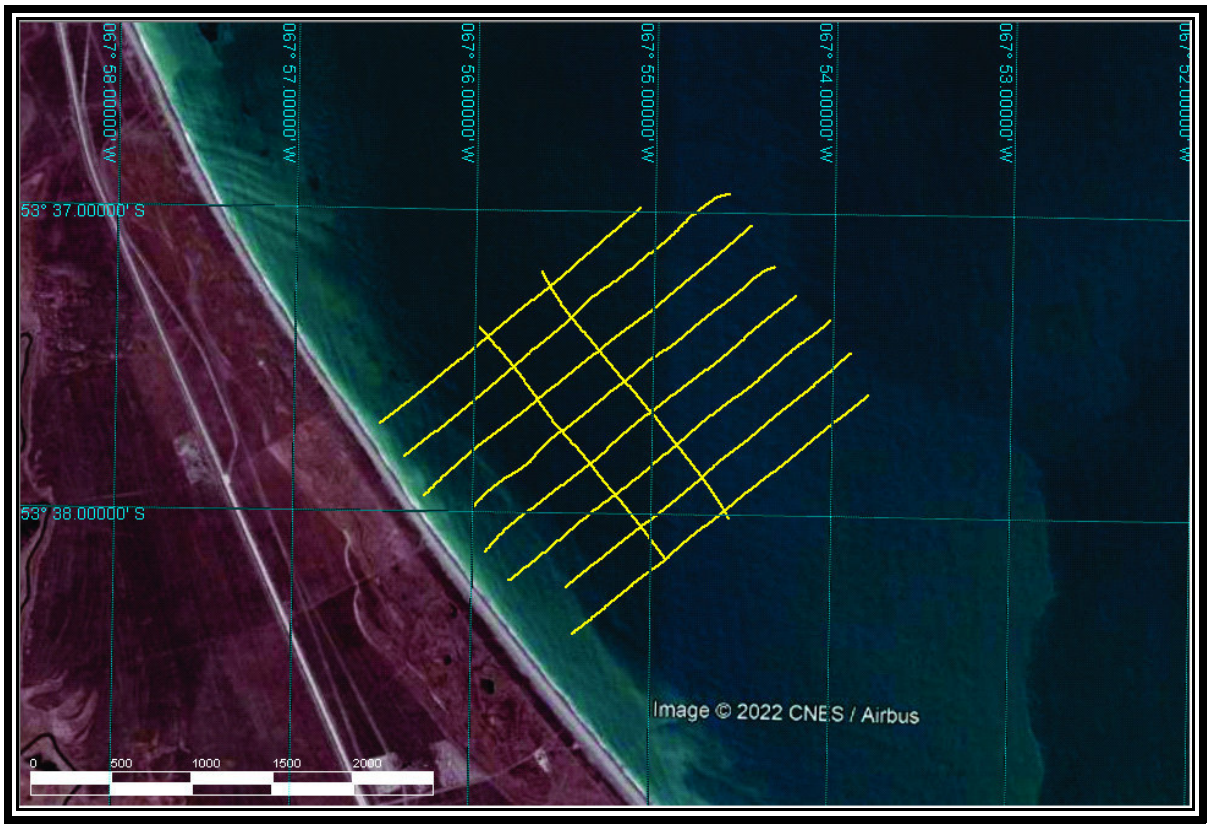


Figura 1
Ubicación de los perfiles sísmicos realizados.

7.2 MÉTODO DE TRABAJO

El relevamiento sísmico se realizó mediante el empleo de un perfilador de alta resolución, El sistema se compone de un transmisor sísmico EDO WESTERN, con frecuencia de emisión variable entre 2 y 12 kHz, durante el relevamiento se seleccionó la frecuencia de 3,5 kHz por ser la más efectiva a los fines propuestos.

Un arreglo de cuatro transductores (emisores-receptores de la onda sísmica) completan el sistema, permitiendo la utilización de una potencia máxima de 10 kw.

Los transductores fueron fijados a una estructura metálica ubicada sobre una banda de la embarcación, en cuyo extremo superior fue ubicada la antena de posicionamiento del GPS.

En simultáneo con la prospección sísmica se llevó a cabo el relevamiento batimétrico, de manera de poder determinar con precisión los espesores sedimentarios de las unidades estratigráficas del subsuelo.

La operación del sistema y la adquisición de la información acústica durante el relevamiento se realizó en modo digital mediante el empleo de un computador, utilizando el software SonarWiz 7, a través del mismo, la información de los perfiles fue posteriormente procesada, optimizada y analizada en gabinete.

Para el cálculo de los espesores sedimentarios se consideró una velocidad media de propagación de la onda sísmica de 1650 m/seg., en concordancia con las faces sismoacústicas presentes en el subsuelo del área de estudio.

7.3 RESULTADOS

Los perfiles obtenidos muestran características estratigráficas similares, identificándose en todos ellos 2 unidades sísmicas claramente diferenciadas,

En la figura 2, considerando el perfil central P5, se ejemplifican dichas unidades.

Esta figura se presenta a modo de referencia para la interpretación de todos los sismogramas procesados (Ítem 7.4 PERFILES SÍSMICOS).

La Unidad Sísmica I (Figura 2) corresponde a un material rocoso, que en los sismogramas se identifica por presentar una marcada estratificación buzante hacia la costa, asimismo, se ha determinado que el techo de esta roca sufre una abrupta somerización en cercanías del litoral, llegando a aflorar parcialmente en el fondo marino en los perfiles 7 y 8. Dicha característica es fácilmente visualizada mediante la integración en 3D de los perfiles relevados (Figura 3).

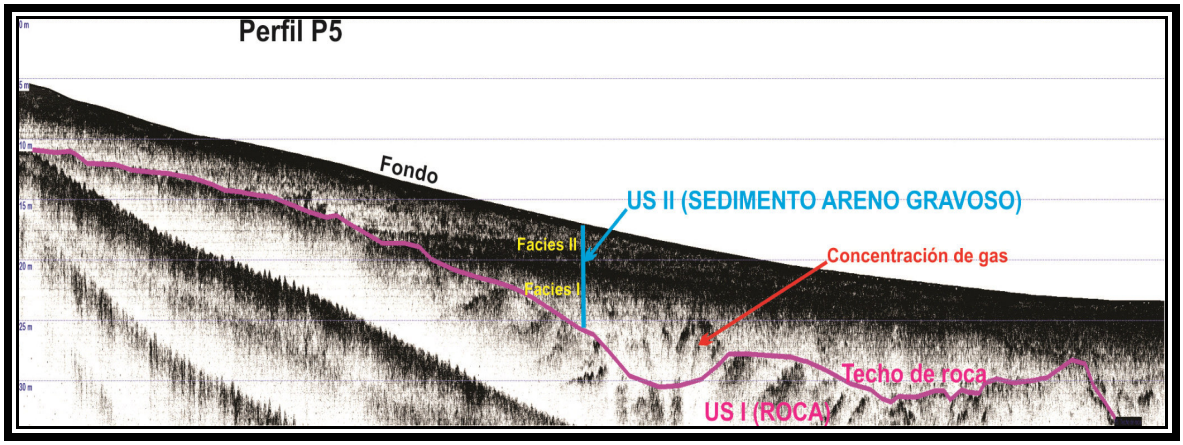


Figura 2
Sismograma del perfil P5. Identificación de las unidades sísmicas (US), presentes en todos los perfiles relevados.

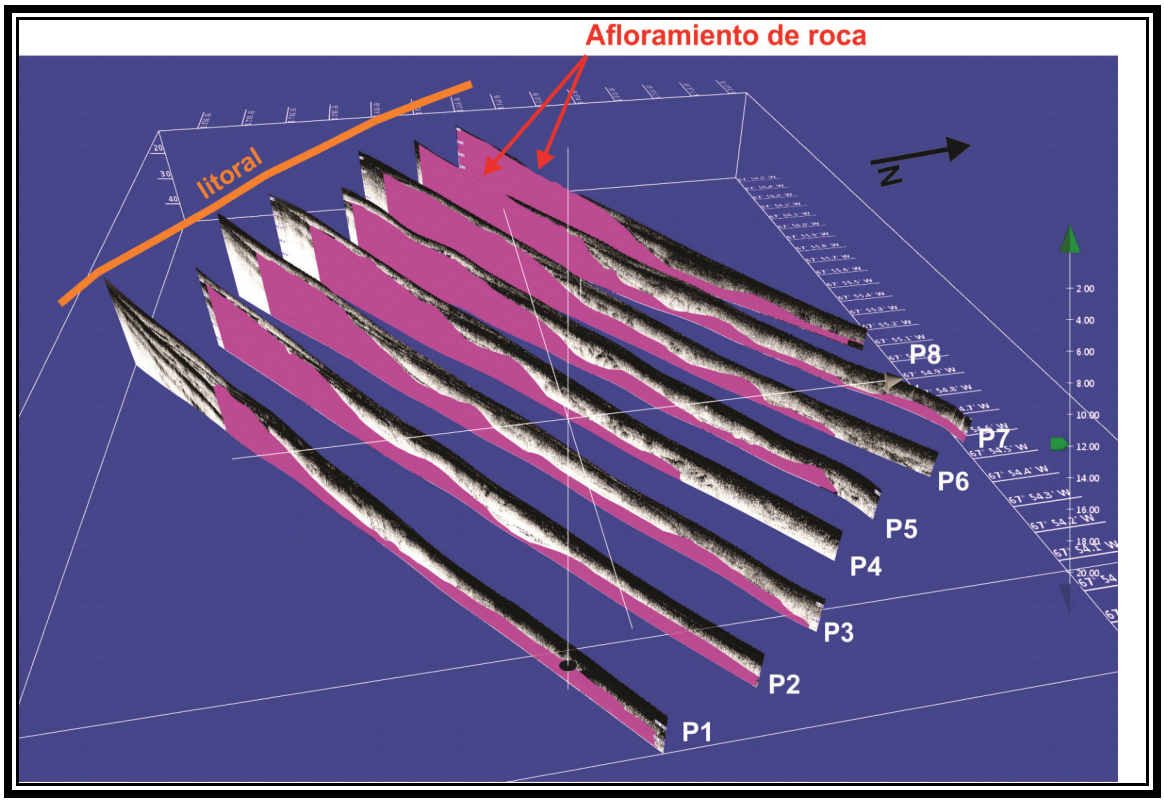


Figura 3
Visualización 3D de los perfiles sísmico y la distribución de la roca en el subsuelo marino

Asimismo, la determinación del límite superior del material rocoso presente en todos los perfiles posibilitó definir la posición altimétrica del techo de roca (plano RG-221013PFL), en tanto su variabilidad en planta puede observarse en el plano RG-221008S..

Considerando el "Mapa Geológico de la Isla Grande de Tierra del Fuego e Isla de los Estados" (Repositorio SEGEMAR, 2014), al material rocoso del subsuelo se lo correlaciona con una sedimentita marina constituida por areniscas limosas y limoarcilitas, correspondiente al Neógeno (Mioceno-Plioceno).

Por encima de la roca, en todos los perfiles, se define la Unidad Sísmica II, formada por un paquete de sedimentos areno gravosos, aquí se diferencia una facies sísmica inferior y otra superior (Figura 2).

La inferior, cuyo piso es el techo de roca, posee una configuración sísmica semi transparente, con escasos reflectores horizontales, los cuales se hallan enmascarados por la presencia de importantes concentraciones de gas.

Estas acumulaciones gasíferas, que en algunos casos se extienden por más de 600 m, producen apantallamientos acústicos en los registros, impidiendo la penetración de la onda sísmica por debajo de los mismos, generando un blanqueamiento del registro (Figura 4).

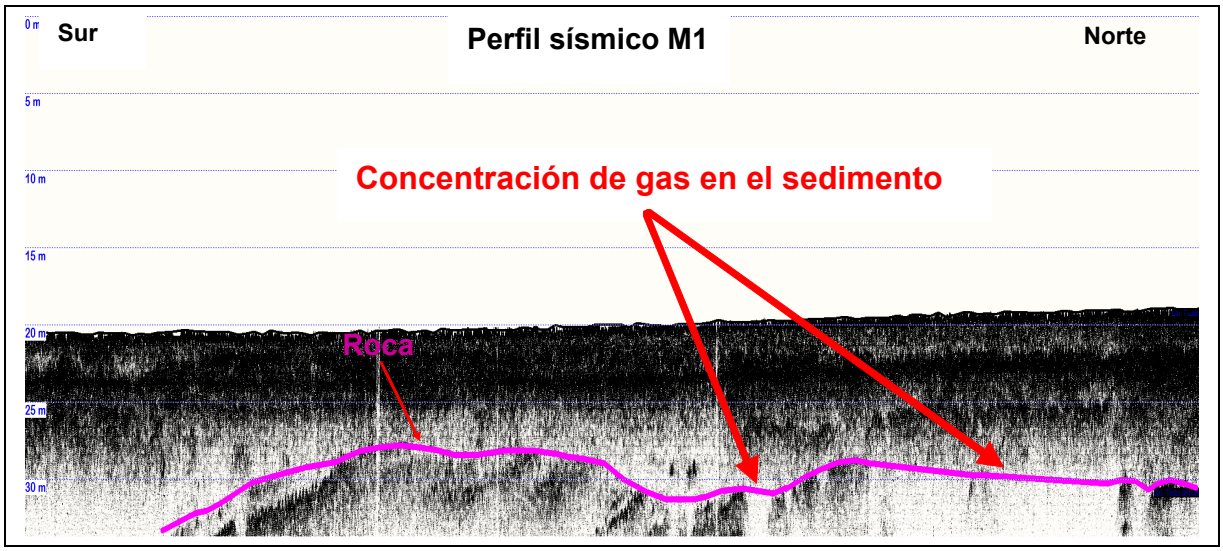


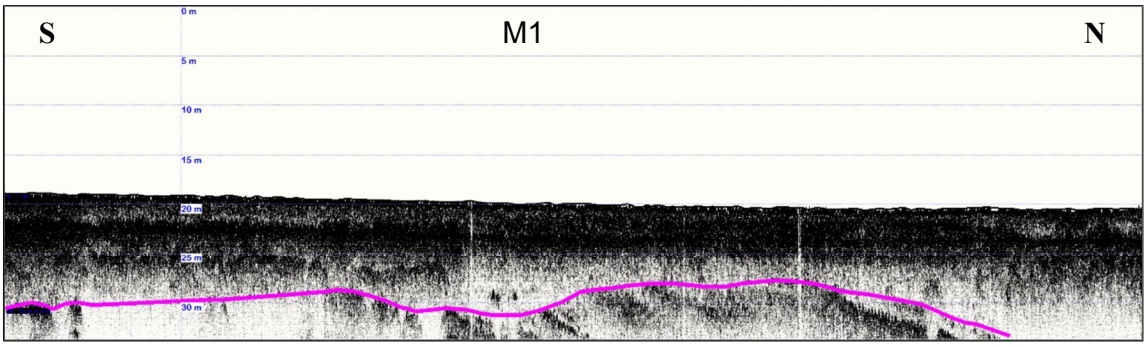
Figura 4
Ejemplo de sismograma que evidencia una concentración gasífera en el sedimento

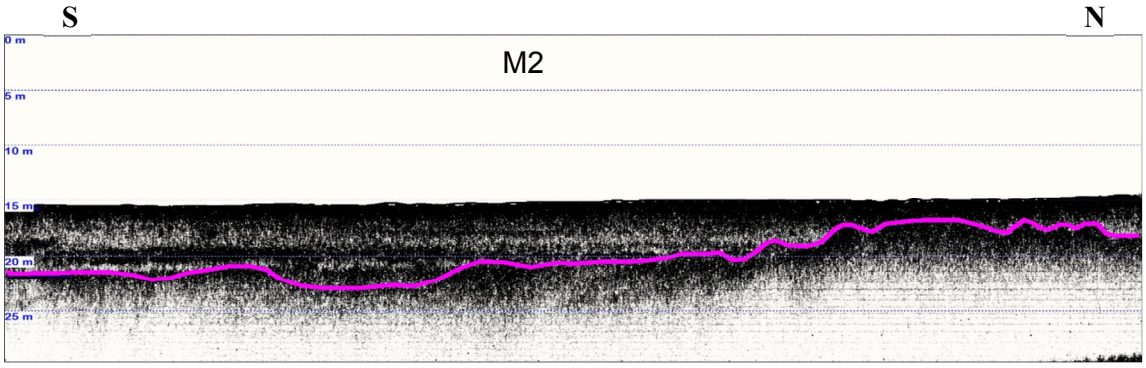
La facies superior de la Unidad Sísmica II corresponde a un material arenoso con diferentes proporciones de grava.

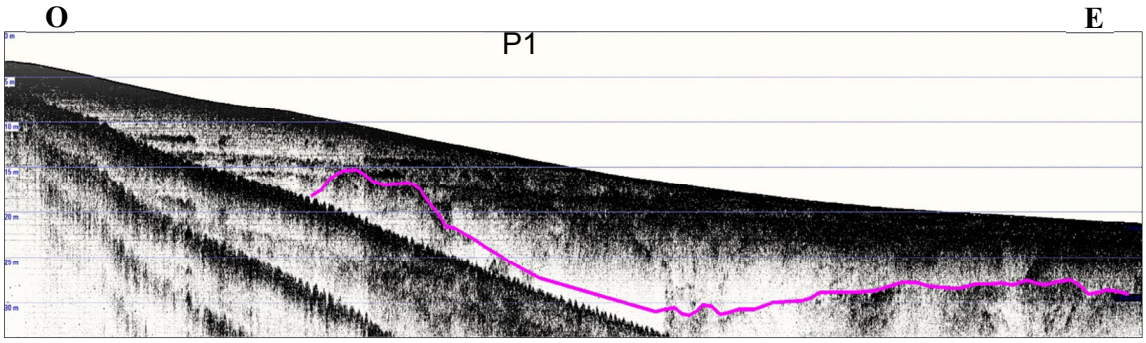
Este tipo de sedimento, que se halla recubriendo la roca en el sector más costero, tiende a reducir su espesor hacia el mar.

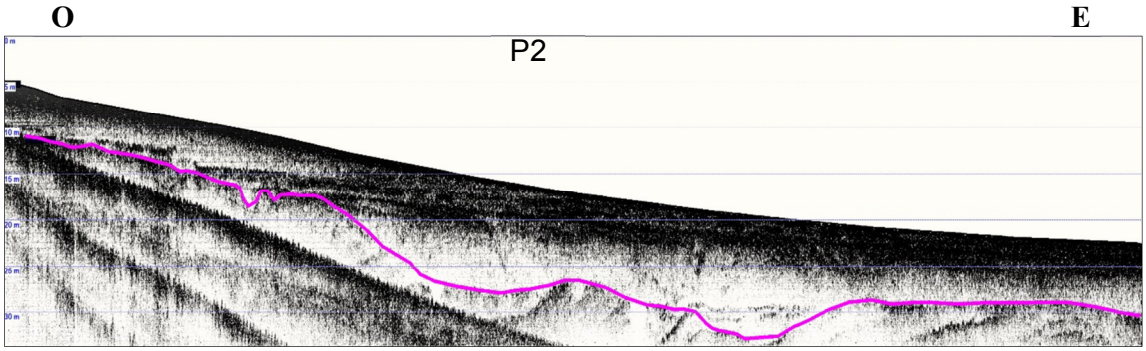
En tanto, en la zona litoral su espesor disminuye en dirección norte, llegando a producirse el afloramiento de la roca en la superficie del fondo marino en el tramo más costero de los perfiles P7 y P8 (Figura 3 y Anexo PERFILES SISMICOS).

7.4 PERFILES SÍSMICOS



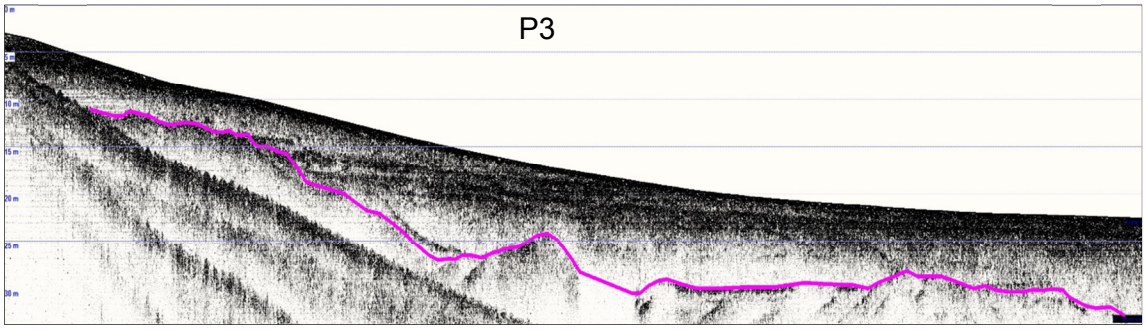






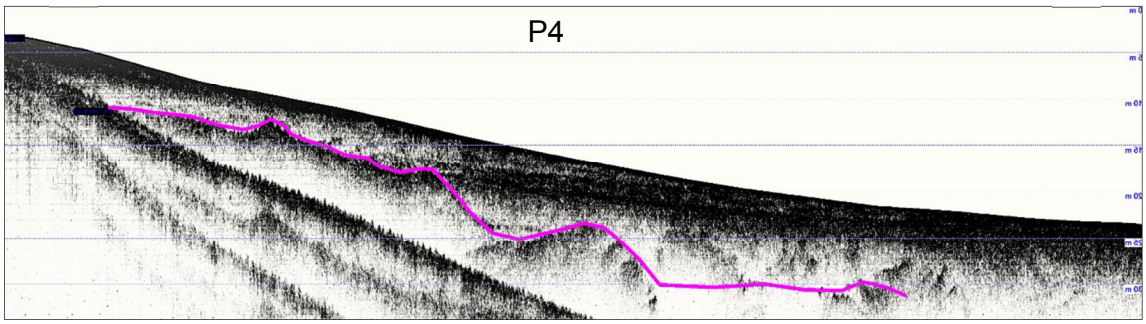
O E

P3



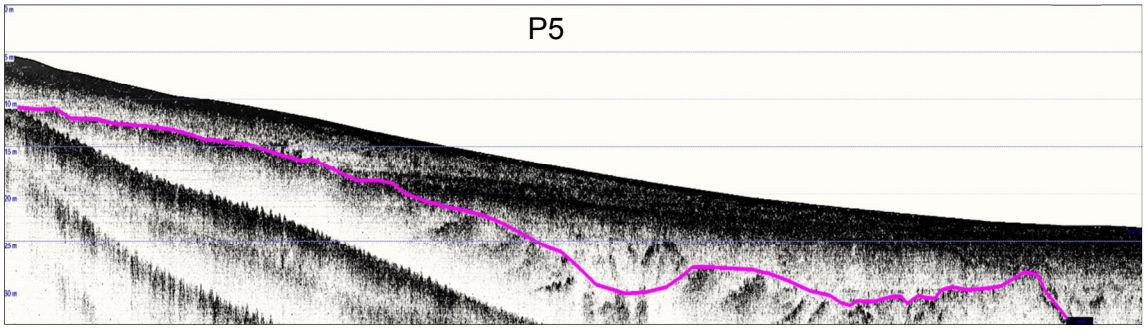
O E

P4



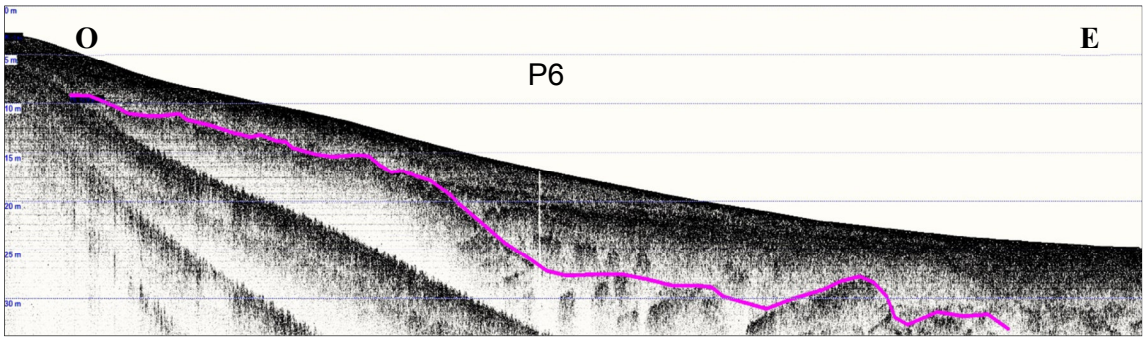
O E

P5

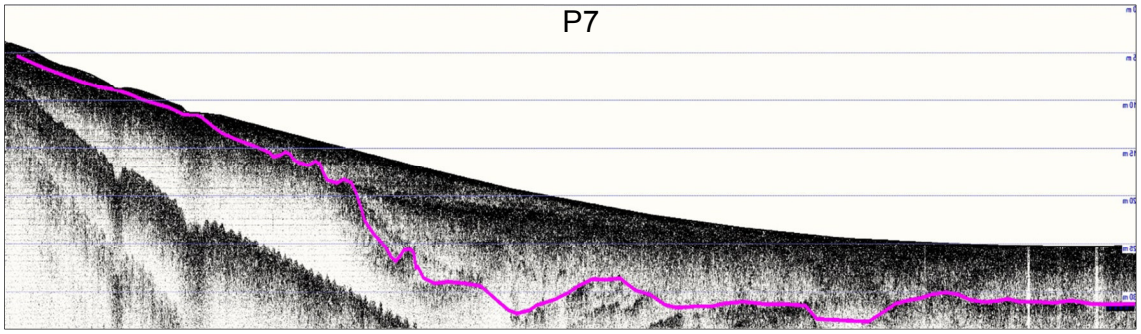


O E

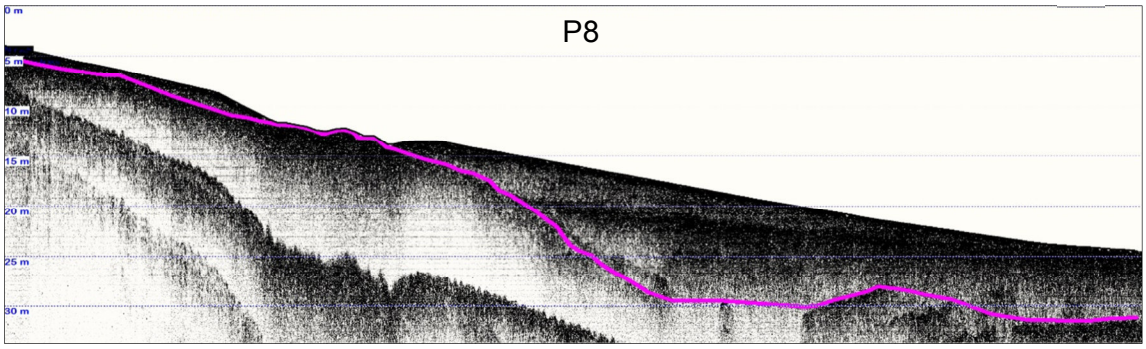
P6



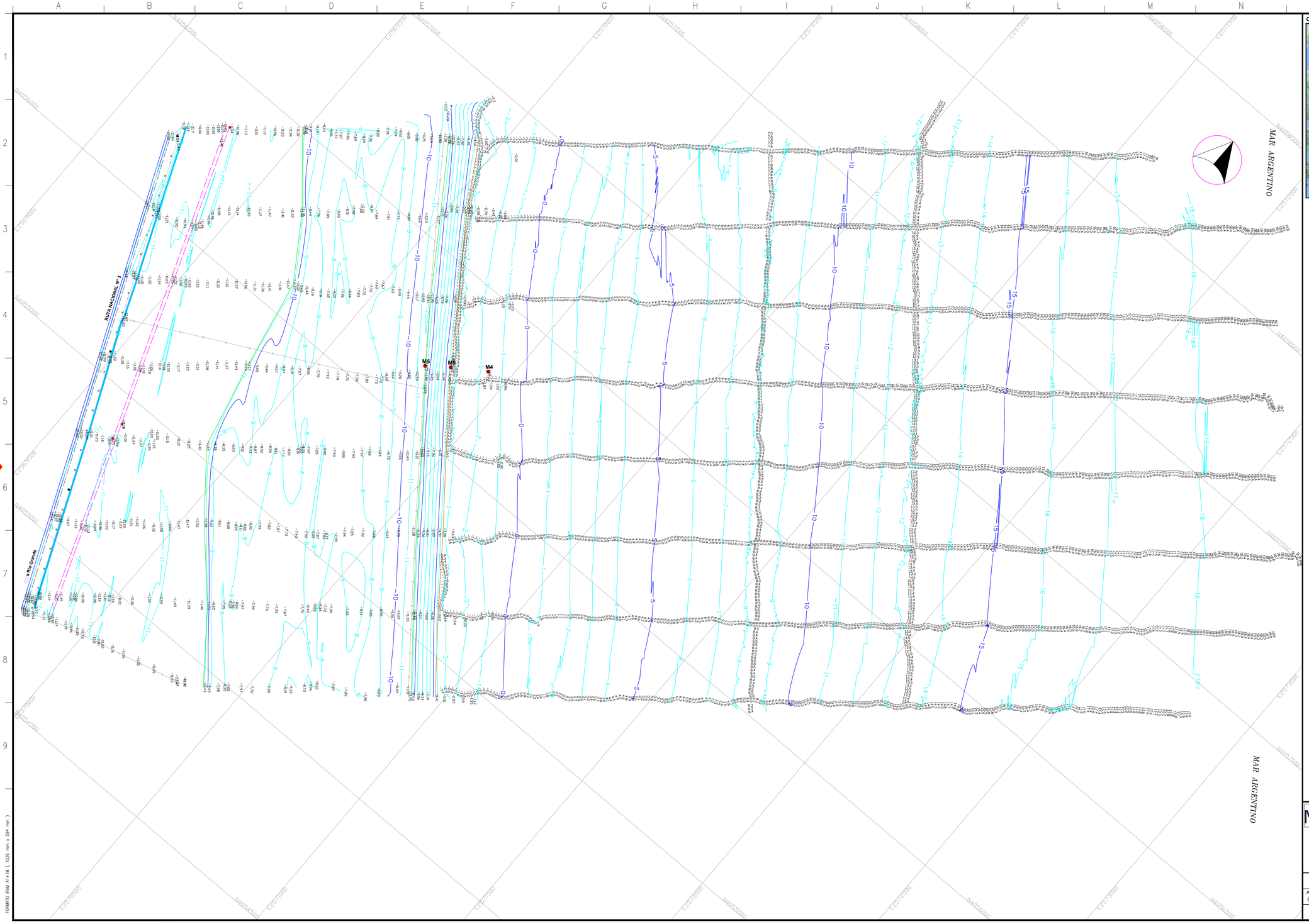
O E



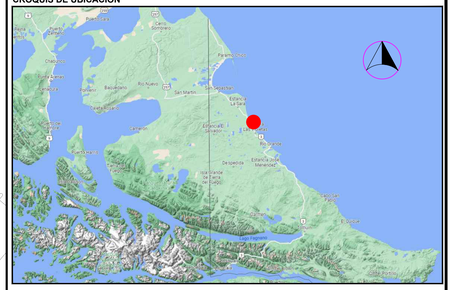
O E



8. PLANOS



CROQUIS DE UBICACIÓN



REFERENCIAS:

- ALAMBRADO
- BANQUINA
- BORDE SUPERIOR DE BARRANCA
- BORDE INFERIOR DE BARRANCA
- RUTA NACIONAL N°3
- TAPADA GASODUCTO
- ZANJA
- POSTE GASODUCTO
- POSTE DE HORMIGÓN
- POSTE DE MADERA
- M6 MUESTRA DE SUELO

ESCALA: 1:5000

0 50 100 250 500m

COORDENADAS PLANAS GAUSS-KRÜGER – DATUM WGS'84 – FAJA 2 – MARCO POSGAR 07
PROFUNDIDADES EN METROS RESPECTO AL NIVEL DE REDUCCIÓN LOCAL (Puerto Río Grande)
VALORES NEGATIVOS INDICAN ALTURAS SOBRE EL NIVEL DE REDUCCIÓN LOCAL.
EQUIDISTANCIA ISOBATAS = 1,00 METRO

Mirgor

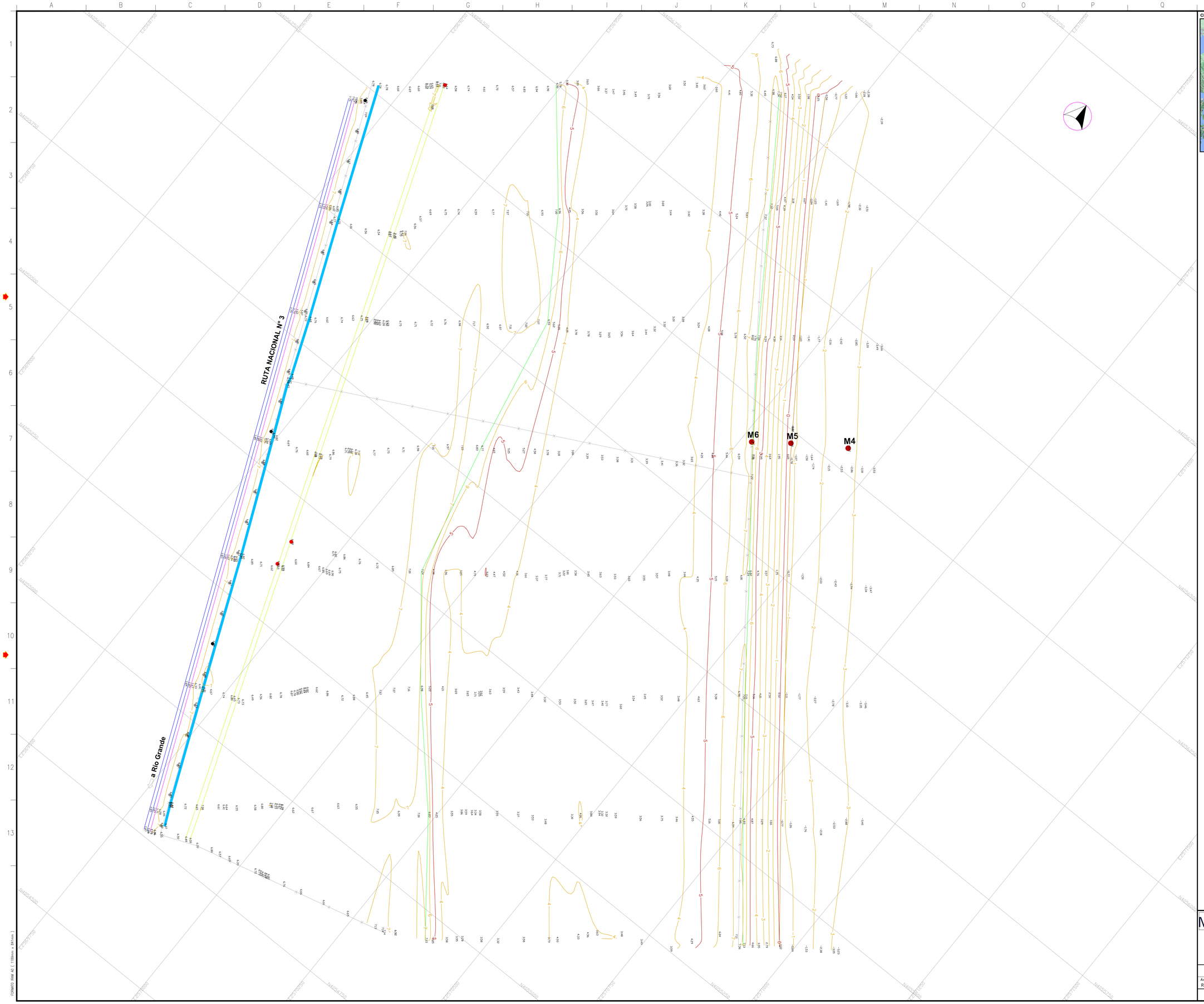
ISLA GRANDE DE TIERRA DEL FUEGO
PUERTO DE RÍO GRANDE
RELEVAMIENTO BATIMÉTRICO

Relevó	Dibujó	Verificó	Fecha	
D. BOFILL	D. CIDES	D. BOFILL	13/10/2022	
Archivo AutoCAD 14	Escala	Fecha Relevamiento	Plano N°	Rev.
RG-221013B.DWG	GRAFICA	Octubre/2022	01	

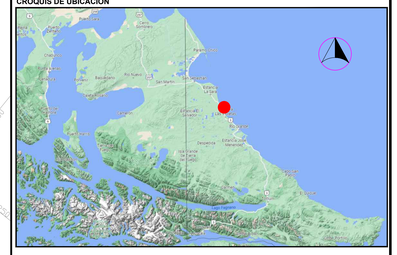
BOFILL Y ASOCIADOS S.R.L.
Mitre 1626, (C1406 CVH), Buenos Aires – Argentina – Email: bofill@fibertel.com.ar – Móvil: +54 9 11 5867-5609/06

NUMERO DE PLANO:

FORMATO IRAM A1+1M (1026 mm x 594 mm)



CROQUIS DE UBICACIÓN



REFERENCIAS:

- ALAMBRADO
- BANQUINA
- BORDE SUPERIOR DE BARRANCA
- BORDE INFERIOR DE BARRANCA
- RUTA NACIONAL N°3
- TAPADA GASODUCTO
- ZANJA
- POSTE GASODUCTO
- POSTE DE HORMIGÓN
- POSTE DE MADERA
- M6 MUESTRA DE SUELO

ESCALA 1:2500

0 20 50 100 200m

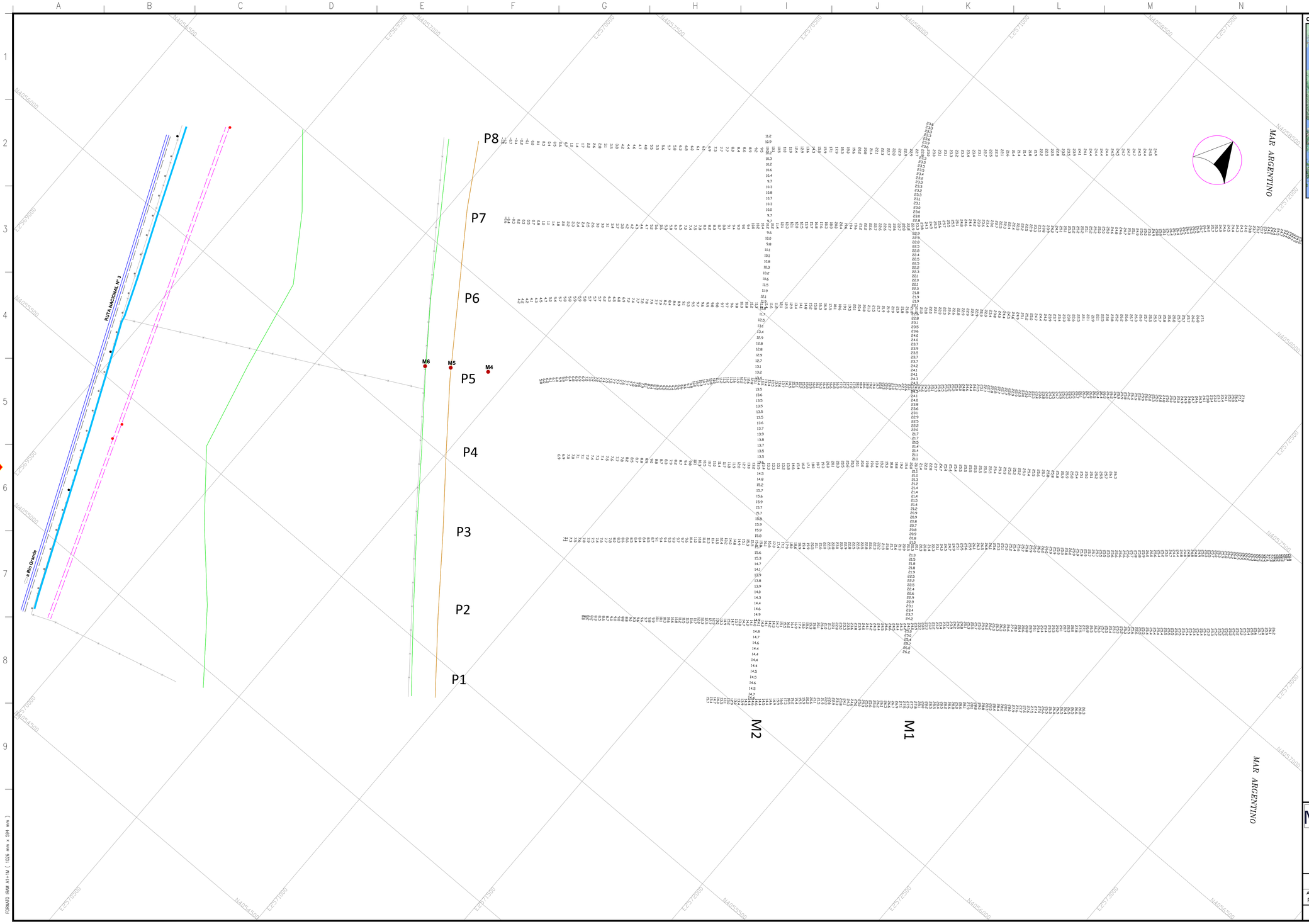
COORDENADAS PLANAS GAUSS-KRÜGER – DATUM WGS'84 – FAJA 2 – MARCO POSGAR 07
COTAS EN METROS RESPECTO AL NIVEL DE REFERENCIA DEL I.G.N. (COTA SRVN 16)
VALORES NEGATIVOS INDICAN ALTURAS SOBRE EL NIVEL DE REDUCCIÓN LOCAL.
CURVAS DE NIVEL = 1,00 METRO

Mirgor

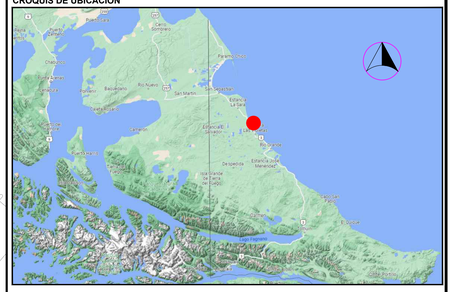
ISLA GRANDE DE TIERRA DEL FUEGO
PUERTO DE RÍO GRANDE
RELEVAMIENTO PLANIALTIMÉTRICO

Relevó	Dibujó	Verificó	Fecha	
D. BOFILL	D. CIDES	D. BOFILL	13/10/2022	
Archivo AutoCAD 14	Escala	Fecha Relevamiento	Plano N°	Rev.
RG-221013A.DWG	GRAFICA	Octubre/2022	01	

BOFILL Y ASOCIADOS S.R.L.
Mtd 1626, (C1406 CVH), Buenos Aires - Argentina - Email: bofill@fibertel.com.ar - Mbuli: +54 9 11 5867-5609/06



CROQUIS DE UBICACIÓN



REFERENCIAS:

- ALAMBRADO
- BANQUINA
- BORDE SUPERIOR DE BARRANCA
- BORDE INFERIOR DE BARRANCA
- RUTA NACIONAL N°3
- TAPADA GASODUCTO
- ZANJA
- POSTE GASODUCTO
- POSTE DE HORMIGÓN
- POSTE DE MADERA
- M6 MUESTRA DE SUELO

7.9 PROFUNDIDADES EN METROS DEL TECHO DE ROCA RESPECTO AL NIVEL DE REDUCCIÓN LOCAL

ESCALA: 1:5000

0 50 100 250 500m

COORDENADAS PLANAS GAUSS-KRÜGER – DATUM WGS'84 – FAJA 2 – MARCO POSGAR 07
PROFUNDIDADES EN METROS RESPECTO AL NIVEL DE REDUCCIÓN LOCAL (Puerto Río Grande)

Mirgor

ISLA GRANDE DE TIERRA DEL FUEGO
PUERTO DE RÍO GRANDE
RELEVAMIENTO GEOFÍSICO

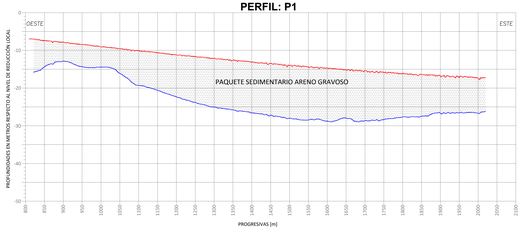
Relevó	Dibujó	Verificó	Fecha	
D. BOFILL	D. CIDES	D. BOFILL	13/10/2022	
Archivo AutoCAD 14	Escala	Fecha Relevamiento	Plano N°	Rev.
RG-221013S.DWG	GRAFICA	Octubre/2022	01	

BOFILL Y ASOCIADOS S.R.L.
Mitre 1626, (C1406 CVH), Buenos Aires – Argentina – Email: bofill@fibertel.com.ar – Móvil: +54 9 11 5867-5609/06

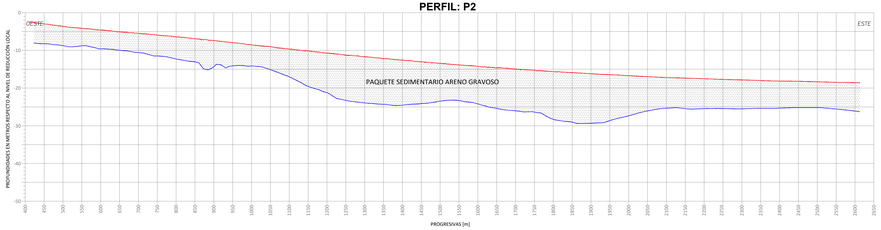
NUMERO DE PLANO:

FORMATO IRAM A1+1M (1026 mm x 594 mm)

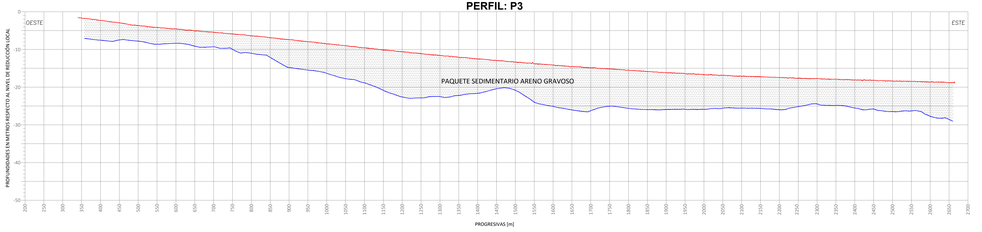
PERFIL: P1



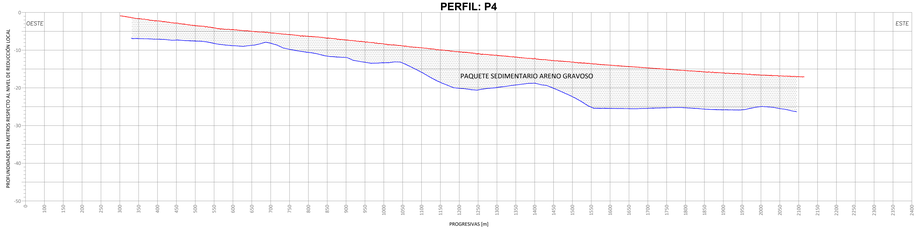
PERFIL: P2



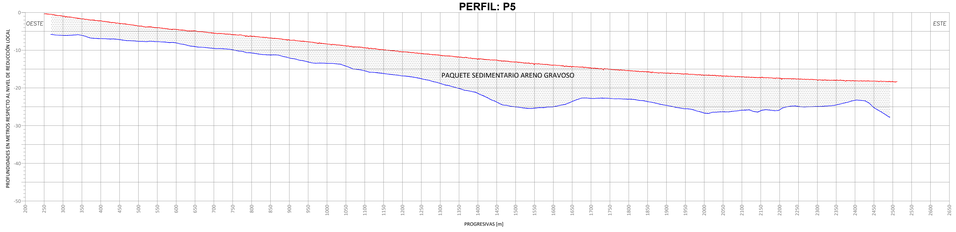
PERFIL: P3



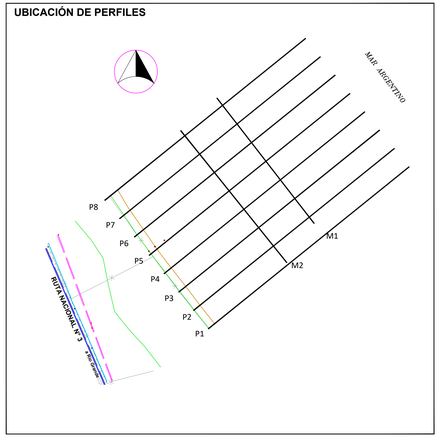
PERFIL: P4



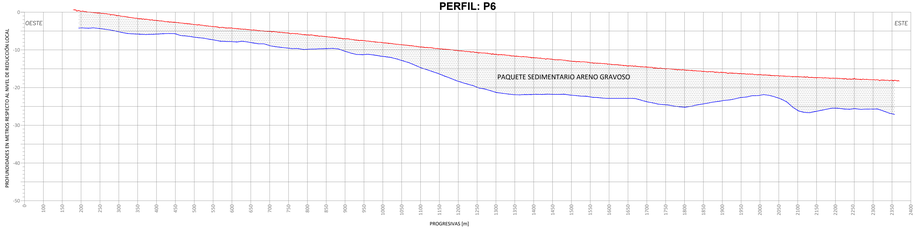
PERFIL: P5



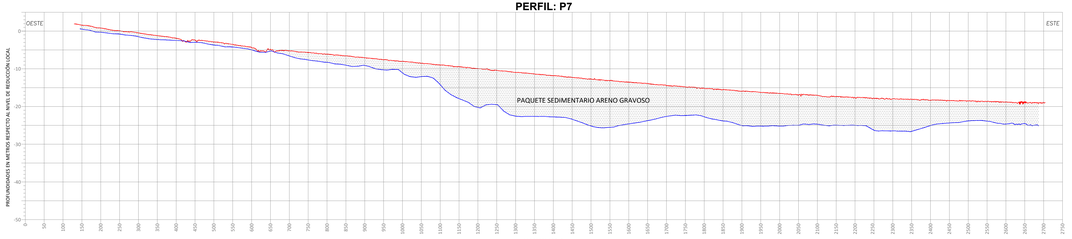
UBICACIÓN DE PERFILES



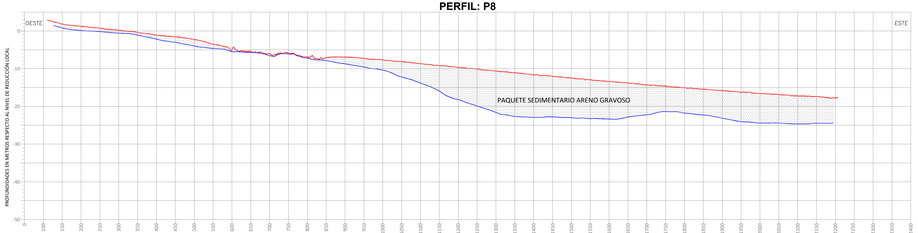
PERFIL: P6



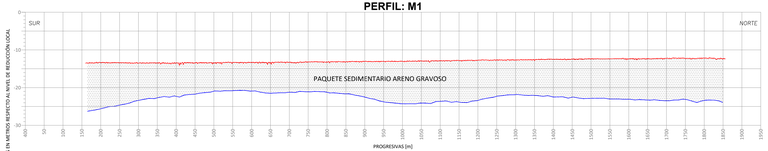
PERFIL: P7



PERFIL: P8



PERFIL: M1



PERFIL: M2



Lecho — Techo de roca

ESCALAS: Hz = 1:5000
V = 1:500

Mirgor

ISLA GRANDE DE TIERRA DEL FUEGO
PUERTO DE RÍO GRANDE
PERFILES BATIMÉTRICOS - SÍSMICOS

Relevó	Dibujó	Verificó	Fecha
D. BOFILL	D. CIDES	D. BOFILL	20/10/2022
Archivo AutoCAD 14	Escala	Fecha Relevamiento	Plano Nº	Rev.
RG-221008PFL.DWG	GRAFICA	Octubre/2022	01	

BOFILL Y ASOCIADOS S.R.L.

NUMERO DE PLANO

ESTANDO (ISO A1 = 34 , 1/00 mm x 594 mm)

GeoCalc TDF

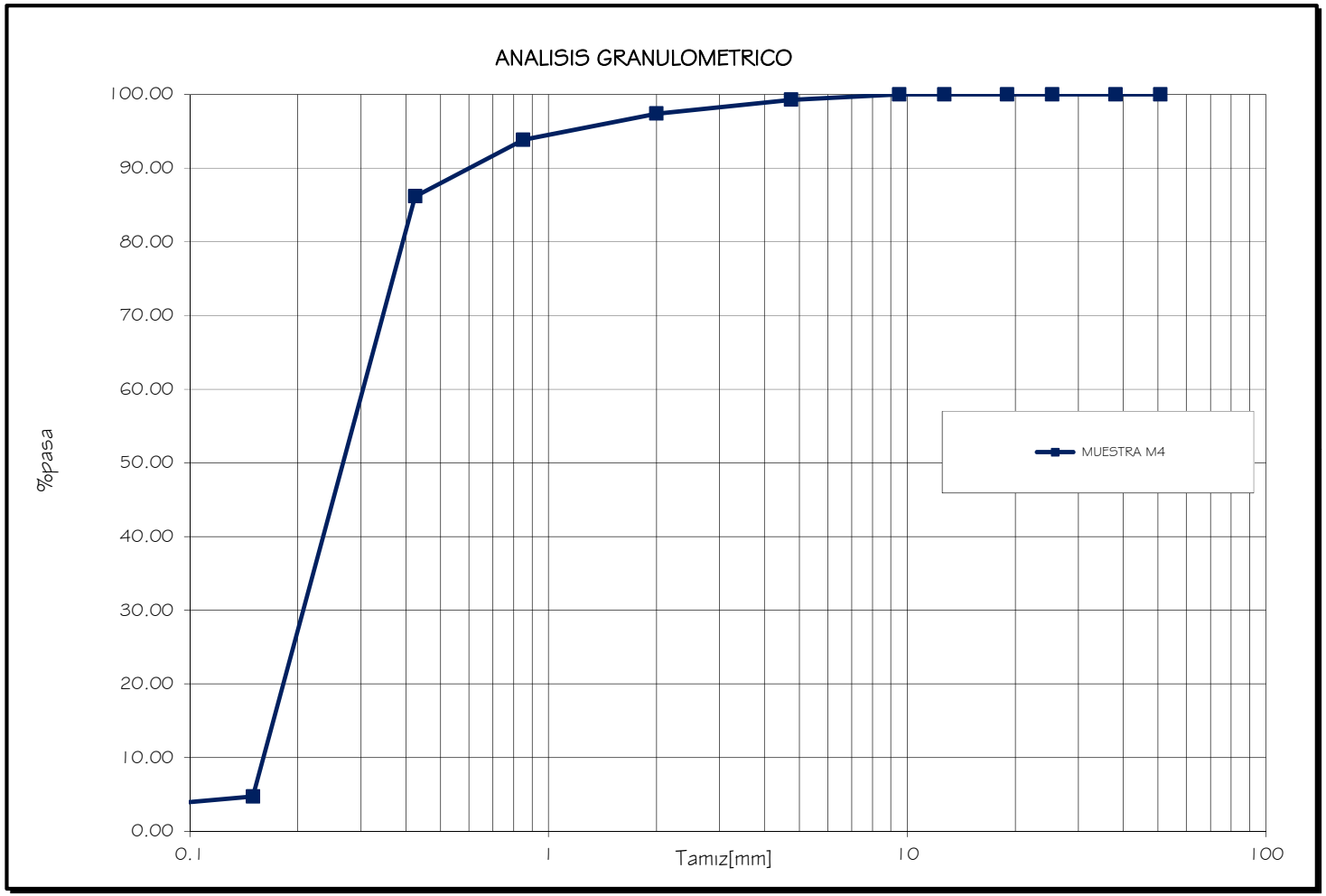
Dr. Houssay 288, Río Grande, Tierra del Fuego, Argentina info@geocalctdf.com.ar 02984 594027 @GeocalcTDF

OBRA: MUESTRA M4

UBICACIÓN: COSTA MAR ARGENTINO NORTE DE RIO GRANDE - COORDENADAS S 53º 38´ 1.26895" O 67º 56´ 6.77287"

COMITENTE: SERMAN Y ASOCIADOS

FECHA: **OCTUBRE 17 2022**



Tamiz N°	Tamiz (mm)	% Pasa
2"	50.8	100.00
1 1/2"	38.1	100.00
1"	25.4	100.00
3/4"	19	100.00
1/2"	12.7	100.00
3/8"	9.5	100.00
4	4.75	99.29
10	2.00	97.40
20	0.85	93.85
40	0.425	86.17
100	0.15	4.73
200	0.075	3.43

CLASIFICACION U.S.C.S.: ARENAS MAL GRADUADAS
TAMAÑO MAXIMO 4.7mm

FABIO A. ZARATE
Ingeniero Civil
M.P. C.I.T.D.F.: 001
M.N. 14363

GeoCalc TDF

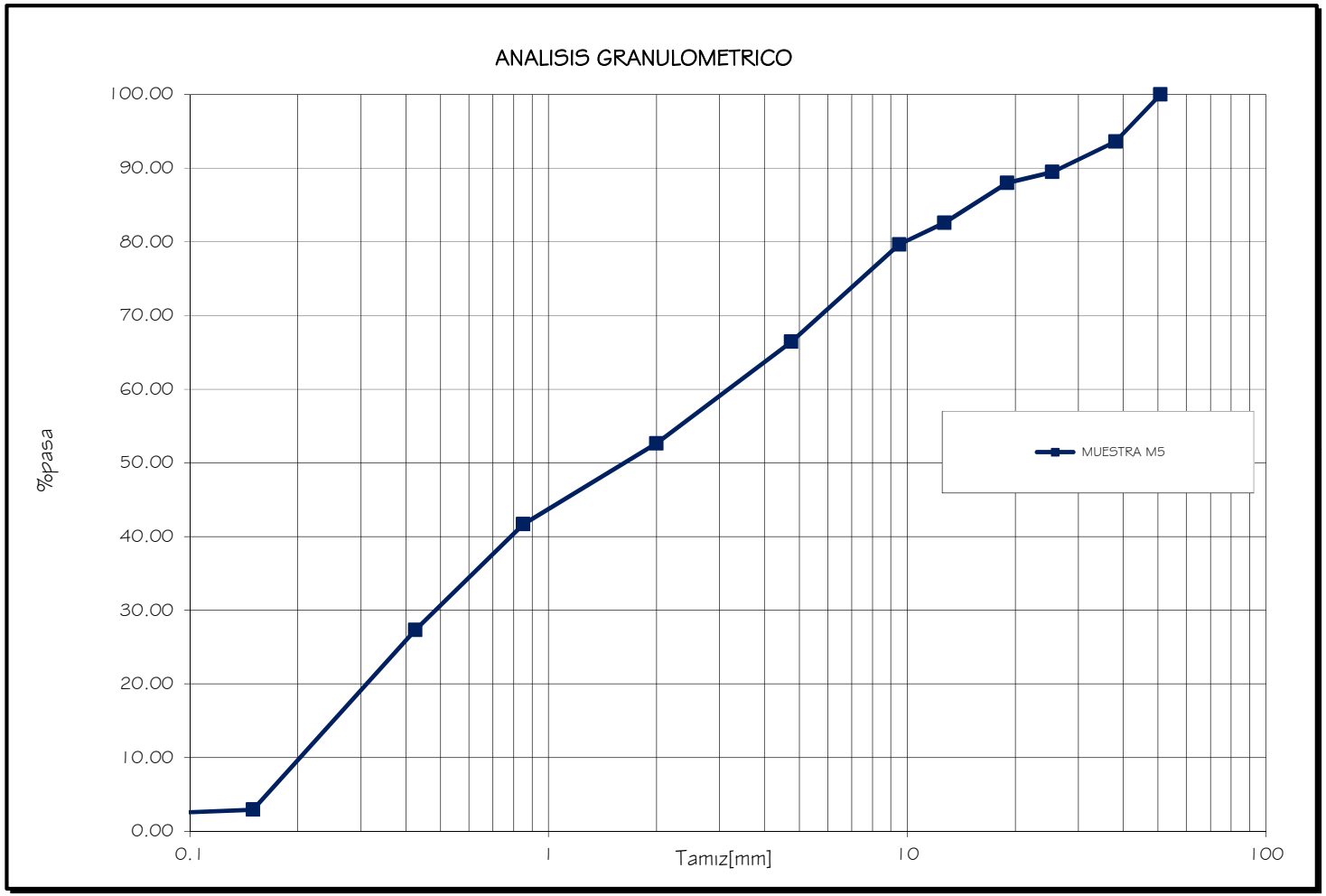
Dr. Houssay 288, Río Grande, Tierra del Fuego, Argentina info@geocalctdf.com.ar 02984 594027 @GeocalcTDF

OBRA: MUESTRA M5

UBICACIÓN: COSTA MAR ARGENTINO NORTE DE RIO GRANDE - COORDENADAS S 53º 38´ 3.47344" O 67º 56´ 12.09299"

COMITENTE: SERMAN Y ASOCIADOS

FECHA: **OCTUBRE 17 2022**



Tamiz N°	Tamiz (mm)	% Pasa
2"	50.8	100.00
1 1/2"	38.1	93.62
1"	25.4	89.47
3/4"	19	88.00
1/2"	12.7	82.58
3/8"	9.5	79.64
4	4.75	66.43
10	2.00	52.65
20	0.85	41.67
40	0.425	27.31
100	0.15	2.94
200	0.075	2.36

CLASIFICACION U.S.C.S.: ARENAS MAL GRADUADAS
TAMAÑO MAXIMO 1 1/2"

FABIO A. ZARATE
Ingeniero Civil
M.P. C.I.T.D.F.: 001
M.N. 14363

GeoCalc TDF

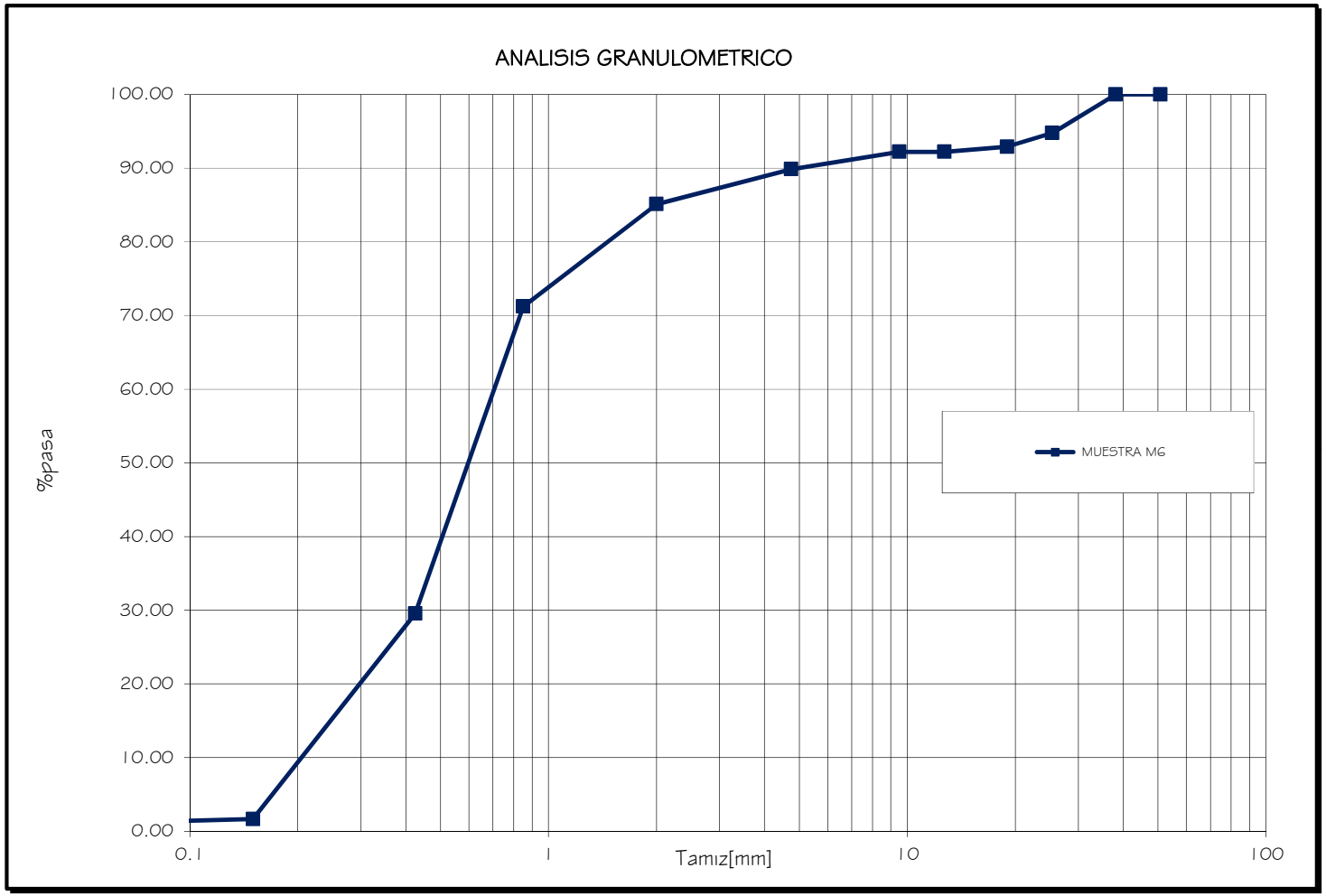
Dr. Houssay 288, Río Grande, Tierra del Fuego, Argentina info@geocalctdf.com.ar 02984 594027 @GeocalcTDF

OBRA: MUESTRA M6

UBICACIÓN: COSTA MAR ARGENTINO NORTE DE RIO GRANDE - COORDENADAS S 53º 38´ 5.08659" O 67º 56´ 15.58232"

COMITENTE: SERMAN Y ASOCIADOS

FECHA: **OCTUBRE 17 2022**



Tamiz N°	Tamiz (mm)	% Pasa
2"	50.8	100.00
1 1/2"	38.1	100.00
1"	25.4	94.78
3/4"	19	92.91
1/2"	12.7	92.22
3/8"	9.5	92.22
4	4.75	89.85
10	2.00	85.12
20	0.85	71.23
40	0.425	29.56
100	0.15	1.67
200	0.075	1.28

CLASIFICACION U.S.C.S.: ARENAS MAL GRADUADAS
TAMAÑO MAXIMO 1 "

FABIO A. ZARATE
Ingeniero Civil
M.P. C.I.T.D.F.: 091
M.N. 14363

ESTUDIOS NÁUTICOS BÁSICOS E INGENIERÍA CONCEPTUAL

PUERTO RÍO GRANDE, PROVINCIA DE TIERRA DEL FUEGO



Serman & asociados s.a. Consultora
SOLUCIONES QUE GENERAN CONFIANZA

Mirgor

CARACTERIZACIÓN DEL CLIMA MARÍTIMO

22044-PRG-IF-001-Rev.A

Noviembre 2022

Ing. Mauro Campos
Representante Técnico

Lic. Julio Cardini
Esp. en Modelación e Hidrosedimentología

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN 1

2 INFORMACIÓN DE OLEAJE, VIENTO Y MAREAS 1

2.1 ESTADÍSTICA DE OLEAJE 2
2.1.1 Oleaje Offshore 2
2.1.2 Oleaje frente a la zona portuaria 14
2.2 ESTADÍSTICA DE VIENTOS 19
2.3 MAREAS 20
2.3.1 Bahía San Sebastián 20
2.3.2 Caleta La Misión: 20
2.4 CORRIENTES 25

3 RESUMEN 30

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Puntos de toma de datos 1
Figura 2 Serie de datos de oleaje cada 3 horas. Latitud 53,6º y Longitud 67,8º 2
Figura 3 Diagrama de dispersión direccional y rosa de oleaje 3
Figura 4 Diagrama de dispersión Altura – Período. Omnidireccional 4
Figura 5 Distribuciones de Extremos. Olas del Norte 10
Figura 6 Distribuciones de Extremos. Olas del NNE 10
Figura 7 Distribuciones de Extremos. Olas del NE 11
Figura 8 Distribuciones de Extremos. Olas del ENE 11
Figura 9 Distribuciones de Extremos. Olas del Este 12
Figura 10 Distribuciones de Extremos. Olas del ESE 12
Figura 11 Distribuciones de Extremos. Olas del SE 13
Figura 12 Distribuciones de Extremos. Olas del SSE 13
Figura 13 Distribuciones de Extremos. Olas del Sur 14
Figura 14 Histograma Altura Significativa de ola en la zona costera (prof. 10 m) en altura de Marea Media 15
Figura 15 Histograma Altura Significativa de ola en la zona costera (prof. 10 m) en Bajamar de Sicigias de Perigeo 15
Figura 16 Rosas de Alturas Significativas y Períodos de ola 16
Figura 17 Diagrama de dispersión y rosa de vientos en el punto de la NOAA Latitud 53,5º S y Longitud 68º W. 19
Figura 18 Serie de datos de niveles de marea 21
Figura 19 Histograma de Pleamares 22
Figura 20 Histograma de Niveles 23
Figura 21 Rosa de Corrientes de marea 25
Figura 22 Diagrama polar de corrientes de marea 26
Figura 23 Serie de datos de corrientes de marea 27
Figura 24 Ubicación del punto de medición histórico de corrientes de marea 27

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Diagrama de dispersión Altura – Período. Olas del Norte 5
Tabla 2 Diagrama de dispersión Altura – Período. Olas del NNE 5
Tabla 3 Diagrama de dispersión Altura – Período. Olas del NE 6
Tabla 4 Diagrama de dispersión Altura – Período. Olas del ENE 6
Tabla 5 Diagrama de dispersión Altura – Período. Olas del Este 7
Tabla 6 Diagrama de dispersión Altura – Período. Olas del ESE 7
Tabla 7 Diagrama de dispersión Altura – Período. Olas del SE 8
Tabla 8 Diagrama de dispersión Altura – Período. Olas del SSE 8
Tabla 9 Diagrama de dispersión Altura – Período. Olas del Sur 9
Tabla 10 Recurrencia de alturas significativas de ola por dirección a 9,5 km costa afuera 9

Tabla 11 Estadística direccional de oleaje transformada a 10 m de profundidad al cero y Nivel Medio del Mar 16
Tabla 12 Recurrencia de alturas significativas de ola por dirección en la isobata de 10 metros frente a la boca portuaria. Bajamar de Sicigias de Perigeo (0,7 m) 17
Tabla 13 Recurrencia de alturas significativas de ola por dirección en la isobata de 10 metros frente a la boca portuaria. Nivel Medio del mar (5,1 m).....18
Tabla 14 Recurrencia de alturas significativas de ola por dirección en la isobata de 10 metros frente a la boca portuaria. Pleamar de Sicigias de Perigeo (9,5 m).18
Tabla 15 Histograma de Pleamares.....22
Tabla 16 Histograma de niveles 24
Tabla 17 Diagrama de dispersión direccional de velocidades de la corriente.....26
Tabla 18 Constantes armónicas de las corrientes de marea en La Misión 29

ESTUDIOS NÁUTICOS BÁSICOS E INGENIERÍA CONCEPTUAL PUERTO RÍO GRANDE

1 INTRODUCCIÓN

La empresa privada Mirgor, con sedes en Buenos Aires y Río Grande (Tierra del Fuego) y dedicada a la fabricación y distribución de productos tecnológicos (entre otros), ha encarado el estudio de una terminal portuaria al norte de la ciudad de Río Grande. Se trata de un puerto multipropósito ubicado en los predios adquiridos por la empresa, a 25 km de dicha ciudad fueguina. En consecuencia, se realizan los estudios de base para el desarrollo de la ingeniería conceptual de la terminal.

El presente informe tiene el objetivo de caracterizar el clima marítimo de la zona, información que servirá de base para todo el desarrollo del proyecto.

2 INFORMACIÓN DE OLEAJE, VIENTO Y MAREAS

La Figura 1 ilustra la ubicación de los puntos de modelo global de donde se obtuvieron los datos metoceánicos.



Figura 1: Puntos de obtención de datos metoceánicos

2.1 ESTADÍSTICA DE OLEAJE

2.1.1 Oleaje Offshore

Se han descargado y procesado los datos de oleaje cada 3 horas del sistema WAVERYS, dentro de la iniciativa Copernicus Marine Service (o Copernicus Marine Environment Monitoring Service)[1], la componente marina del Programa Copernicus de la Unión Europea, para un período de 27 años (1993 – 2019), en el punto de la grilla del modelo más cercano, Latitud 53,6º y Longitud 67,8º, a unos 9,5 km de la costa y frente a la zona de estudio.

La información de WAVERYS presenta la ventaja frente a otras fuentes de datos (por ejemplo de la NOAA) de que la distancia entre puntos de grilla es menor (sólo 0,2º de latitud y longitud) por lo que permite disponer de información a distancias relativamente más cortas de los puntos de interés, y las validaciones con mediciones de boyas han demostrado una confiabilidad excelente de este modelo.

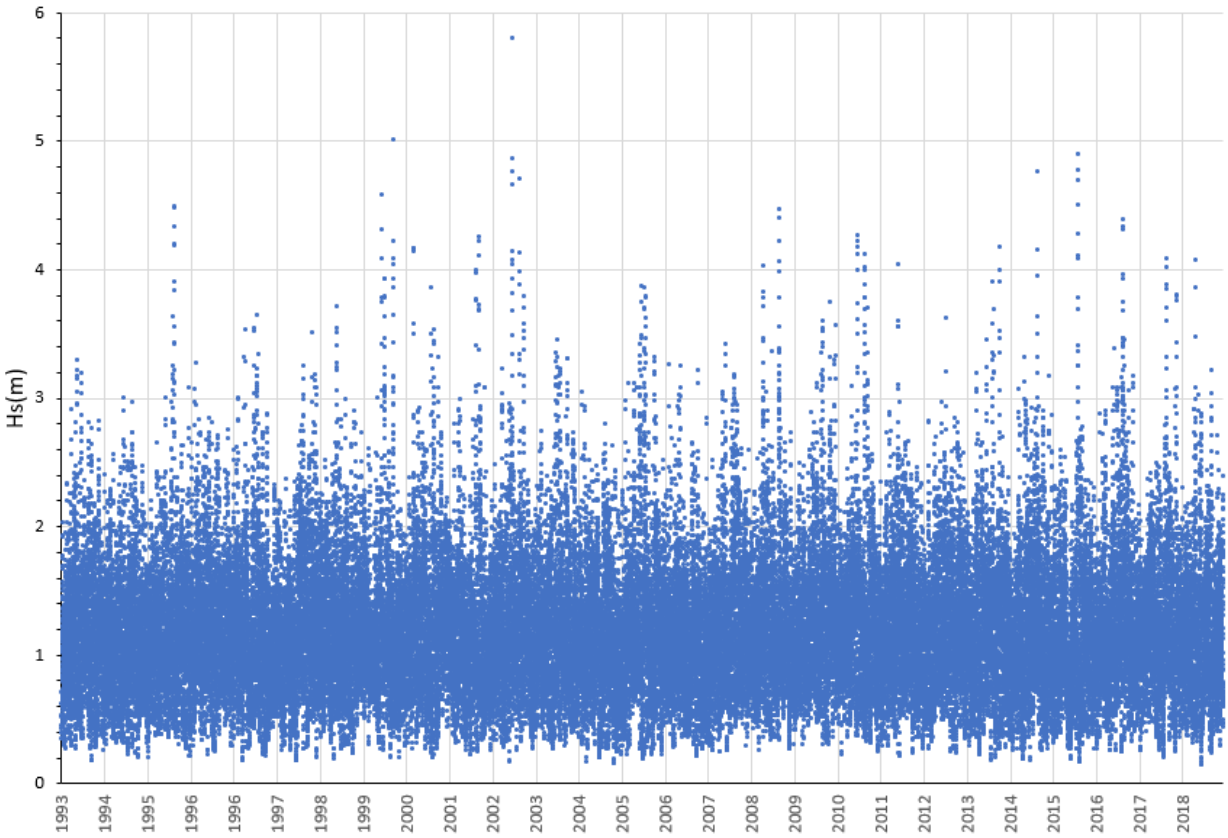


Figura 2 Serie de datos de oleaje cada 3 horas. Latitud 53,6º y Longitud 67,8º

1 *https://resources.marine.copernicus.eu/?option=com_csw&view=details&product_id=GLOBAL_REANALYSIS_WAV_001_032*

Se elaboró una distribución de la altura y periodo del oleaje por cada sector en la rosa de 16 direcciones.

Hs (m)\Dir (º)	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	TOTAL
0,0-0,25	0,011%	0,014%	0,060%		0,038%	0,030%	0,016%										0,170%
0,25-0,5	0,166%	0,717%	1,607%	0,001%	0,928%	0,887%	0,376%			0,001%	0,006%	0,004%	0,061%	0,094%	0,085%	0,023%	4,958%
0,5-0,75	0,563%	2,592%	3,766%	0,005%	1,967%	1,402%	0,529%	0,019%	0,009%	0,010%	0,167%	0,112%	0,854%	0,488%	0,512%	0,099%	13,095%
0,75-1,0	0,976%	3,922%	4,980%	0,005%	2,597%	1,190%	0,335%	0,024%	0,011%	0,016%	0,203%	0,241%	2,540%	1,275%	1,186%	0,196%	19,700%
1,0-1,25	1,029%	4,039%	5,157%	0,015%	2,182%	0,710%	0,169%	0,010%	0,008%	0,016%	0,175%	0,236%	3,509%	1,937%	1,733%	0,212%	21,135%
1,25-1,5	0,990%	2,983%	3,775%	0,014%	1,591%	0,345%	0,095%	0,015%	0,014%	0,008%	0,071%	0,129%	2,956%	1,957%	1,919%	0,232%	17,094%
1,5-1,75	0,778%	1,948%	2,382%	0,015%	0,897%	0,193%	0,051%	0,008%	0,004%	0,003%	0,011%	0,044%	1,711%	1,366%	1,529%	0,176%	11,117%
1,75-2,0	0,502%	1,014%	1,296%	0,019%	0,423%	0,106%	0,042%	0,004%	0,001%		0,005%	0,009%	0,851%	0,859%	0,885%	0,118%	6,134%
2,0-2,25	0,281%	0,614%	0,646%	0,003%	0,237%	0,052%	0,023%				0,003%	0,003%	0,369%	0,412%	0,461%	0,089%	3,192%
2,25-2,5	0,189%	0,371%	0,387%	0,008%	0,127%	0,033%	0,015%					0,001%	0,125%	0,155%	0,160%	0,037%	1,607%
2,5-2,75	0,095%	0,196%	0,212%	0,003%	0,067%	0,010%	0,010%						0,041%	0,067%	0,072%	0,009%	0,782%
2,75-3,0	0,047%	0,091%	0,134%	0,008%	0,065%	0,009%	0,008%						0,022%	0,024%	0,022%	0,009%	0,437%
3,0-3,25	0,034%	0,053%	0,085%	0,003%	0,041%	0,005%	0,004%						0,006%	0,009%	0,018%	0,001%	0,259%
3,25-3,5	0,018%	0,033%	0,037%	0,001%	0,015%	0,004%	0,001%					0,001%	0,001%	0,001%	0,006%	0,001%	0,120%
3,5-3,75	0,005%	0,010%	0,027%	0,003%	0,013%		0,001%						0,001%	0,003%	0,004%	0,003%	0,068%
3,75-4,0	0,005%	0,020%	0,019%	0,001%	0,008%	0,001%	0,001%								0,001%		0,057%
4,0-4,25	0,006%	0,005%	0,009%	0,006%	0,009%	0,001%	0,003%								0,005%		0,044%
4,25-4,5	0,004%	0,001%	0,005%	0,001%	0,003%												0,014%
4,5-4,75	0,004%		0,001%		0,001%	0,001%											0,008%
4,75-5,0	0,003%	0,001%			0,003%												0,006%
5,0-5,25					0,001%												0,001%
5,25-5,5																	
5,5 <						0,001%											0,001%
TOTAL	5,707%	18,626%	24,584%	0,110%	11,212%	4,982%	1,678%	0,080%	0,047%	0,055%	0,641%	0,780%	13,048%	8,648%	8,598%	1,204%	100%

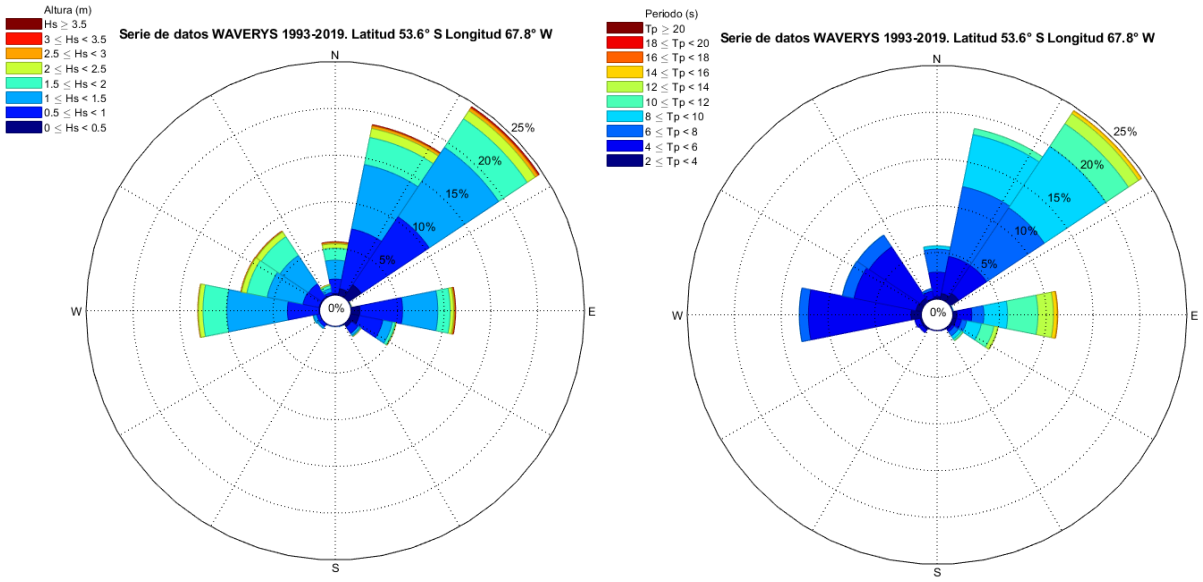


Figura 3 Diagrama de dispersión direccional y rosa de oleaje

Hs (m)\Tp (s)	2,0-4,0	4,0-6,0	6,0-8,0	8,0-10,0	10,0-12,0	12,0-14,0	14,0-16,0	16,0-18,0	>18,0	TOTAL
0,0-0,25	0,003%	0,016%	0,018%	0,060%	0,057%	0,010%	0,006%			0,170%
0,25-0,5	0,672%	0,506%	1,019%	1,507%	0,892%	0,273%	0,072%	0,014%	0,003%	4,958%
0,5-0,75	3,160%	2,121%	2,777%	2,725%	1,704%	0,469%	0,120%	0,016%	0,001%	13,095%
0,75-1,0	1,918%	7,883%	4,173%	3,077%	1,767%	0,726%	0,139%	0,016%		19,700%
1,0-1,25	0,086%	11,501%	4,049%	3,197%	1,479%	0,666%	0,143%	0,014%		21,135%
1,25-1,5		9,593%	3,279%	2,540%	0,929%	0,589%	0,142%	0,020%		17,094%
1,5-1,75		5,461%	2,692%	1,964%	0,543%	0,368%	0,085%	0,005%		11,117%
1,75-2,0		1,648%	2,705%	1,257%	0,281%	0,191%	0,051%			6,134%
2,0-2,25		0,175%	1,877%	0,801%	0,218%	0,082%	0,035%	0,003%		3,192%
2,25-2,5		0,011%	0,857%	0,530%	0,148%	0,041%	0,016%	0,004%		1,607%
2,5-2,75			0,332%	0,330%	0,109%	0,008%	0,004%			0,782%
2,75-3,0			0,133%	0,215%	0,075%	0,013%	0,001%			0,437%
3,0-3,25			0,044%	0,139%	0,070%	0,005%				0,259%
3,25-3,5			0,015%	0,063%	0,042%					0,120%
3,5-3,75			0,005%	0,038%	0,025%					0,068%
3,75-4,0				0,033%	0,024%					0,057%
4,0-4,25				0,028%	0,016%					0,044%
4,25-4,5				0,006%	0,008%					0,014%
4,5-4,75				0,004%	0,004%					0,008%
4,75-5,0				0,001%	0,005%					0,006%
5,0-5,25					0,001%					0,001%
5,25-5,5										
>5,5					0,001%					0,001%
TOTAL	5,839%	38,916%	23,977%	18,516%	8,399%	3,440%	0,816%	0,093%	0,004%	100%

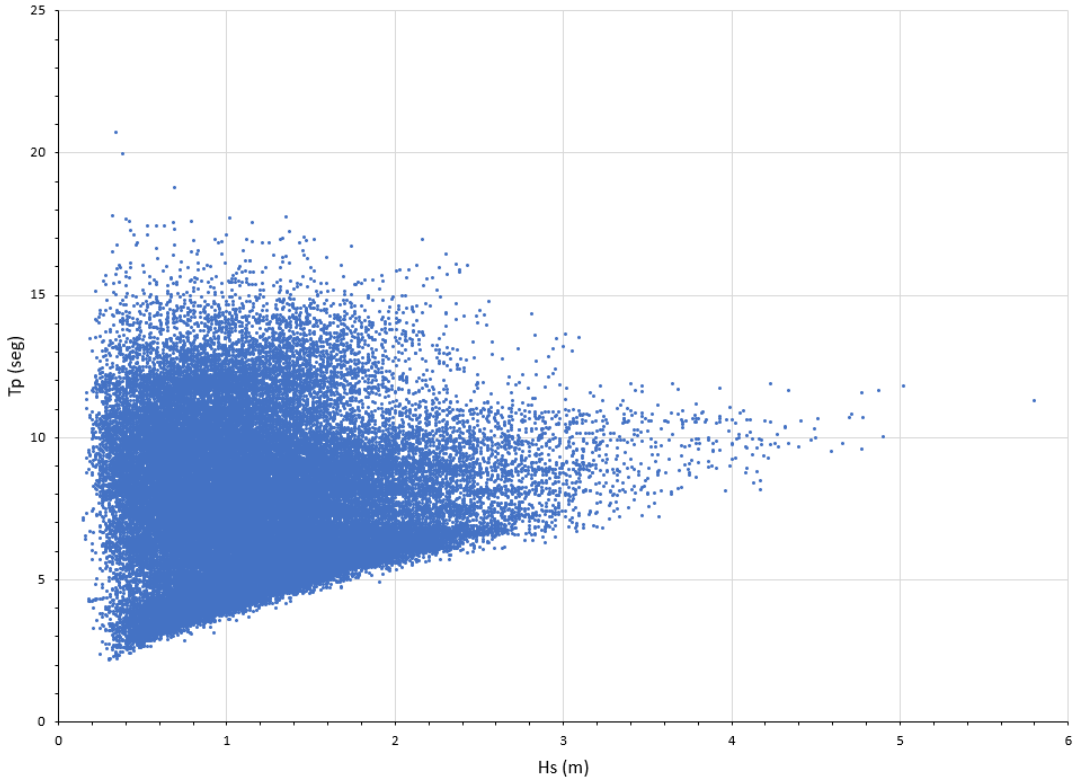


Figura 4 Diagrama de dispersión Altura – Período. Omnidireccional

Hs (m)\Tp (s)	2,0-4,0	4,0-6,0	6,0-8,0	8,0-10,0	10,0-12,0	12,0-14,0	14,0-16,0	16,0-18,0	> 18	TOTAL
0,0-0,25		0,011%								0,011%
0,25-0,5	0,055%	0,101%	0,008%	0,001%	0,001%					0,166%
0,5-0,75	0,142%	0,328%	0,085%	0,006%	0,001%					0,563%
0,75-1,0	0,071%	0,678%	0,221%	0,005%	0,001%					0,976%
1,0-1,25	0,001%	0,686%	0,327%	0,014%	0,001%					1,029%
1,25-1,5		0,522%	0,455%	0,013%						0,990%
1,5-1,75		0,231%	0,521%	0,027%						0,778%
1,75-2,0		0,058%	0,411%	0,033%						0,502%
2,0-2,25		0,004%	0,231%	0,047%						0,281%
2,25-2,5		0,001%	0,133%	0,055%						0,189%
2,5-2,75			0,043%	0,052%						0,095%
2,75-3,0			0,014%	0,033%						0,047%
> 3,0			0,006%	0,062%	0,010%					0,079%
TOTAL	0,269%	2,621%	2,454%	0,347%	0,015%					5,707%

Tabla 1 Diagrama de dispersión Altura – Período. Olas del Norte

Hs (m)\Tp (s)	2,0-4,0	4,0-6,0	6,0-8,0	8,0-10,0	10,0-12,0	12,0-14,0	14,0-16,0	16,0-18,0	> 18	TOTAL
0,0-0,25		0,003%	0,009%	0,003%						0,014%
0,25-0,5	0,057%	0,148%	0,384%	0,113%	0,014%			0,001%		0,717%
0,5-0,75	0,317%	0,534%	1,214%	0,502%	0,024%	0,001%				2,592%
0,75-1,0	0,264%	0,944%	1,814%	0,865%	0,034%	0,001%				3,922%
1,0-1,25	0,016%	1,195%	1,550%	1,186%	0,087%	0,003%				4,039%
1,25-1,5		0,771%	1,088%	1,009%	0,115%					2,983%
1,5-1,75		0,337%	0,752%	0,767%	0,093%					1,948%
1,75-2,0		0,075%	0,409%	0,459%	0,071%					1,014%
2,0-2,25		0,018%	0,214%	0,305%	0,076%					0,614%
2,25-2,5		0,001%	0,114%	0,204%	0,052%					0,371%
2,5-2,75			0,039%	0,120%	0,037%					0,196%
2,75-3,0			0,011%	0,062%	0,018%					0,091%
> 3,0			0,006%	0,080%	0,038%					0,124%
TOTAL	0,654%	4,026%	7,606%	5,675%	0,659%	0,005%		0,001%		18,626%

Tabla 2 Diagrama de dispersión Altura – Período. Olas del NNE

Hs (m)\Tp (s)	2,0-4,0	4,0-6,0	6,0-8,0	8,0-10,0	10,0-12,0	12,0-14,0	14,0-16,0	16,0-18,0	> 18	TOTAL
0,0-0,25	0,001%	0,001%	0,003%	0,020%	0,028%	0,004%	0,003%			0,060%
0,25-0,5	0,166%	0,070%	0,326%	0,586%	0,340%	0,091%	0,027%	0,003%		1,607%
0,5-0,75	0,521%	0,337%	0,930%	1,107%	0,614%	0,200%	0,049%	0,006%	0,001%	3,766%
0,75-1,0	0,361%	0,891%	1,591%	1,275%	0,518%	0,273%	0,062%	0,009%		4,980%
1,0-1,25	0,033%	1,148%	1,724%	1,337%	0,579%	0,254%	0,079%	0,003%		5,157%
1,25-1,5		0,747%	1,301%	1,142%	0,303%	0,235%	0,043%	0,005%		3,775%
1,5-1,75		0,312%	0,805%	0,914%	0,175%	0,142%	0,029%	0,005%		2,382%
1,75-2,0		0,075%	0,416%	0,629%	0,082%	0,063%	0,030%			1,296%
2,0-2,25		0,013%	0,166%	0,361%	0,056%	0,024%	0,025%	0,001%		0,646%
2,25-2,5			0,099%	0,215%	0,041%	0,018%	0,010%	0,004%		0,387%
2,5-2,75			0,035%	0,129%	0,044%	0,001%	0,001%			0,212%
2,75-3,0			0,014%	0,080%	0,041%					0,134%
> 3,0			0,003%	0,089%	0,091%					0,183%
TOTAL	1,083%	3,594%	7,412%	7,885%	2,912%	1,304%	0,359%	0,035%	0,001%	24,584%

Tabla 3 Diagrama de dispersión Altura – Período. Olas del NE

Hs (m)\Tp (s)	2,0-4,0	4,0-6,0	6,0-8,0	8,0-10,0	10,0-12,0	12,0-14,0	14,0-16,0	16,0-18,0	> 18	TOTAL
0,0-0,25										
0,25-0,5			0,001%							0,001%
0,5-0,75	0,003%			0,003%						0,005%
0,75-1,0		0,001%	0,004%							0,005%
1,0-1,25		0,006%	0,008%		0,001%					0,015%
1,25-1,5		0,004%	0,009%	0,001%						0,014%
1,5-1,75		0,001%	0,013%	0,001%						0,015%
1,75-2,0			0,015%	0,004%						0,019%
2,0-2,25			0,001%	0,001%						0,003%
2,25-2,5			0,003%	0,005%						0,008%
2,5-2,75			0,003%							0,003%
2,75-3,0				0,008%						0,008%
> 3,0				0,005%	0,010%					0,015%
TOTAL	0,003%	0,013%	0,056%	0,028%	0,011%					0,110%

Tabla 4 Diagrama de dispersión Altura – Período. Olas del ENE

Hs (m)\Tp (s)	2,0-4,0	4,0-6,0	6,0-8,0	8,0-10,0	10,0-12,0	12,0-14,0	14,0-16,0	16,0-18,0	> 18	TOTAL
0,0-0,25		0,001%		0,005%	0,025%	0,004%	0,003%			0,038%
0,25-0,5	0,067%	0,056%	0,072%	0,238%	0,283%	0,155%	0,044%	0,010%	0,003%	0,928%
0,5-0,75	0,233%	0,151%	0,208%	0,511%	0,607%	0,177%	0,070%	0,010%		1,967%
0,75-1,0	0,148%	0,393%	0,325%	0,573%	0,749%	0,330%	0,072%	0,008%		2,597%
1,0-1,25	0,010%	0,493%	0,227%	0,473%	0,602%	0,317%	0,048%	0,011%		2,182%
1,25-1,5		0,321%	0,177%	0,288%	0,412%	0,288%	0,091%	0,014%		1,591%
1,5-1,75		0,132%	0,114%	0,186%	0,226%	0,189%	0,051%			0,897%
1,75-2,0		0,025%	0,067%	0,091%	0,114%	0,109%	0,016%			0,423%
2,0-2,25		0,006%	0,039%	0,058%	0,079%	0,049%	0,005%			0,237%
2,25-2,5			0,025%	0,030%	0,049%	0,016%	0,005%			0,127%
2,5-2,75			0,013%	0,019%	0,027%	0,006%	0,003%			0,067%
2,75-3,0			0,015%	0,020%	0,015%	0,013%	0,001%			0,065%
> 3,0			0,003%	0,039%	0,046%	0,005%				0,093%
TOTAL	0,459%	1,578%	1,285%	2,533%	3,234%	1,658%	0,409%	0,053%	0,003%	11,212%

Tabla 5 Diagrama de dispersión Altura – Período. Olas del Este

Hs (m)\Tp (s)	2,0-4,0	4,0-6,0	6,0-8,0	8,0-10,0	10,0-12,0	12,0-14,0	14,0-16,0	16,0-18,0	> 18	TOTAL
0,0-0,25	0,001%		0,001%	0,020%	0,004%	0,003%	0,001%			0,030%
0,25-0,5	0,082%	0,024%	0,100%	0,451%	0,207%	0,022%	0,001%			0,887%
0,5-0,75	0,195%	0,095%	0,160%	0,508%	0,376%	0,067%				1,402%
0,75-1,0	0,128%	0,172%	0,070%	0,302%	0,411%	0,105%	0,003%			1,190%
1,0-1,25	0,008%	0,167%	0,074%	0,155%	0,200%	0,091%	0,015%			0,710%
1,25-1,5		0,081%	0,052%	0,049%	0,086%	0,067%	0,008%	0,001%		0,345%
1,5-1,75		0,019%	0,048%	0,041%	0,044%	0,035%	0,005%			0,193%
1,75-2,0		0,008%	0,041%	0,023%	0,013%	0,019%	0,004%			0,106%
2,0-2,25		0,001%	0,013%	0,015%	0,008%	0,009%	0,005%	0,001%		0,052%
2,25-2,5		0,001%	0,005%	0,013%	0,006%	0,006%	0,001%			0,033%
2,5-2,75			0,004%	0,005%	0,001%					0,010%
2,75-3,0			0,001%	0,006%	0,001%					0,009%
> 3,0			0,001%	0,011%	0,001%					0,014%
TOTAL	0,415%	0,569%	0,569%	1,600%	1,359%	0,425%	0,043%	0,003%		4,982%

Tabla 6 Diagrama de dispersión Altura – Período. Olas del ESE

Hs (m)\Tp (s)	2,0-4,0	4,0-6,0	6,0-8,0	8,0-10,0	10,0-12,0	12,0-14,0	14,0-16,0	16,0-18,0	> 18	TOTAL
0,0-0,25			0,005%	0,011%						0,016%
0,25-0,5	0,041%	0,051%	0,123%	0,114%	0,043%	0,005%				0,376%
0,5-0,75	0,129%	0,049%	0,164%	0,084%	0,079%	0,023%	0,001%			0,529%
0,75-1,0	0,053%	0,067%	0,098%	0,049%	0,047%	0,018%	0,003%			0,335%
1,0-1,25	0,005%	0,067%	0,060%	0,028%	0,006%	0,001%	0,001%			0,169%
1,25-1,5		0,022%	0,034%	0,027%	0,013%					0,095%
1,5-1,75		0,013%	0,014%	0,018%	0,005%	0,001%				0,051%
1,75-2,0		0,003%	0,022%	0,016%	0,001%					0,042%
2,0-2,25		0,003%	0,013%	0,008%						0,023%
2,25-2,5			0,009%	0,006%						0,015%
2,5-2,75			0,008%	0,003%						0,010%
2,75-3,0			0,004%	0,004%						0,008%
> 3,0				0,010%						0,010%
TOTAL	0,228%	0,274%	0,551%	0,378%	0,194%	0,048%	0,005%			1,678%

Tabla 7 Diagrama de dispersión Altura – Período. Olas del SE

Hs (m)\Tp (s)	2,0-4,0	4,0-6,0	6,0-8,0	8,0-10,0	10,0-12,0	12,0-14,0	14,0-16,0	16,0-18,0	> 18	TOTAL
0,0-0,25										
0,25-0,5										
0,5-0,75	0,011%	0,006%			0,001%					0,019%
0,75-1,0	0,005%	0,019%								0,024%
1,0-1,25		0,010%								0,010%
1,25-1,5		0,015%								0,015%
1,5-1,75		0,008%								0,008%
1,75-2,0		0,001%	0,003%							0,004%
2,0-2,25										
2,25-2,5										
2,5-2,75										
2,75-3,0										
> 3,0										
TOTAL	0,016%	0,060%	0,003%		0,001%					0,080%

Tabla 8 Diagrama de dispersión Altura – Período. Olas del SSE

Hs (m)\Tp (s)	2,0-4,0	4,0-6,0	6,0-8,0	8,0-10,0	10,0-12,0	12,0-14,0	14,0-16,0	16,0-18,0	> 18	TOTAL
0,0-0,25										
0,25-0,5										
0,5-0,75	0,009%									0,009%
0,75-1,0	0,004%	0,008%								0,011%
1,0-1,25		0,008%								0,008%
1,25-1,5		0,014%								0,014%
1,5-1,75		0,004%								0,004%
1,75-2,0		0,001%								0,001%
2,0-2,25										
2,25-2,5										
2,5-2,75										
2,75-3,0										
> 3,0										
TOTAL	0,013%	0,034%								0,047%

Tabla 9 Diagrama de dispersión Altura – Período. Olas del Sur

Se realizó un análisis de alturas extremales de olas por dirección de incidencia, obteniéndose los resultados que se presentan en la siguiente tabla junto con las distribuciones de mejor ajuste correspondientes.

Tabla 10 Recurrencia de alturas significativas de ola por dirección a 9,5 km costa afuera

Dirección	Norte	NNE	NE	ENE	Este	ESE	SE	SSE	Sur
T [años]	Gumbel MV	Gumbel MV	Gumbel MV	GEV MV	GEV MV	Gumbel MV	Gumbel MV	Gumbel MV	Gumbel MV
1	2,10	2,43	2,36	0,64	1,52	1,20	0,91	0,73	0,56
2	3,21	3,37	3,32	1,91	2,72	2,29	2,06	1,24	1,14
3	3,53	3,63	3,60	2,32	3,10	2,60	2,39	1,39	1,31
5	3,88	3,93	3,90	2,81	3,56	2,94	2,75	1,55	1,49
10	4,32	4,30	4,28	3,47	4,16	3,38	3,21	1,76	1,72
15	4,57	4,51	4,50	3,86	4,52	3,62	3,46	1,87	1,85
20	4,74	4,66	4,65	4,15	4,78	3,79	3,64	1,95	1,94
25	4,88	4,77	4,77	4,38	4,99	3,92	3,78	2,01	2,01
30	4,98	4,86	4,86	4,57	5,16	4,03	3,90	2,06	2,07
40	5,16	5,01	5,01	4,88	5,43	4,20	4,07	2,14	2,16
50	5,29	5,12	5,12	5,12	5,65	4,33	4,21	2,21	2,22
100	5,70	5,47	5,48	5,92	6,36	4,73	4,64	2,40	2,44

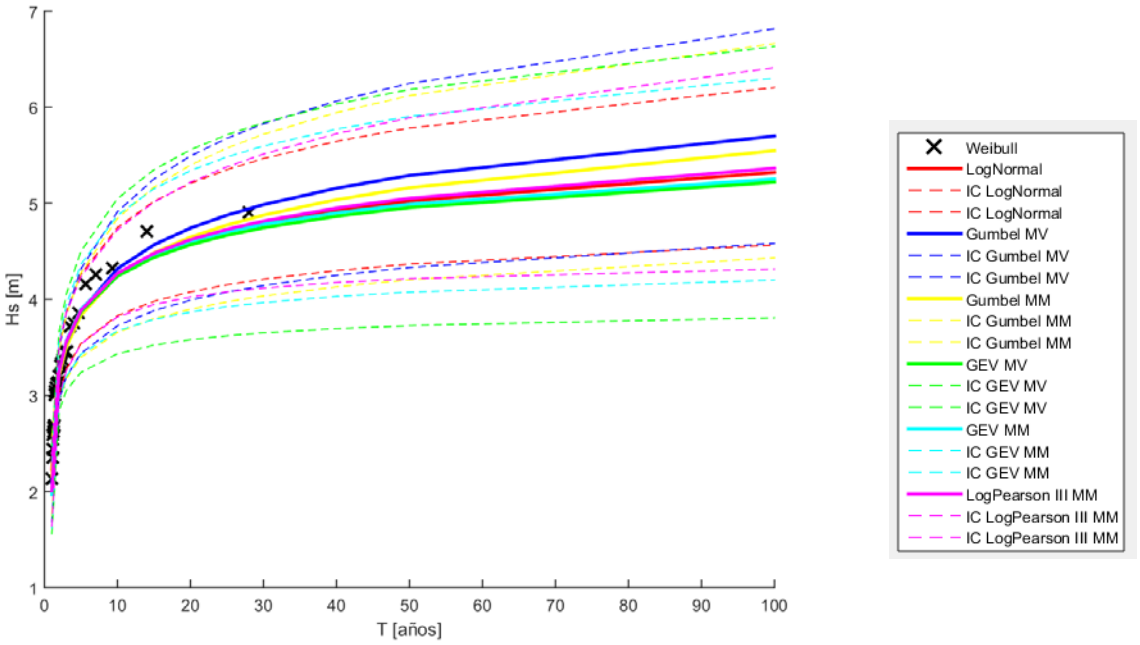


Figura 5 Distribuciones de Extremos. Olas del Norte

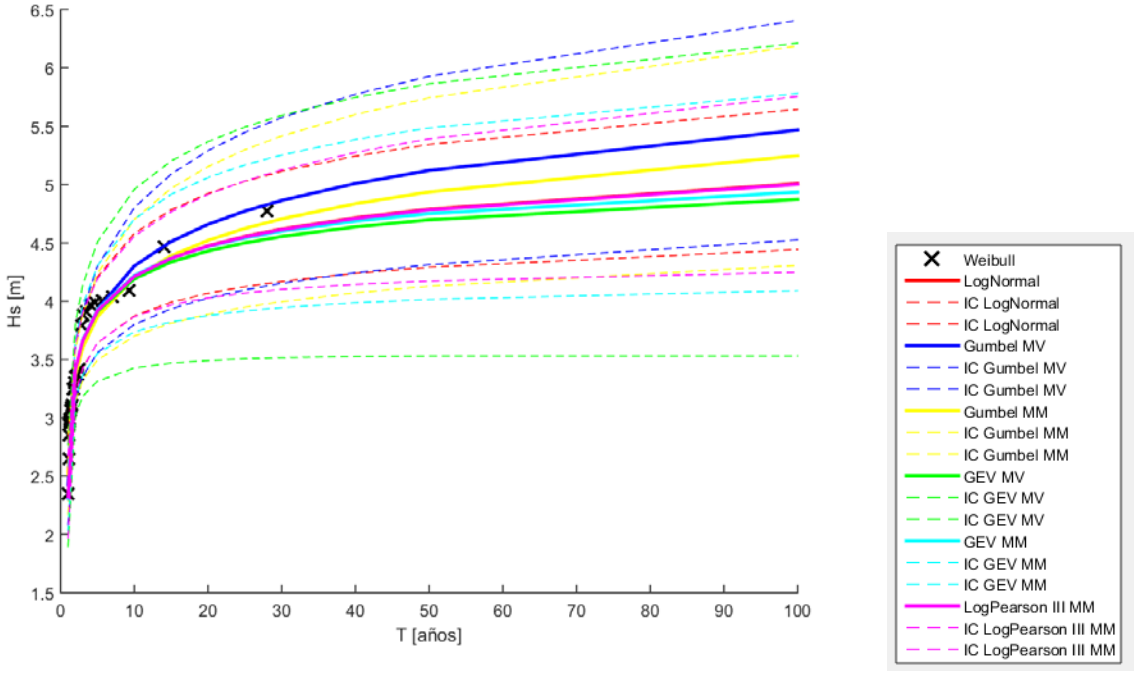


Figura 6 Distribuciones de Extremos. Olas del NNE

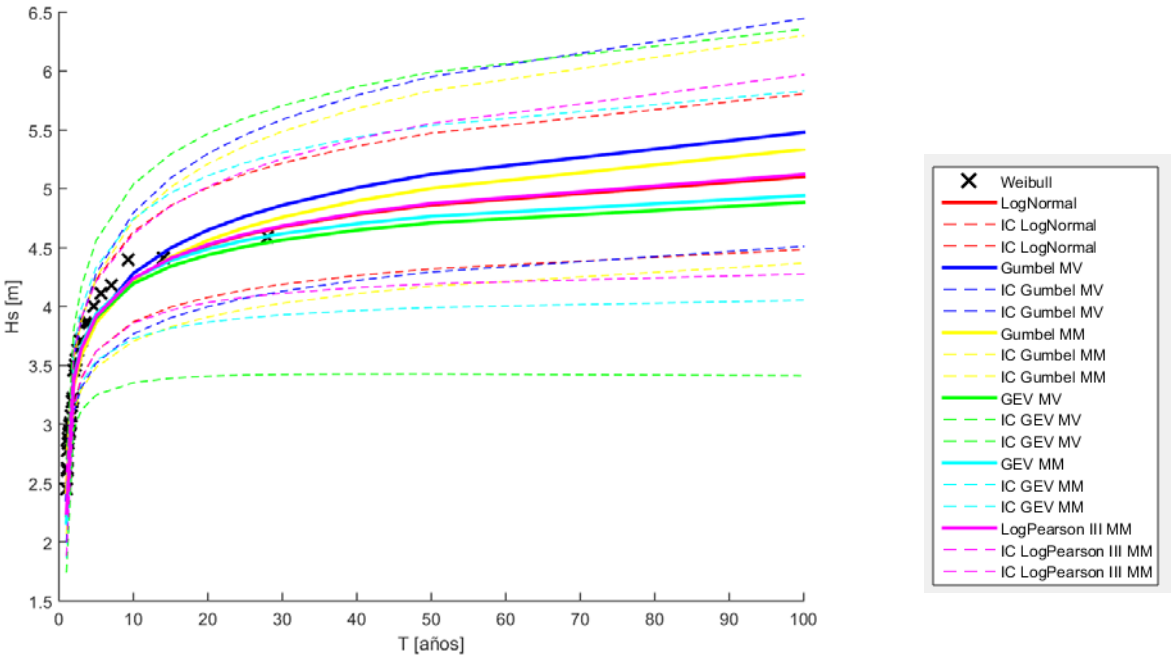


Figura 7 Distribuciones de Extremos. Olas del NE

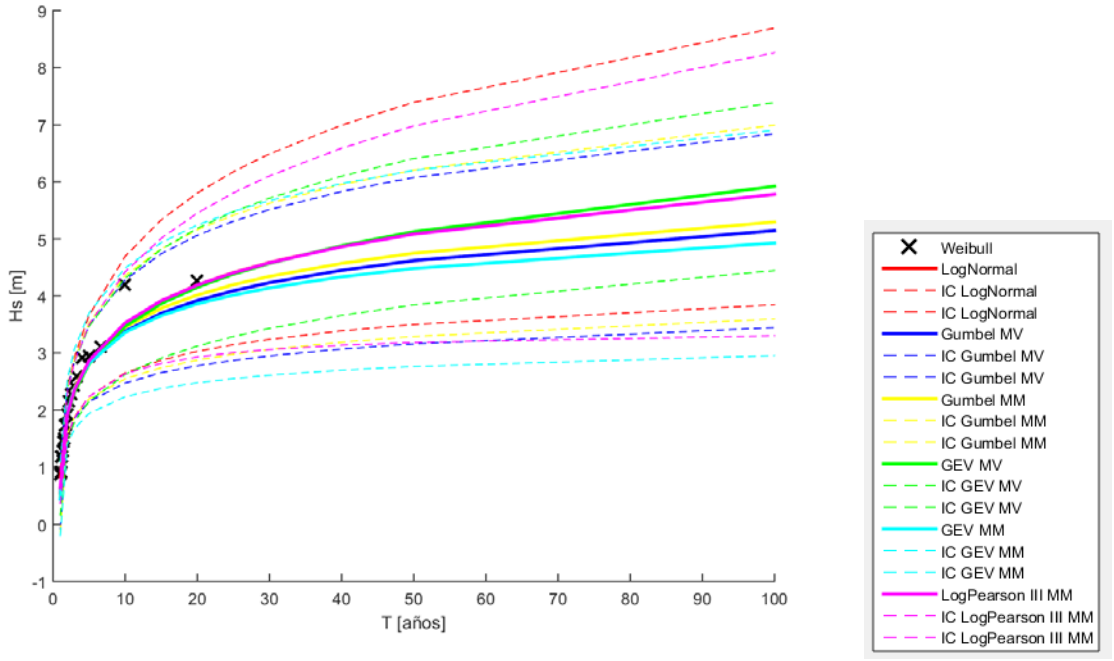


Figura 8 Distribuciones de Extremos. Olas del ENE

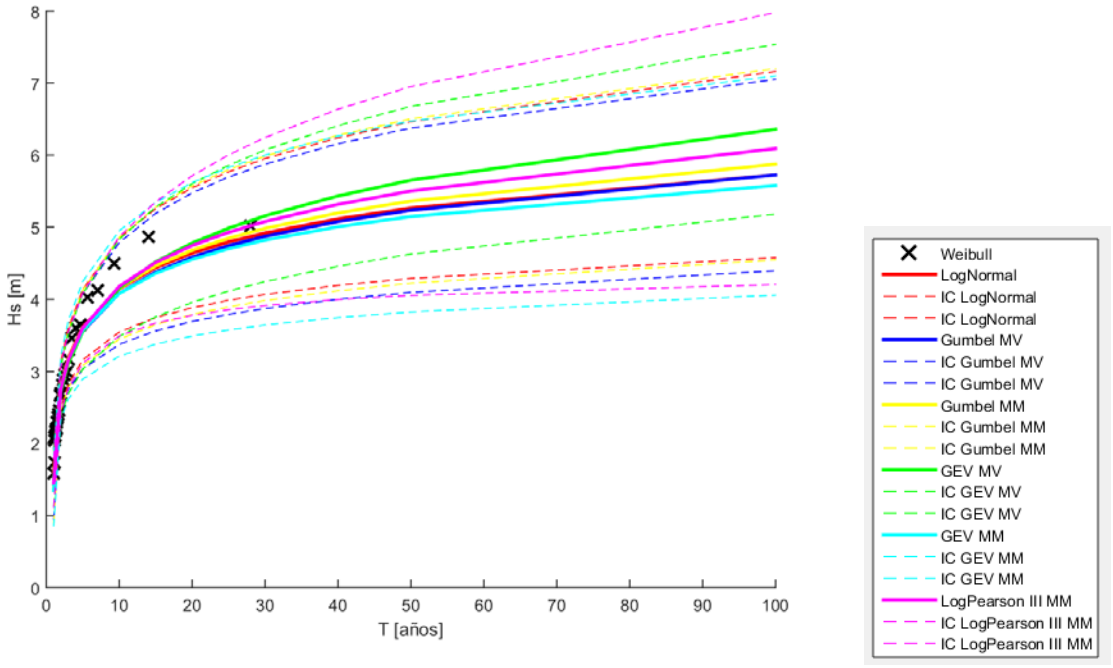


Figura 9 Distribuciones de Extremos. Olas del Este

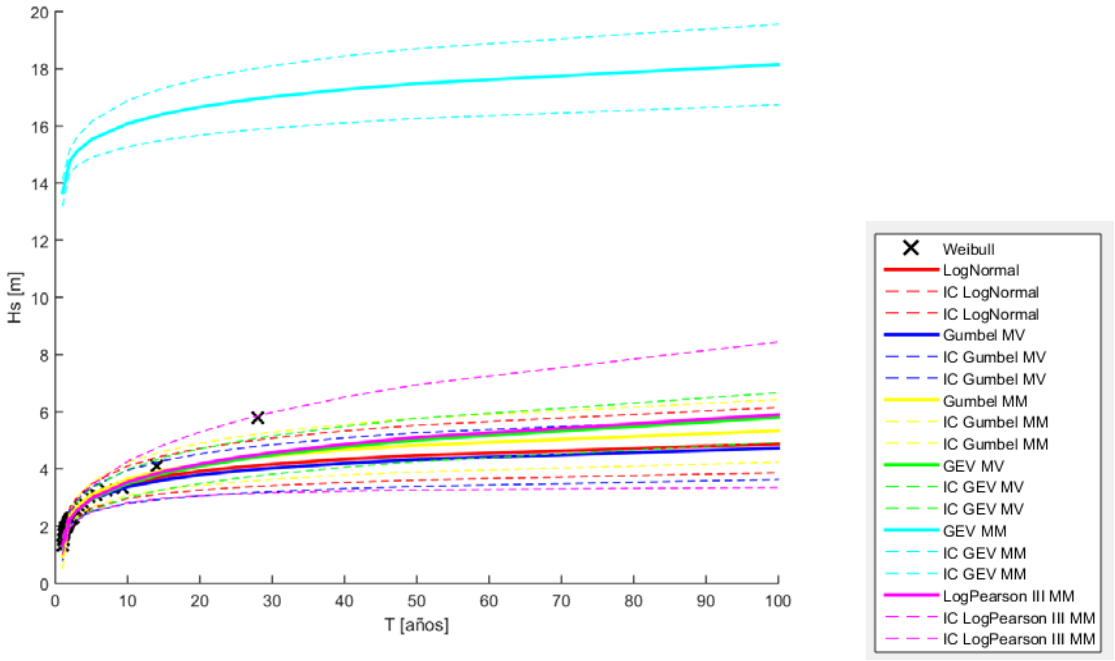


Figura 10 Distribuciones de Extremos. Olas del ESE

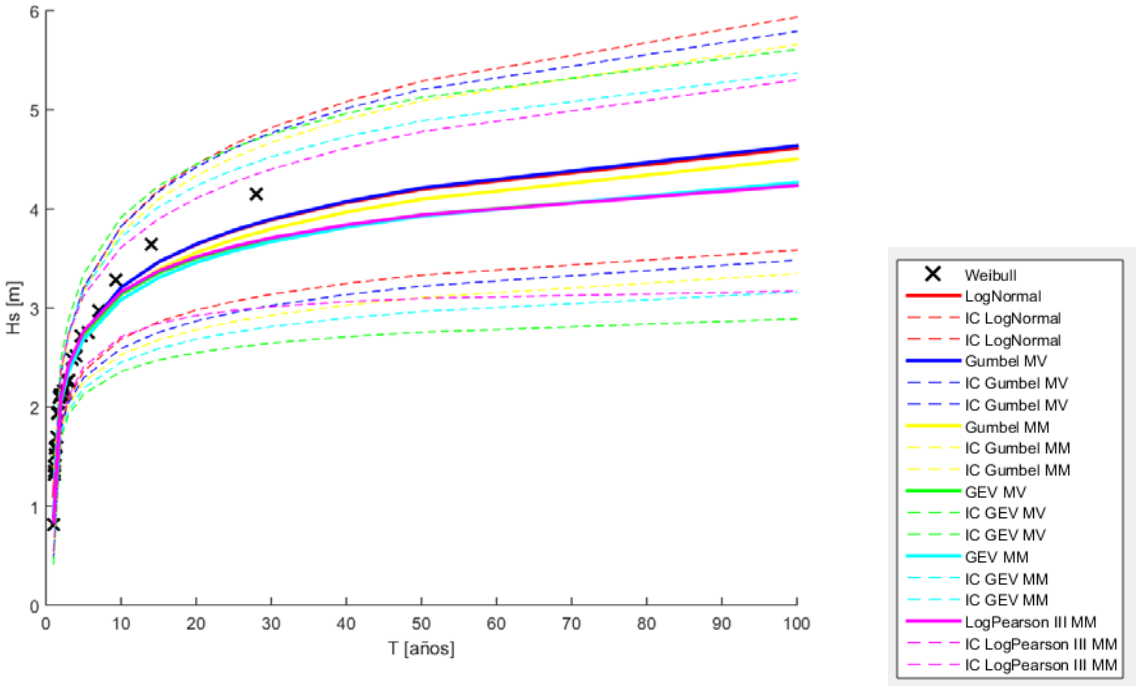


Figura 11 Distribuciones de Extremos. Olas del SE

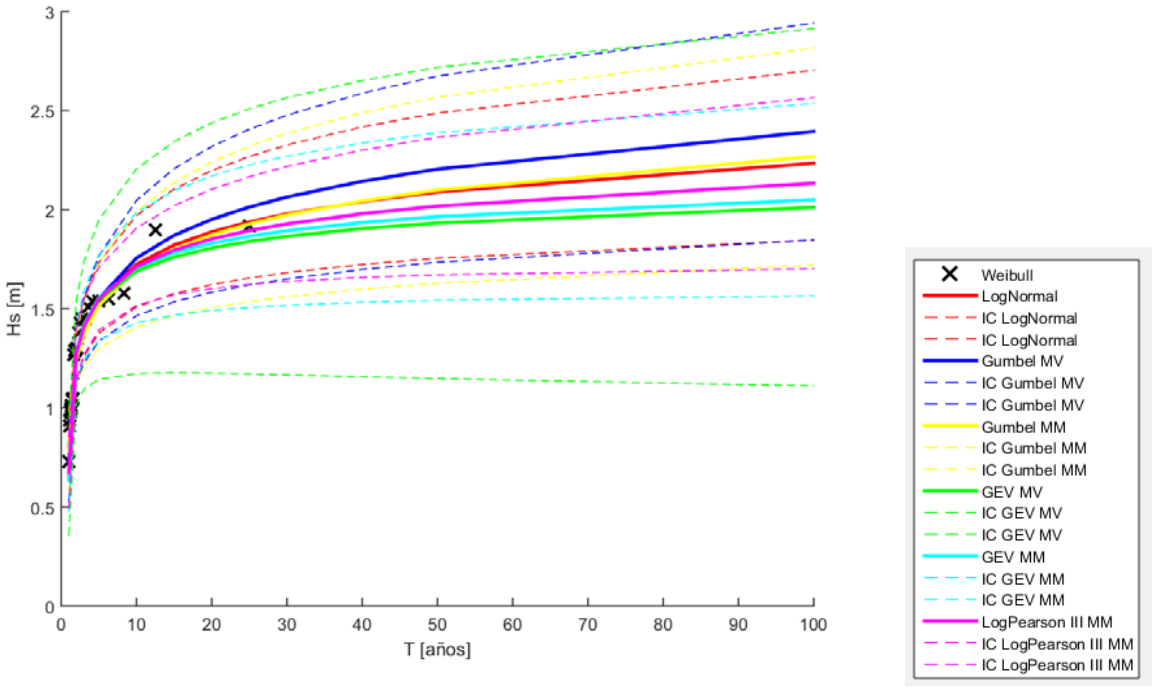


Figura 12 Distribuciones de Extremos. Olas del SSE

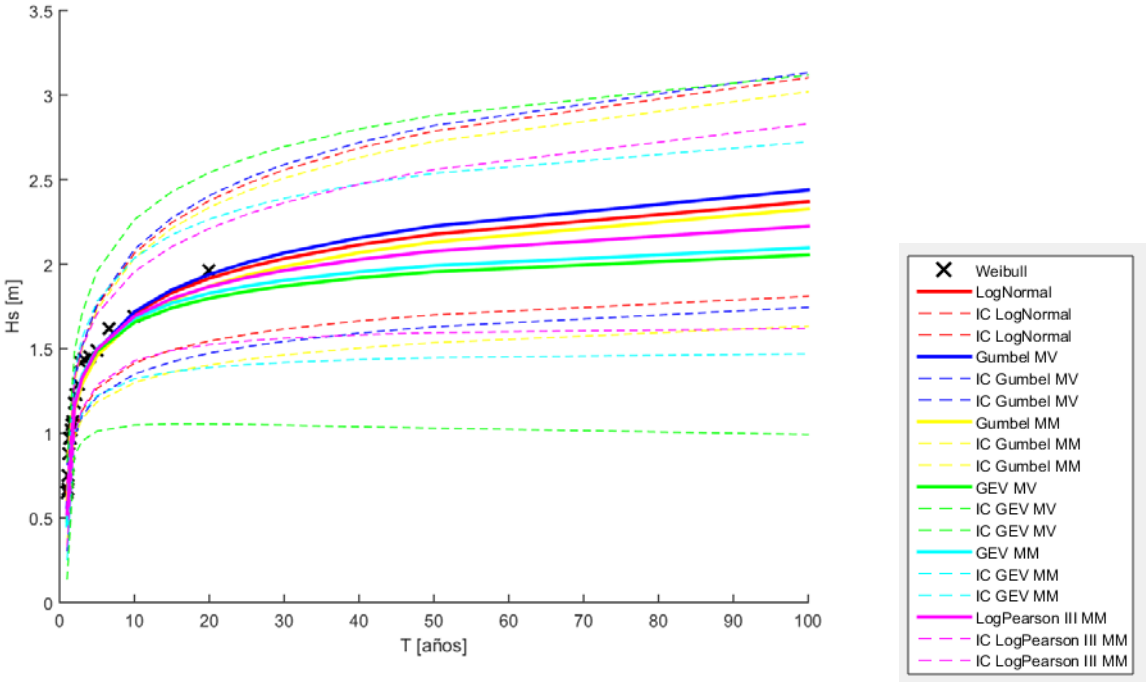


Figura 13 Distribuciones de Extremos. Olas del Sur

2.1.2 Oleaje frente a la zona portuaria

Los datos de oleaje se han trasladado hasta una profundidad de 10 metros al cero (aproximadamente 15 metros al Nivel Medio del Mar – NMM), considerando los efectos de refracción y bajío (shoaling).

La orientación general de la costa es aproximadamente SE (135º) – NW (315º), por lo cual el rango de direcciones de incidencia de interés va del NNW al ESE.

La Figura 14 muestra el histograma de altura significativa Hs transformada para el Nivel Medio del Mar, mientras que la Figura 15 lo presenta para una condición de Bajamar de Sicigias de Perigeo (0,7 m al cero del SHN). La Tabla 11 muestra la estadística de las alturas significativas de ola transformadas en una profundidad de 10 m al cero y para condiciones de nivel medio clasificadas por dirección.

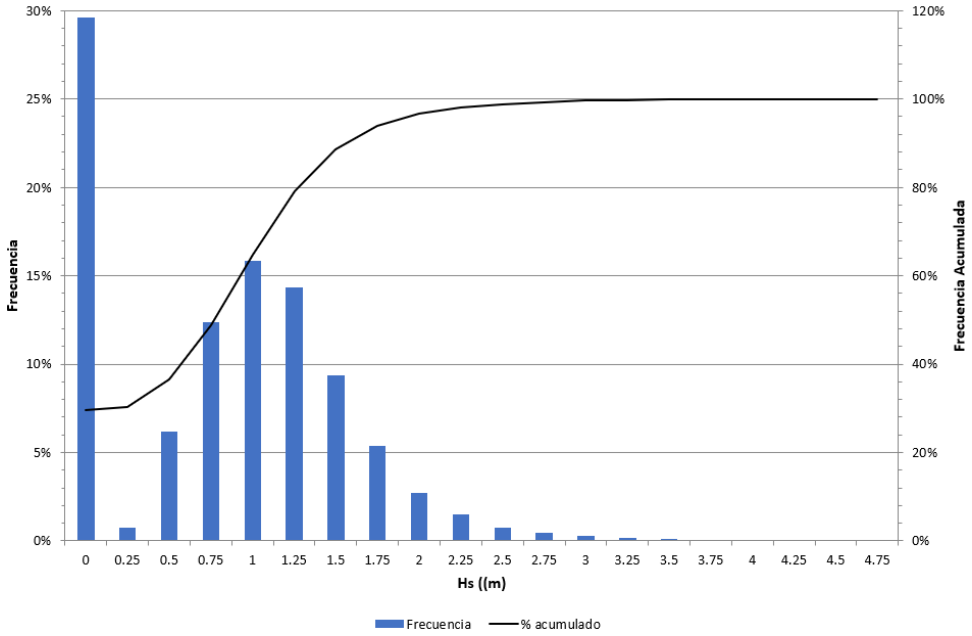


Figura 14 Histograma Altura Significativa de ola en la zona costera (prof. 10 m) en altura de Marea Media

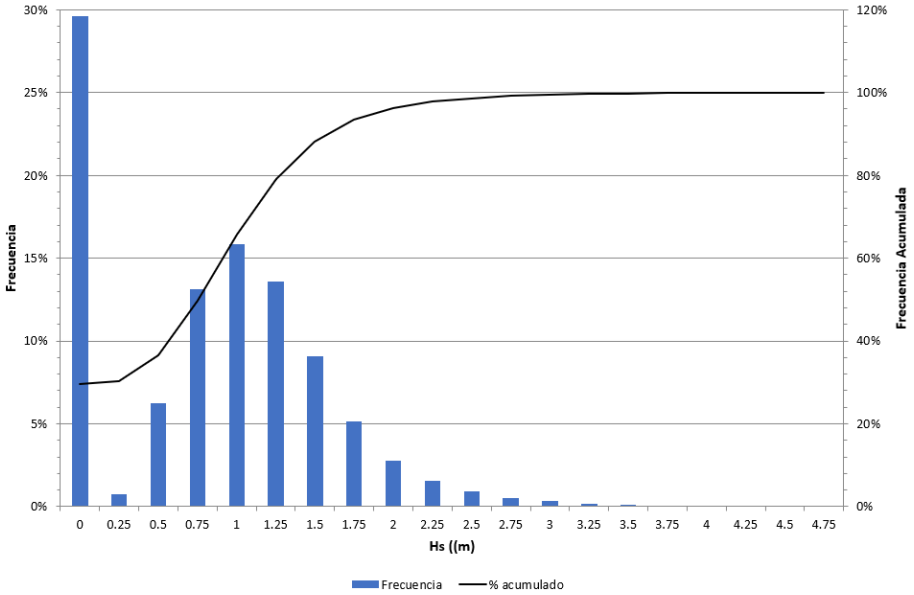


Figura 15 Histograma Altura Significativa de ola en la zona costera (prof. 10 m) en Bajamar de Sicigias de Perigeo

Tabla 11 Estadística direccional de oleaje transformada a 10 m de profundidad al cero y Nivel Medio del Mar

Hs (m)\Dir (º)	NNW	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	TOTAL	Acumulado	Coacumulado
0,0-0,25	0,005%	0,014%	0,032%	0,093%	0,004%	0,491%	0,089%	0,726%	0,726%	69,523%
0,25-0,5	0,065%	0,200%	0,967%	1,789%	0,254%	2,487%	0,371%	6,133%	6,859%	68,796%
0,5-0,75	0,265%	0,631%	3,116%	4,031%	0,593%	3,016%	0,434%	12,085%	18,945%	62,664%
0,75-1,0	1,192%	0,987%	4,288%	5,269%	0,761%	2,505%	0,393%	15,395%	34,340%	50,578%
1,0-1,25	1,198%	0,996%	4,263%	5,226%	0,606%	1,794%	0,232%	14,315%	48,655%	35,183%
1,25-1,5	0,335%	0,832%	3,033%	3,573%	0,515%	1,008%	0,079%	9,374%	58,029%	20,868%
1,5-1,75	0,171%	0,442%	1,866%	2,103%	0,285%	0,459%	0,023%	5,349%	63,378%	11,494%
1,75-2,0	0,039%	0,133%	1,055%	1,093%	0,164%	0,238%	0,004%	2,725%	66,104%	6,144%
2,0-2,25	0,004%	0,051%	0,660%	0,606%	0,095%	0,077%	0,000%	1,493%	67,597%	3,419%
2,25-2,5	0,001%	0,011%	0,356%	0,304%	0,048%	0,057%	0,000%	0,778%	68,375%	1,926%
2,5-2,75	0,000%	0,005%	0,200%	0,200%	0,035%	0,037%	0,000%	0,478%	68,853%	1,147%
2,75-3,0	0,000%	0,004%	0,108%	0,122%	0,025%	0,022%	0,000%	0,280%	69,133%	0,669%
3,0-3,25	0,000%	0,000%	0,053%	0,072%	0,015%	0,005%	0,000%	0,146%	69,279%	0,389%
3,25-3,5	0,000%	0,001%	0,034%	0,038%	0,011%	0,006%	0,000%	0,091%	69,370%	0,243%
3,5-3,75	0,000%	0,000%	0,014%	0,025%	0,006%	0,008%	0,000%	0,053%	69,424%	0,152%
3,75-4,0	0,000%	0,000%	0,019%	0,020%	0,004%	0,001%	0,000%	0,044%	69,468%	0,099%
4,0-4,25	0,000%	0,000%	0,010%	0,013%	0,005%	0,001%	0,000%	0,029%	69,497%	0,055%
4,25-4,5	0,000%	0,000%	0,003%	0,003%	0,005%	0,004%	0,000%	0,014%	69,511%	0,025%
4,5-4,75	0,000%	0,000%	0,006%	0,004%	0,000%	0,001%	0,000%	0,011%	69,523%	0,011%
TOTAL	1,204%	5,707%	18,626%	24,584%	0,110%	11,212%	4,982%	69,523%		

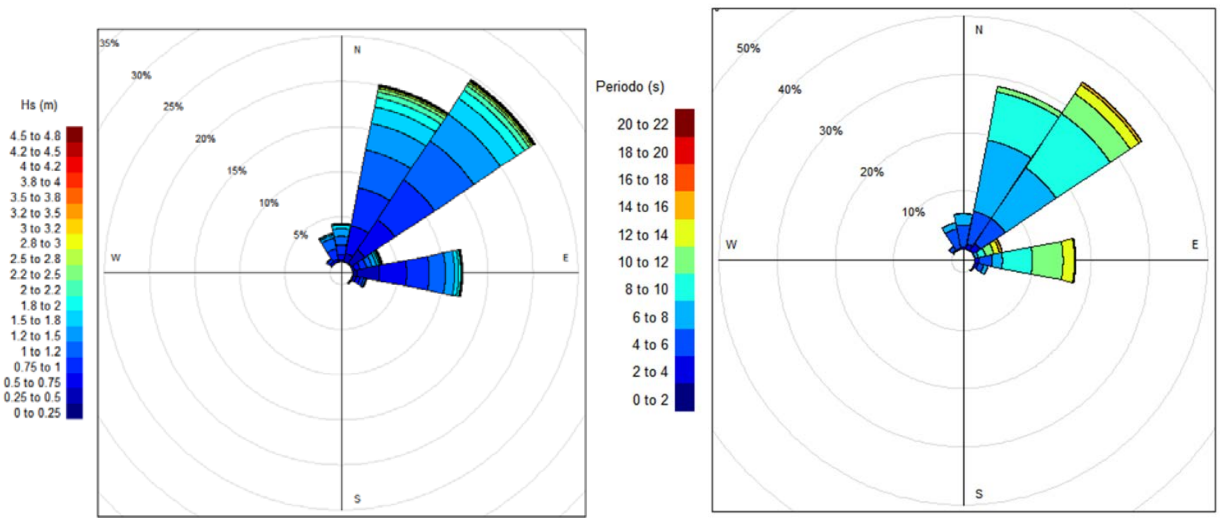


Figura 16 Rosas de Alturas Significativas y Períodos de ola

La estadística direccional indica que el 43% del tiempo se tiene oleje proveniente del cuadrante NNE a NE, y un aporte de la dirección N del 5%. El 11% del tiempo se tiene oleaje desde el este.

En cuanto a las alturas, el 1,5% del tiempo el oleaje que viene del NNE o NE supera los 2 m. El 3,4% del tiempo se supera una altura de ola de 2 m y el 1,1 % del tiempo una altura de ola de 2,5 m.

En las siguientes tablas se presentan las olas con diferentes recurrencias por dirección de incidencia frente a la zona portuaria, estimadas para condiciones de Bajamar de Sicigias de Perigeo (0,7 m), Nivel Medio del mar (5,1 m) y Pleamar de Sicigias de Perigeo (9,5 m).

Tabla 12 Recurrencia de alturas significativas de ola por dirección en la isobata de 10 metros frente a la boca portuaria. Bajamar de Sicigias de Perigeo (0,7 m)

Dirección	Norte	NNE	NE	ENE	Este	ESE
T [años]	Gumbel MV	Gumbel MV	Gumbel MV	GEV MV	GEV MV	Gumbel MV
1	1,9	2,4	2,4	0,6	1,3	0,9
2	3,1	3,6	3,6	1,8	2,6	1,7
3	3,4	3,9	3,9	2,3	3,0	1,9
5	3,8	4,3	4,3	2,9	3,5	2,2
10	4,3	4,7	4,8	3,7	4,2	2,6
15	4,6	5,0	5,1	4,2	4,6	2,8
20	4,8	5,2	5,3	4,5	4,9	2,9
25	5,0	5,3	5,4	4,8	5,1	3,0
30	5,1	5,4	5,6	5,1	5,3	3,1
40	5,3	5,6	5,7	5,4	5,6	3,3
50	5,4	5,7	5,9	5,8	5,9	3,4
100	5,9	6,2	6,4	6,8	6,7	3,7

Tabla 13 Recurrencia de alturas significativas de ola por dirección en la isobata de 10 metros frente a la boca portuaria. Nivel Medio del mar (5,1 m)

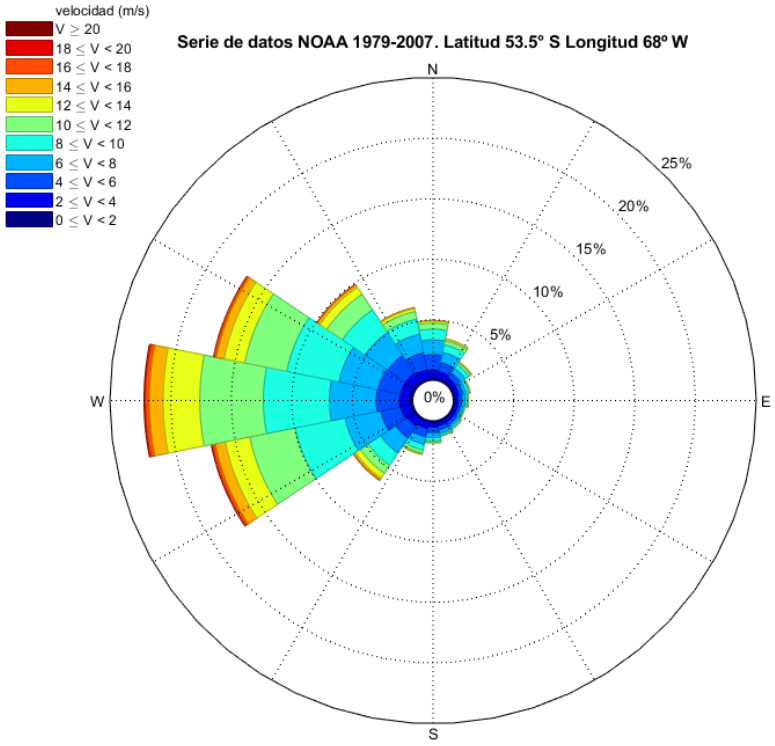
Dirección	Norte	NNE	NE	ENE	Este	ESE
T [años]	Gumbel MV	Gumbel MV	Gumbel MV	GEV MV	GEV MV	Gumbel MV
1	1,9	2,3	2,3	0,6	1,4	1,0
2	3,0	3,4	3,4	1,8	2,5	1,7
3	3,3	3,7	3,7	2,2	2,9	1,9
5	3,7	4,1	4,1	2,8	3,4	2,2
10	4,2	4,5	4,6	3,5	4,0	2,5
15	4,5	4,8	4,8	4,0	4,4	2,7
20	4,6	4,9	5,0	4,3	4,7	2,9
25	4,8	5,1	5,2	4,6	4,9	3,0
30	4,9	5,2	5,3	4,8	5,1	3,1
40	5,1	5,3	5,5	5,2	5,4	3,2
50	5,2	5,5	5,6	5,5	5,6	3,3
100	5,7	5,9	6,0	6,4	6,4	3,7

Tabla 14 Recurrencia de alturas significativas de ola por dirección en la isobata de 10 metros frente a la boca portuaria. Pleamar de Sicigias de Perigeo (9,5 m)

Dirección	Norte	NNE	NE	ENE	Este	ESE
T [años]	Gumbel MV	Gumbel MV	Gumbel MV	GEV MV	GEV MV	Gumbel MV
1	1,9	2,3	2,3	0,6	1,4	1,1
2	3,0	3,3	3,3	1,8	2,5	1,7
3	3,3	3,6	3,6	2,2	2,9	2,0
5	3,6	3,9	4,0	2,7	3,3	2,2
10	4,1	4,4	4,4	3,4	3,9	2,6
15	4,4	4,6	4,7	3,9	4,3	2,8
20	4,6	4,8	4,8	4,2	4,6	2,9
25	4,7	4,9	5,0	4,5	4,8	3,0
30	4,8	5,0	5,1	4,7	5,0	3,1
40	5,0	5,2	5,3	5,0	5,3	3,2
50	5,1	5,3	5,4	5,3	5,5	3,3
100	5,6	5,7	5,8	6,2	6,3	3,7

2.2 ESTADÍSTICA DE VIENTOS

Los vientos en la zona de estudio se pueden caracterizar mediante la información cada 3 horas en el período 1979-2007 de un punto de la NOAA de coordenadas Latitud 53,5º S y Longitud 68º W, ubicado a 3 km de la costa unos 16 km hacia el Norte.



V (m/s)\Dir (º)	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	TOTAL
0.-2.	0,193%	0,167%	0,158%	0,134%	0,128%	0,123%	0,123%	0,138%	0,136%	0,143%	0,169%	0,200%	0,196%	0,213%	0,201%	0,163%	2,586%
2.-4.	0,658%	0,570%	0,390%	0,356%	0,273%	0,271%	0,300%	0,295%	0,389%	0,533%	0,674%	0,832%	0,920%	0,841%	0,846%	0,740%	8,886%
4.-6.	1,278%	0,775%	0,489%	0,342%	0,317%	0,247%	0,281%	0,368%	0,461%	0,693%	1,203%	1,693%	1,907%	1,894%	1,763%	1,435%	15,147%
6.-8.	1,208%	0,864%	0,485%	0,296%	0,267%	0,189%	0,221%	0,292%	0,412%	0,651%	1,481%	2,995%	3,859%	3,288%	2,268%	1,573%	20,348%
8.-10.	0,879%	0,639%	0,356%	0,223%	0,167%	0,112%	0,151%	0,145%	0,268%	0,475%	1,240%	4,216%	5,452%	4,401%	2,245%	1,270%	22,239%
10.-12.	0,495%	0,336%	0,182%	0,089%	0,073%	0,050%	0,062%	0,072%	0,118%	0,268%	0,784%	3,804%	5,243%	3,536%	1,556%	0,640%	17,308%
12.-14.	0,168%	0,132%	0,083%	0,032%	0,037%	0,029%	0,033%	0,029%	0,050%	0,089%	0,481%	2,067%	3,028%	1,741%	0,680%	0,249%	8,927%
14.-16.	0,046%	0,035%	0,024%	0,016%	0,004%	0,011%	0,010%	0,010%	0,012%	0,024%	0,172%	0,847%	1,137%	0,663%	0,235%	0,078%	3,324%
16.-18.	0,010%	0,011%	0,010%	0,001%	0,010%	0,005%	0,009%	0,001%	0,004%	0,006%	0,054%	0,255%	0,327%	0,191%	0,063%	0,013%	0,969%
18.-20.	0,004%							0,002%		0,001%	0,002%	0,071%	0,100%	0,027%	0,015%	0,001%	0,223%
20.-22.	0,001%											0,009%	0,009%	0,002%	0,002%		0,023%
22.-24.												0,006%	0,005%	0,002%	0,001%		0,015%
24.-26.													0,001%	0,005%			0,006%
> 26																	
TOTAL	4,939%	3,529%	2,176%	1,489%	1,275%	1,037%	1,189%	1,353%	1,850%	2,883%	6,260%	16,994%	22,184%	16,805%	9,875%	6,162%	100%

Figura 17 Diagrama de dispersión y rosa de vientos en el punto de la NOAA Latitud 53,5º S y Longitud 68º W.

La estadística direccional indica que el 55% del tiempo los vientos provienen del cuadrante ONO a OSO, destacándose el oeste en un 22% del tiempo y un 16% a las otras dos direcciones. Le siguen los vientos del NO al N en un 21% del tiempo.

En cuanto a la intensidad, el 75% del tiempo se tienen vientos de entre 4 a 12 m/s (14 a 43 km/h) y el 4,5 % del tiempo se superan velocidades de 50 km/h.

2.3 MAREAS

Las mareas en la zona corresponden a un punto que se encuentra entre Caleta La Misión (a unos 10 km) y Bahía San Sebastián (a más de 40 km), por lo cual los datos de Caleta La Misión resultan más representativos.

2.3.1 Bahía San Sebastián

Los valores publicados por el SHN en las predicciones para el 2021 indican:

Pleamar máxima: +10,46 m

Bajamar más baja +0,07 m

Nivel medio: +5,1 m.

La carta náutica H-424 y la tabla de mareas indican los siguientes valores para la bahía, respecto al Plano de Reducción que pasa 5,4 m por debajo del nivel medio:

Alturas en metros sobre el plano de reducción					Amplitudes	
Marea	Pleamares		Bajamares			
	Sicigias	Cuadraturas	Sicigias	Cuadraturas	Sicigias	Cuadraturas
Equinocciales de Perigeo	10,6	6,8	0,2	4,0	10,4	2,8
De Perigeo	10,3	7,1	0,5	3,7	9,8	3,4
Medias	9,7	7,7	1,1	3,1	8,6	4,6

2.3.2 Caleta La Misión:

Los valores publicados por el SHN en las predicciones para el año 2021 indican:

Pleamar máxima: +9,42 m

Bajamar más baja +0,26 m

Nivel medio: +5,1 m.

La carta náutica H-425 indica los siguientes valores:

Pleamar de sicigias +8,5 m

Bajamar de sicigias +1,1 m

Nivel medio +4,8 m.

La altura del nivel medio que originalmente era 4,8 m de acuerdo a lo indicado en la carta náutica H-425, actualmente es igual a 5,1 m (Fuente: Publicación H-610 Tablas de Marea 2021, SHN), por lo que el Plano de Reducción ha cambiado en 30 cm.

Según la tabla de Mareas del SHN las condiciones son las siguientes:

Alturas en metros sobre el plano de reducción actualizado					Amplitudes	
Marea	Pleamares		Bajamares			
	Sicigias	Cuadraturas	Sicigias	Cuadraturas	Sicigias	Cuadraturas
Equinocciales de Perigeo	9,7	6,2	0,5	4,0	9,2	2,2
De Perigeo	9,5	6,5	0,7	3,8	8,8	2,7
Medias	8,8	7,2	1,4	3,1	7,4	4,1

El Servicio de Hidrografía Naval proveyó información sobre los niveles de marea cada 20 minutos entre el 1/01/2020 y el 31/12/2021 (dos años completos), según se ilustra en la siguiente figura.

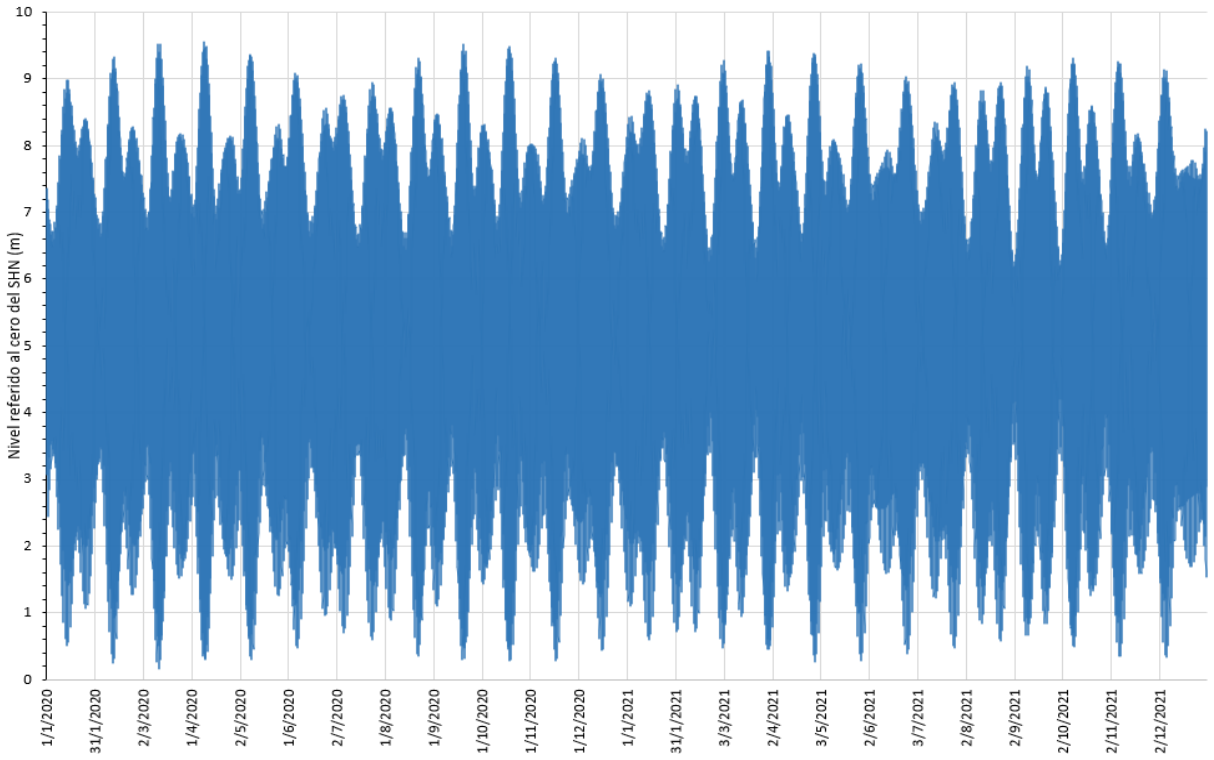


Figura 18 Serie de datos de niveles de marea

La información fue procesada para generar los histogramas de niveles y de pleamares que se presentan a continuación.

Tabla 15 Histograma de Pleamares

Clase Hs (m)		Frecuencia	% acumulado
< 6		0,000%	0,000%
6,00	6,25	0,287%	0,287%
6,25	6,50	1,792%	2,079%
6,50	6,75	3,799%	5,878%
6,75	7,00	5,233%	11,111%
7,00	7,25	6,953%	18,065%
7,25	7,50	8,961%	27,025%
7,50	7,75	13,405%	40,430%
7,75	8,00	13,477%	53,907%
8,00	8,25	12,473%	66,380%
8,25	8,50	9,964%	76,344%
8,50	8,75	8,100%	84,444%
8,75	9,00	7,312%	91,756%
9,00	9,25	4,946%	96,703%
9,25	9,50	3,011%	99,713%
9,50	9,75	0,287%	100,00%

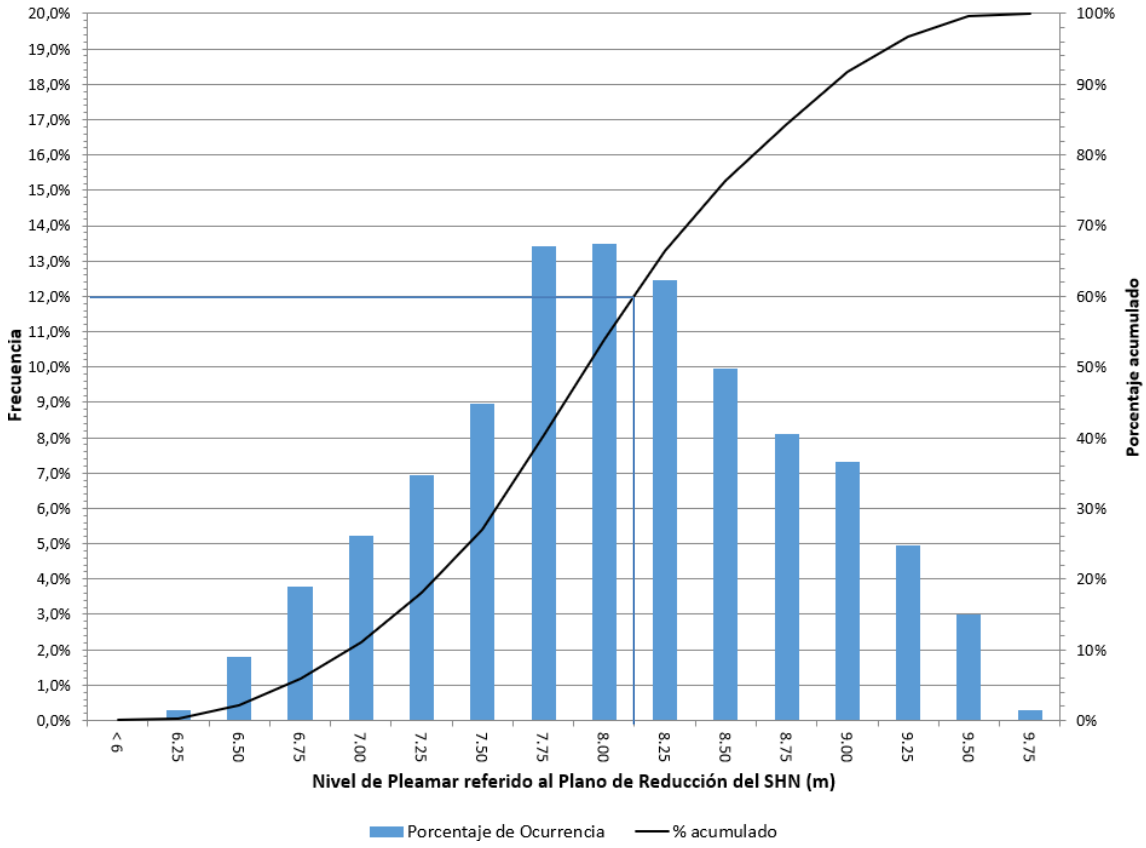


Figura 19 Histograma de Pleamares

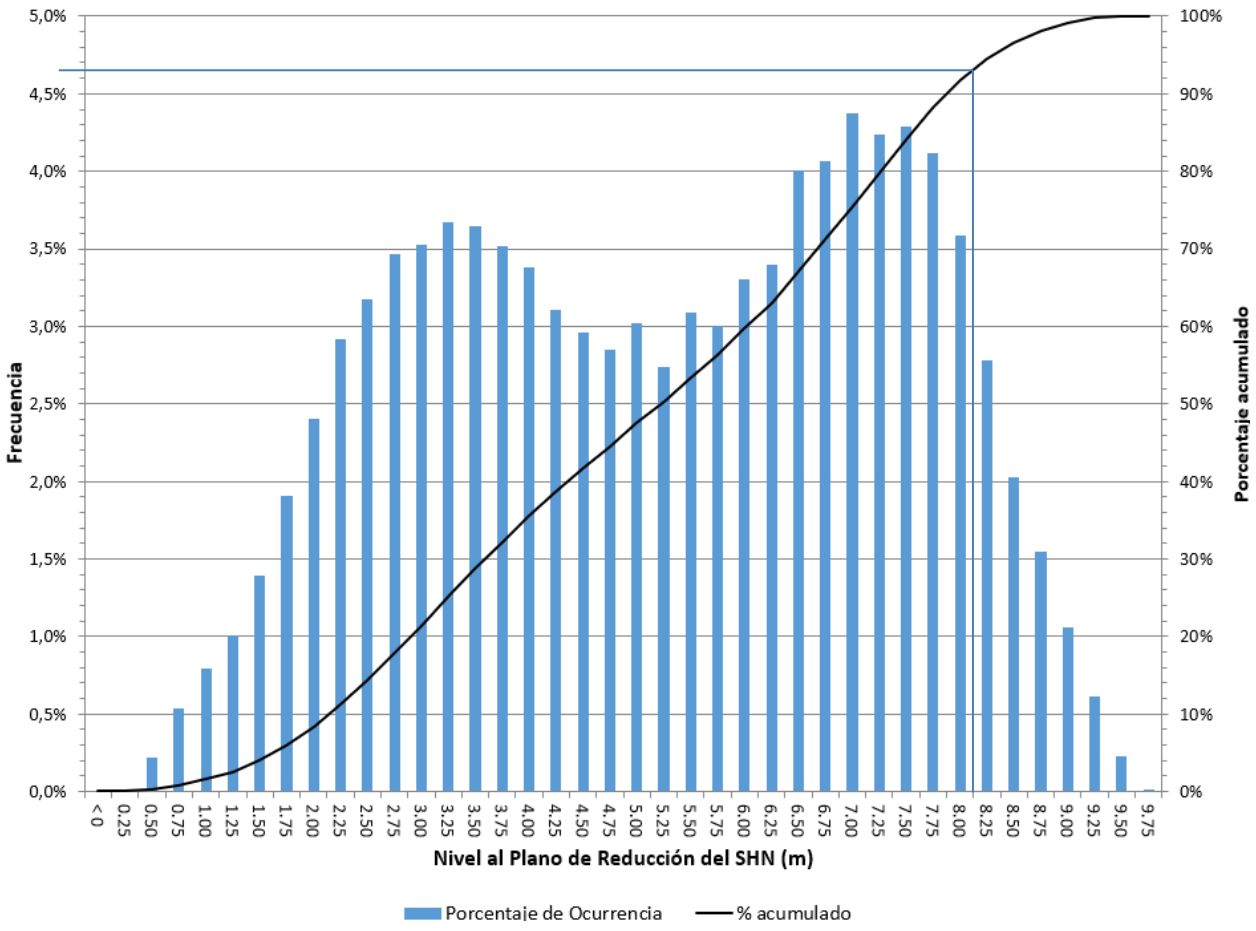


Figura 20 Histograma de Niveles

Tabla 16 Histograma de niveles

Clase Hs (m)		Frecuencia	% acumulado
< 0		0,000%	0,000%
0,00	0,25	0,004%	0,004%
0,25	0,50	0,222%	0,226%
0,50	0,75	0,532%	0,758%
0,75	1,00	0,790%	1,548%
1,00	1,25	1,009%	2,557%
1,25	1,50	1,389%	3,946%
1,50	1,75	1,909%	5,856%
1,75	2,00	2,407%	8,263%
2,00	2,25	2,920%	11,183%
2,25	2,50	3,179%	14,362%
2,50	2,75	3,469%	17,831%
2,75	3,00	3,530%	21,362%
3,00	3,25	3,671%	25,032%
3,25	3,50	3,648%	28,680%
3,50	3,75	3,515%	32,195%
3,75	4,00	3,378%	35,573%
4,00	4,25	3,110%	38,684%
4,25	4,50	2,962%	41,646%
4,50	4,75	2,850%	44,496%
4,75	5,00	3,025%	47,521%
5,00	5,25	2,742%	50,262%
5,25	5,50	3,086%	53,348%
5,50	5,75	3,004%	56,352%
5,75	6,00	3,306%	59,658%
6,00	6,25	3,401%	63,059%
6,25	6,50	4,007%	67,066%
6,50	6,75	4,066%	71,132%
6,75	7,00	4,378%	75,509%
7,00	7,25	4,235%	79,744%
7,25	7,50	4,284%	84,029%
7,50	7,75	4,121%	88,150%
7,75	8,00	3,587%	91,737%
8,00	8,25	2,780%	94,517%
8,25	8,50	2,025%	96,542%
8,50	8,75	1,548%	98,091%
8,75	9,00	1,060%	99,151%
9,00	9,25	0,610%	99,761%
9,25	9,50	0,230%	99,991%
9,50	9,75	0,009%	100,000%

2.4 CORRIENTES

Las corrientes en la zona de estudio se han caracterizado utilizando datos obtenidos del sistema MyOcean, generados por el "Ocean General Circulation Model (OGCM) - NEMO-OPA (Nucleus for European Modelling of the Ocean-Ocean Parallelise"), el cual provee datos horarios de la magnitud de la velocidad total y de sus componentes Norte-Sur y Este-Oeste, desde el 1/01/2019.

Se empleó un punto de grilla cercano al área de interés del proyecto ubicado a aproximadamente 1,5 km de la costa.

Las direcciones predominantes son SE (con un promedio de direcciones igual a 131º) y NW (promedio de direcciones 313º).

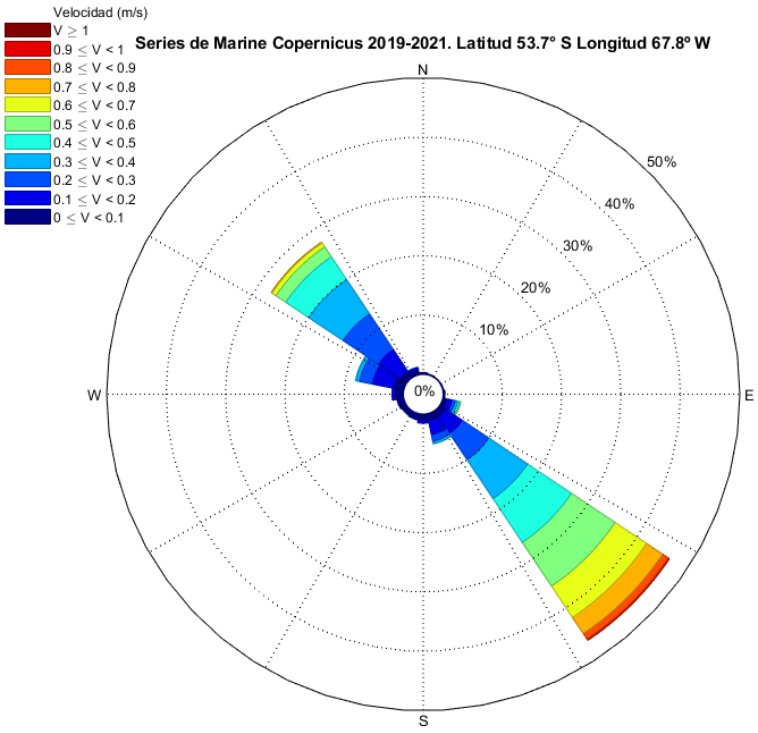


Figura 21 Rosa de Corrientes de marea

La velocidad media hacia el SE es de 0,42 m/s, mientras que la velocidad media de la corriente hacia el NO es de 0,28 m/s. El 3,5 % del tiempo se tienen velocidades superiores a 0,7 m/s.La dirección preponderante es en sentido transversal al canal de acceso.

Tabla 17 Diagrama de dispersión direccional de velocidades de la corriente

V (m/s)\Dir	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	TOTAL
0.0-0.1	0,32%	0,17%	0,13%	0,17%	0,31%	0,67%	1,18%	1,20%	1,07%	0,99%	0,97%	1,03%	1,31%	1,68%	1,31%	0,75%	13,27%
0.1-0.2	0,01%				0,03%	0,90%	3,40%	2,40%	0,49%	0,12%	0,03%	0,15%	0,62%	3,72%	4,41%	0,47%	16,76%
0.2-0.3						0,61%	5,33%	1,13%	0,00%				0,00%	2,21%	7,21%	0,11%	16,61%
0.3-0.4						0,42%	7,89%	0,44%						0,66%	6,92%	0,01%	16,34%
0.4-0.5						0,34%	8,88%	0,02%						0,06%	4,66%		13,97%
0.5-0.6						0,15%	8,86%							0,00%	2,01%		11,02%
0.6-0.7						0,04%	6,35%								0,79%		7,19%
0.7-0.8						0,00%	3,28%								0,16%		3,45%
0.8-0.9							1,12%								0,03%		1,15%
0.9-1.0							0,24%										0,24%
1.0 <							0,01%										0,01%
TOTAL	0,33%	0,17%	0,13%	0,17%	0,34%	3,14%	46,55%	5,20%	1,56%	1,11%	1,00%	1,18%	1,94%	8,33%	27,50%	1,33%	100,00%

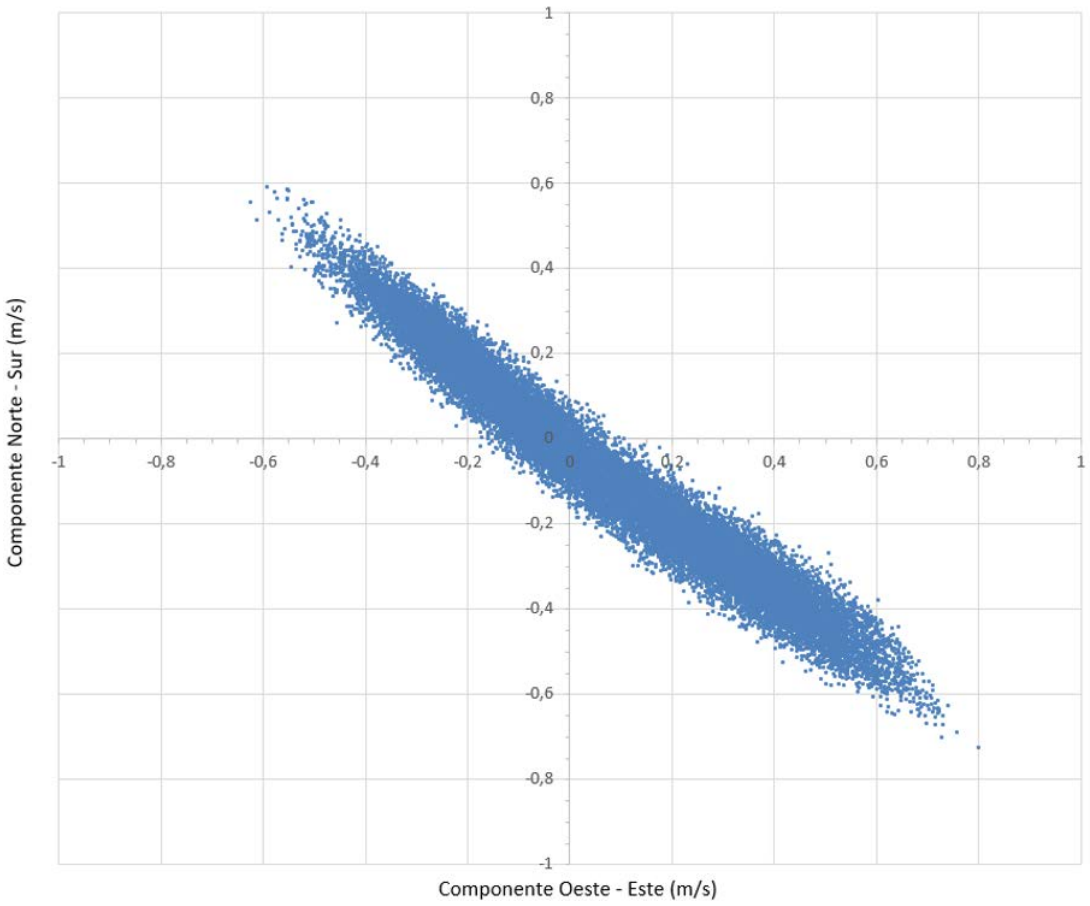


Figura 22 Diagrama polar de corrientes de marea

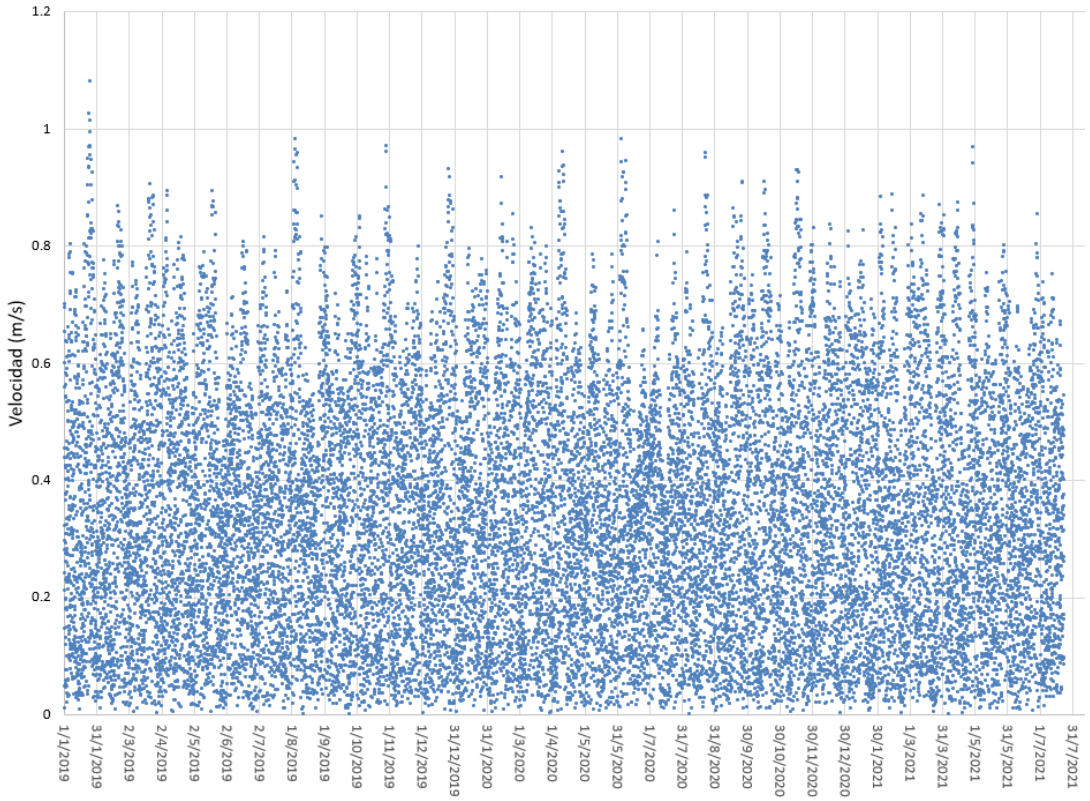


Figura 23 Serie de datos de corrientes de marea

Se dispone de información de mediciones de la corriente en una zona cercana frente a Caleta La Misión, a unos 11 metros de profundidad, encontrándose fuera de la zona de restingas. Se consignan en el documento “Estudio de las mediciones de corrientes y olas adyacentes a Tierra del Fuego, Argentina, Julio 2002”, elaborado por C. Mazio, W. Dragani y J. Speroni (Servicio de Hidrografía Naval, Departamento Oceanografía. Informe Técnico Nº 01/02”.

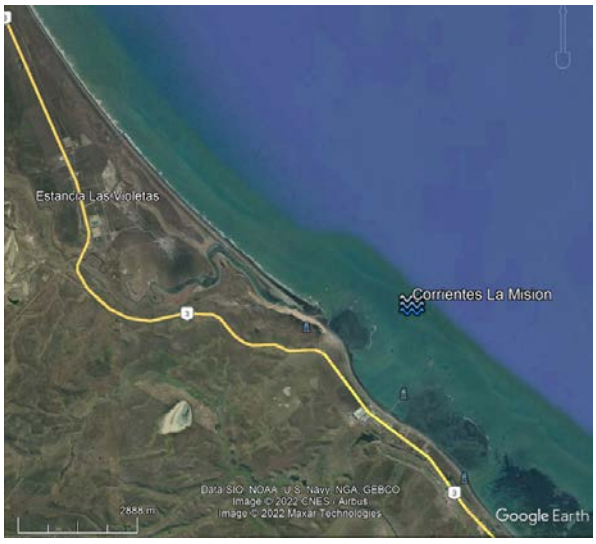


Figura 24 Ubicación del punto de medición histórico de corrientes de marea

En la Tabla siguiente están volcadas para cada uno de los análisis armónicos realizados el tiempo (en horas lunares medias), la intensidad (cm/s) y el rumbo (o), de la máxima y la mínima corriente de la componente M2, la más importante energéticamente. De dichos cálculos puede deducirse una característica general de la corriente: en toda la zona en estudio rota ciclónicamente, es decir, el hmbo de la misma va cambiando con el sentido de las agujas del reloj.
Los valores máximos de la marea astronómica son del orden de 0,6 m/s, inferiores a los resultantes del modelo de Copernicus. Ello implica que podrían estar algo sobreestimados los datos estadísticos, si bien puede haber eventos con influencia meteorológica no representados por el análisis armónico.
Dado que las mediciones se realizaron con respecto al Norte Magnético, se deben sumar unos 12º a las mismas.
La dirección del flujo máximo 285º resulta 297º respecto al Norte geográfico y difiere en 16º del promedio de direcciones del punto de grilla de Copernicus, mientras que y la dirección de reflujo máximo 122º resulta 134º respecto al Norte geográfico, y difiere en 3º del promedio de direcciones del punto de grilla.

Siendo que la orientación de la línea de costa respecto al Norte varía entre 140º/145º en la zona del puerto bajo estudio y 135º como tendencia general hasta Caleta la Misión, la dirección más probable de la corriente paralela a la costa sería justamente la SE (135º) – NW (315º), valores que se adoptan para el presente análisis.

Tabla 18 Constantes armónicas de las corrientes de marea en La Misión

Estación:	**LA MISION (Md)**
Latitud :	53°41'07"S
Longitud :	67°48'48"W
Instr. (dist.al fondo en mts.)	11
Lugar (prof. al MSL en mts.)	11
Nro. de Análisis Armónicos	4
Datos horarios del Anál. Arm.	333
Flujo máx. (cm/s, rumbo)	54,0-285°
Reflujo máx. (cm/s, rumbo)	57,5-122°
Prof. Instr./Prof. del lugar	1
Declinación Magnética	12°18'

Direccion Norte - Sur				
Componente	Ampl.(cm/s)	Epoca K (°)	Epoca K' (°)	Epoca G (°)
N.M.	0.44	180.0	180.0	180.0
O1	1.02	195.5	221.5	263.3
K1	1.92	290.1	312.7	357.9
N2	1.43	61.3	111.6	197.0
M2	13.11	105.0	153.7	240.6
S2	2.33	155.5	201.2	291.2
M4	1.25	306.8	44.1	218.0

Direccion Este - Oeste				
Componente	Ampl.(cm/s)	Epoca K (°)	Epoca K' (°)	Epoca G (°)
N.M.	3.30	180.0	180.0	180.0
O1	1.55	30.0	56.0	97.9
K1	4.25	121.5	144.2	189.3
N2	3.64	260.6	310.9	36.3
M2	29.00	295.8	344.5	71.4
S2	6.24	355.5	41.2	131.2
M4	3.42	117.8	215.2	29.1

3 RESUMEN

- **Oleaje frente a la zona portuaria**: La estadística direccional indica que el 43% del tiempo se tiene oleje proveniente del cuadrante NNE a NE, y un aporte de la dirección N del 5%. El 11% del tiempo se tiene oleaje desde el este. En cuanto a las alturas, el 1,5% del tiempo el oleaje que viene del NNE o NE supera los 2 m. El 3,4% del tiempo se supera una altura de ola de 2 m y el 1,1 % del tiempo una altura de ola de 2,5 m.
- **Viento:** el 55% del tiempo los vientos provienen del cuadrante ONO a OSO, destacándose el oeste en un 22% del tiempo y un 16% a las otras dos direcciones. Le siguen los vientos del NO al N en un 21% del tiempo. En cuanto a la intensidad, el 75% del tiempo se tienen vientos de entre 4 a 12 m/s (14 a 43 km/h) y el 4,5 % del tiempo se superan velocidades de 50 km/h.
- **Mareas:** El régimen de mareas locales es semidiurna, con dos pleamares y dos bajamares diarias. Las predicciones del Servicio de Hidrografía Naval para el Puerto de Caleta La Misión (Puerto tomado de referencia) indican que la pleamar máxima de sicigias es de +9,7 m, el Nivel medio de +5,1 m y la bajamar máxima de +0,5m. Por su parte, las pleamares de cuadraturas de perigeo toman un valor de +6,5 m, y las bajamares de +0,7 m. Se tienen amplitudes máximas de 9,2 m y mínimas de 2,2 m.
  El histograma de las pleamares indica que nunca se alcanza un pico inferior a 6 m.
- **Corrientes:** Las direcciones predominantes son SE (con un promedio de direcciones igual a 131º) y NW (promedio de direcciones 313º). La velocidad media hacia el SE es de 0,42 m/s, mientras que la velocidad media de la corriente hacia el NO es de 0,28 m/s. El 3,5 % del tiempo se tienen velocidades superiores a 0,7 m/s.

ESTUDIOS NÁUTICOS BÁSICOS E INGENIERÍA CONCEPTUAL

PUERTO RÍO GRANDE, PROVINCIA DE TIERRA DEL FUEGO



Serman & asociados s.a. Consultora
SOLUCIONES QUE GENERAN CONFIANZA

Mirgor

BASES DE DISEÑO PORTUARIO

22044-PRG-IF-002-Rev.C

Enero 2023

Ing. Mauro Campos
Representante Técnico

Ing. Sandra Acuña
Directora del Proyecto

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN 3

2 BUQUES DE DISEÑO 3

3 BATIMETRÍA Y CONFIGURACIÓN GENERAL DE LA COSTA 4

4 LAYOUT GENERAL DE LAS OBRAS PORTUARIAS 5

5 LÍMITES OPERATIVOS Y CONDICIONES DE DISEÑO 9

6 RESUMEN DE PARÁMETROS MEDIOAMBIENTALES 10

6.1 NIVELES DE MAREA 10
6.2 OLEAJE 10
6.3 VIENTO 12
6.4 CORRIENTES 14

7 MUELLE PARA OPERACIÓN DE CONTENEDORES 14

7.1 SISTEMA DE AMARRE 15
7.2 SISTEMA DE DEFENSAS BUQUE FEEDER 19

ESTUDIOS NÁUTICOS BÁSICOS E INGENIERÍA CONCEPTUAL PUERTO RIO GRANDE

1 INTRODUCCIÓN

La empresa privada Mirgor, con sedes en Buenos Aires y Río Grande (Tierra del Fuego) y dedicada a la fabricación y distribución de productos tecnológicos (entre otros), ha encarado el estudio de una terminal portuaria al norte de la ciudad de Río Grande. Se trata de un puerto multipropósito ubicado en los predios adquiridos por la empresa, a 25 km de dicha ciudad fueguina. En consecuencia, se realizan los estudios de base para el desarrollo de la ingeniería conceptual de la terminal.

El presente informe tiene el objetivo de describir los principales aspectos del diseño portuario, considerando los buques a operar y los parámetros medioambientales del lugar. Se calcularán las fuerzas de amarre y atraque a transmitir a las obras civiles.

2 BUQUES DE DISEÑO

De acuerdo a lo requerido por el Cliente, en su primera etapa de operación el nuevo puerto deberá permitir el ingreso de buques portacontenedores. De esta manera se presentan a continuación las características del buque de diseño tipo feeder que se ha considerado en la presente etapa del estudio y con el cual se diseñará el muelle ubicado en la dársena norte.

CARACTERÍSTICA	Buque Portacontenedores Tipo Feeder
Eslora total (m)	172
Eslora entre perpendiculares (Lpp)	164
Manga (m)	28
Calado a plena carga (m)	10,5
Calado en lastre (m)	6
Puntal (m)	17
Capacidad	1700 TEUs
Desplazamiento (t)	30.000
DWT (t)	23.210
Coeficiente de bloque	0,60
Área transv. emergente máxima (m^2)	725
Área transv. emergente mínima (m^2)	562
Área long. emergente máxima (m^2)	2910
Área long. emergente mínima (m^2)	2710
Área transv. sumergida máxima (m^2)	218
Área transv. Sumergida mínima (m^2)	137
Área long. Sumergida máxima (m^2)	1379
Área long. Sumergida mínima (m^2)	867

Tabla 1: Características del buque de diseño del proyecto para la primera etapa de operación

Adicionalmente se plantea la operación de buques de menor porte, como por ejemplo ferrys Ro-Pax que se han previsto en la distribución de los sitios de atraque ubicados en el recinto portuario, pero que serán objeto del diseño de las futuras etapas de expansión

Por las condiciones medioambientales del lugar, el porte de los buques y las cargas a operar, se considera para el diseño el uso de remolcadores para la navegación, lo cual incidirá en las fuerzas de atraque a transmitir a las estructuras civiles.

3 BATIMETRÍA Y CONFIGURACIÓN GENERAL DE LA COSTA

Para poder determinar la configuración general de la zona bajo estudio, se realizó un relevamiento batimétrico y geofísico el día 7/10/2022 y un relevamiento topográfico el día 8/10/2022. Dichos trabajos fueron realizados por la empresa Bofill y asociados SRL. En la siguiente imagen extraída del informe correspondiente, se pueden apreciar los perfiles topobatimétricos realizados.

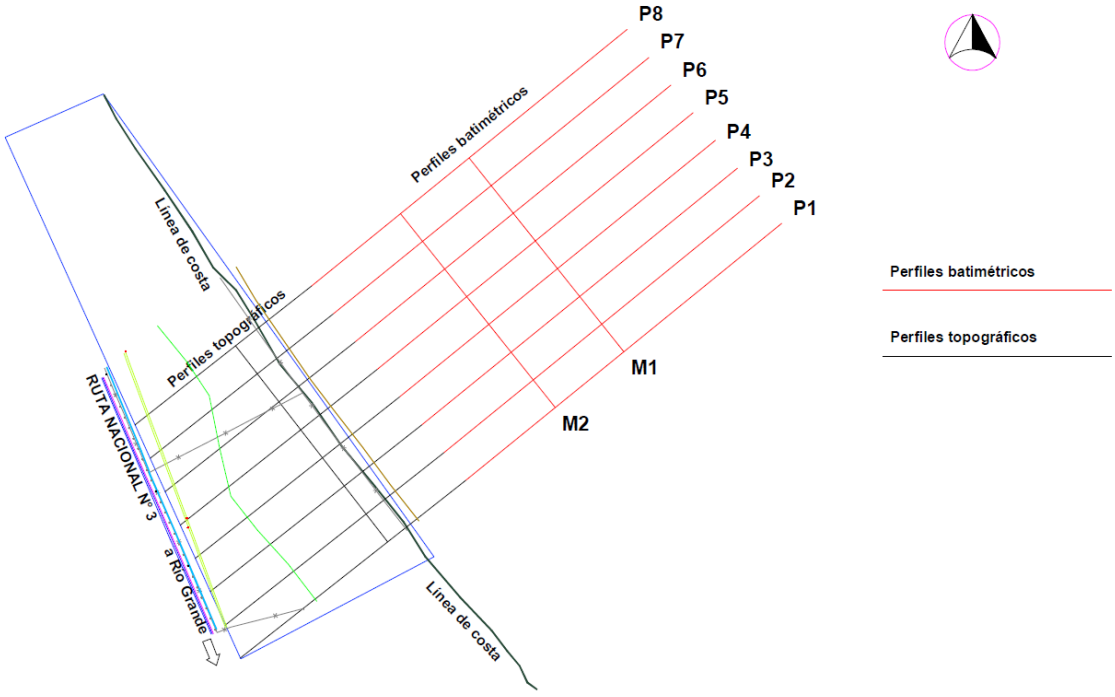


Figura 1: Perfiles batimétricos relevados

El relevamiento batimétrico permitió, por una parte, determinar la conformación del perfil de playa y por otra parte, identificar las profundidades naturales y su posición desde la denominada “línea de costa”, aspecto de especial relevancia para el análisis de la zona activa para el transporte litoral y el correspondiente diseño de las obras de abrigo y canal de acceso. Las profundidades obtenidas fueron referenciadas al cero de reducción local del Servicio de Hidrografía Naval.

En cuanto al estudio geofísico, el mismo permitió establecer las características sismoestratigráficas del subsuelo marino en el sector costero vinculado al proyecto portuario, de manera de poder conocer la existencia de mantos de suelo duro que puedan incidir en las

tareas de dragado, excavación y fundación de las obras civiles y portuarias. A continuación, se muestra un extracto de los resultados obtenidos, donde se aprecia que para los perfiles P8, P7 y P6, el manto de suelo duro o "roca" se encuentra muy cerca de la superficie con un posible afloramiento en niveles de bajamar cercanos al cero. Por su parte, considerando el "Mapa Geológico de la Isla Grande de Tierra del Fuego e Isla de los Estados" (Repositorio SEGEMAR, 2014), al material rocoso del subsuelo se lo correlaciona con una sedimentita marina constituida por areniscas limosas y limoarcilitas, correspondiente al Neógeno (Mioceno-Plioceno).

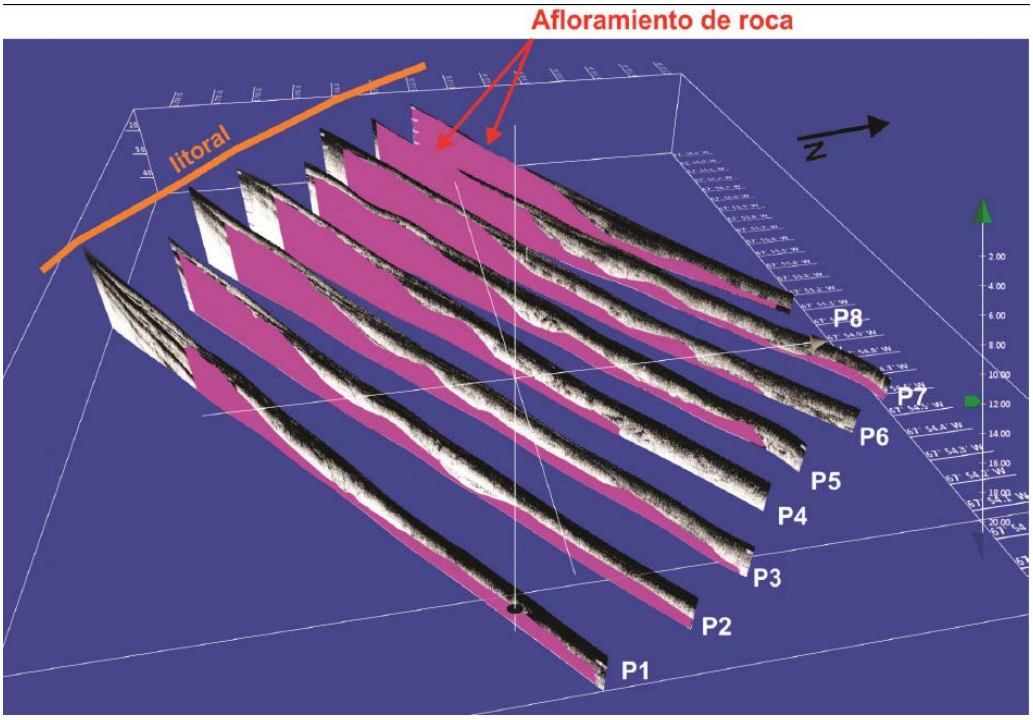


Figura 2: Perfiles sísmicos

Considerando que no se realizaron perforaciones o sondeos geotécnicos en agua en la presente etapa de estudio, pero si se realizarán sondeos geotécnicos en tierra en coincidencia con los perfiles topobatimétricos y geofísicos realizados, dichas unidades sísmicas podrán caracterizarse de manera de poder obtener características físicas, granulométricas y resistentes de dicho material. Los resultados serán utilizados para el diseño y cálculo de las obras de dragado, excavación y fundación de las obras civiles y portuarias.

4 LAYOUT GENERAL DE LAS OBRAS PORTUARIAS

A continuación, se muestra el layout general del puerto, el cual ha sido diseñado teniendo en consideración diversos aspectos relacionados con la navegación y maniobrabilidad de los buques de diseño indicados en el punto 2, y aspectos relacionados con el transporte litoral del lugar bajo estudio que incidirá sobre las áreas náuticas que deberán dragarse para alcanzar la cota de diseño requerida. Cada aspecto involucrado en la definición del layout ha sido objeto del análisis de diversas especialidades relacionadas entre sí y que responden también a las condiciones climatológicas del lugar, especialmente en lo referente al oleaje incidente, variación del nivel de marea, vientos y corrientes.

Se plantea una expansión de la terminal progresiva, en etapas. En esta línea, se planteó un layout conceptual para la primera etapa de operación, consistente en la operación de buques portacontenedores tipo feeder, que se observa a continuación.

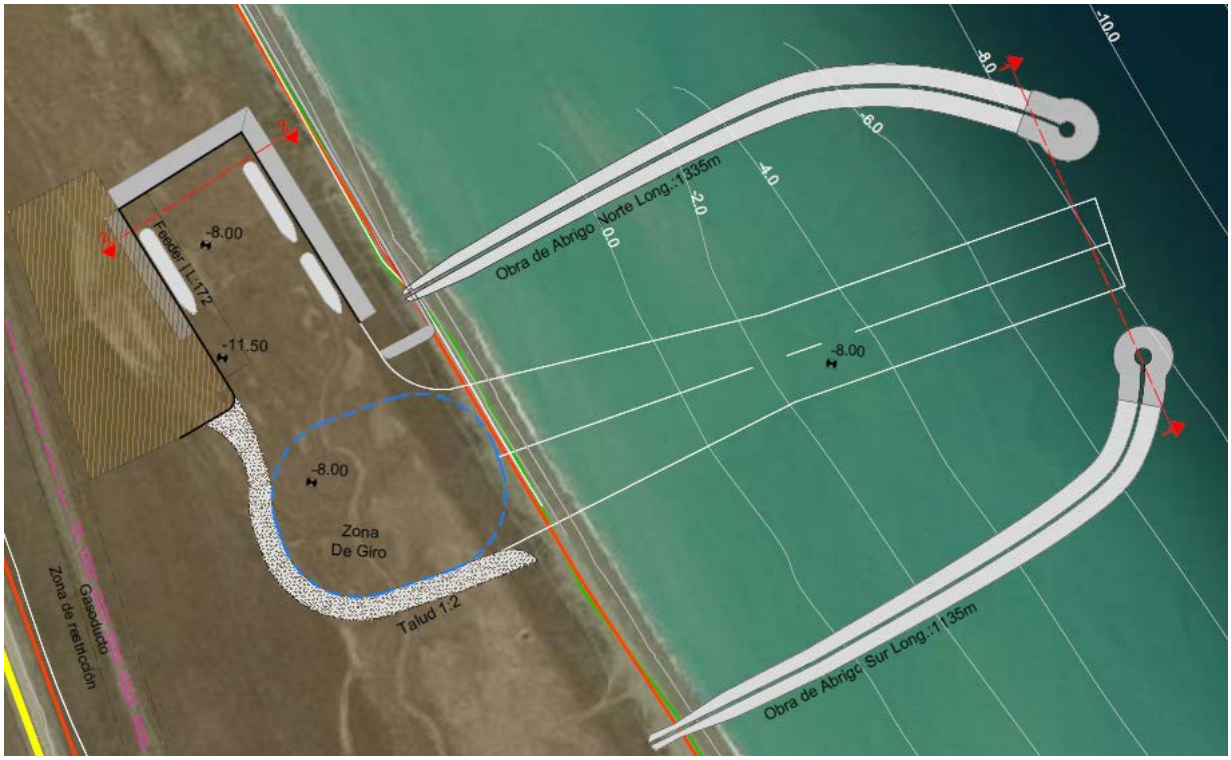


Figura 3: Layout de la terminal portuaria para la primera etapa de operación.

Por otra parte en la siguiente imagen extraída del plano 22044-PRG-PL-021, se puede apreciar la configuración general de las áreas náuticas proyectadas para una futura expansión del puerto:



Figura 4: Layout general de las obras portuarias – futura etapa

Las embarcaciones deberán ingresar al puerto navegando a través de un canal de acceso de aproximadamente 1250 m de longitud, al abrigo de dos escolleras al norte y al sur. El dimensionado de las áreas náuticas, canal de acceso, zona de maniobras y anchos de dársena se presenta en el documento 22044-PRG-IF-003. La alineación del canal de acceso se ha diseñado considerando por una parte la incidencia del oleaje predominante, buscando una apertura de la boca de acceso que disminuya el ingreso del tren de oleaje en forma directa con el eje del canal de acceso y zona de giro.

Ya en la zona de maniobras, los buques se trasladarán a la dársena norte. Se ha previsto que hacia este sector se desarrolle la operación de buques portacontenedores, ferrys de pasajeros y otras cargas que pueda captar la terminal, como por ejemplo la pesca. La operación de buques portacontenedores requiere disponer de un frente corrido que permita la carga y descarga de los contenedores y su traslado a la zona de almacenamiento, que debe estar lo más cerca posible al frente de atraque para simplificar la logística interna.

Respecto al utilaje necesario, cabe mencionar que los buques portacontenedores de menor porte como los feeder que actualmente recalan en el Puerto de Ushuaia, poseen grúas propias con las cuales cargan o descargan los contenedores. Por este motivo no se ha previsto utilaje sobre el muelle para la carga y descarga de contenedores.



Figura 5: Buque Argentino II operando en Ushuaia con grúas propias.

El layout así propuesto posee flexibilidad en el diseño para futuras ampliaciones. A largo plazo, con la operación de buques de mayor porte, será necesario realizar el ensanche y profundización del canal de acceso y zona de giro. Por este motivo la boca de acceso se previó del ancho suficiente como para permitir la ejecución de estas obras en el futuro.

Asimismo, hacia el sur se dispone de espacio suficiente como para ampliar la terminal a través de la excavación de una segunda dársena de operaciones.

De esta manera, tanto la dársena norte como la futura dársena sur se han dispuesto en las zonas donde el oleaje exterior incide lo menos posible, con el objetivo de lograr niveles de agitación compatibles con las operaciones que se plantean. Asimismo, en los contornos de la excavación se procura la construcción de taludes que disipen la energía del oleaje que ingresa por la boca.

5 LÍMITES OPERATIVOS Y CONDICIONES DE DISEÑO

Los movimientos del buque atracado y la interacción del mismo con el sistema de carga o descarga configuran un límite operativo.

La siguiente tabla resume los límites operativos recomendados en la ROM 2.0-11. Como puede observarse, la paralización de carga/descarga de contenedores tiene un límite de 0,5 m de altura de ola longitudinal, y de 0,3 m de altura de ola transversal. Esta operación es la que requiere niveles de agitación más exigentes en comparación con otros usos, por este motivo se considera que, adoptando estos parámetros como límite operativo, la terminal resultaría también apta para otros usos que se requieran en un futuro a largo plazo.

A. MUELLES Y PANTANALES		Velocidad absoluta del viento $V_{10,1\ min}$	Velocidad absoluta de la corriente $V_{c,1\ min}$	Altura de la ola H_s
1. Maniobra de 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				
■ Petróleos	< 30.000 TPM	22 m/s	1,5 m/s	1,5 m
	30.000-200.000 TPM	22 m/s	1,5 m/s	2,0 m
	> 200.000 TPM	22 m/s	1,5 m/s	2,5 m
■ Graneleros	Cargando	22 m/s	1,5 m/s	1,5 m
	Descargando	22 m/s	1,5 m/s	1,0 m
■ Transportadores de Gases Licuados	< 60.000 m^3	22 m/s	1,5 m/s	1,2 m
	> 60.000 m^3	22 m/s	1,5 m/s	1,5 m
■ Mercantes de carga general. Pesqueros de altura y congeladores		22 m/s	1,5 m/s	1,0 m
■ Portacontenedores, Ro-Ros y Ferris		22 m/s	1,5 m/s	0,5 m
■ Transatlánticos y Cruceros (1)		22 m/s	1,5 m/s	0,5 m
■ Pesqueros de pesca fresca		22 m/s	1,5 m/s	0,6 m
Acciones en sentido transversal al muelle		22 m/s	1,5 /s	
■ Petroleros	< 30.000 TPM	20 m/s	0,7 m/s	1,0 m
	30.000-200.000 TPM	20 m/s	0,7 m/s	1,2 m
	> 200.000 TPM	20 m/s	0,7 m/s	1,5 m
■ Graneleros	Cargando	22 m/s	0,7 m/s	1,0 m
	Descargando	22 m/s	0,7 m/s	0,8 m
■ Transportadores de Gases Licuados	< 60.000 m^3	16 m/s	0,5 m/s	0,8 m
	> 60.000 m^3	16 m/s	0,5 m/s	1,0 m
■ Mercantes de carga general. Pesqueros de altura y congeladores		22 m/s	0,7 m/s	0,8 m
■ Portacontenedores, Ro-Ros y Ferris		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
3. Permanencia de buques en muelle (5)				
■ Petroleros y transportadores de Gases Licuados				
Acciones en sentido longitudinal al muelle		30 m/s	2,0 m/s	3,0 m
Acciones en sentido transversal al muelle		25 m/s	1,0 m/s	2,0 m
■ Transatlánticos y Cruceros (2)				
Acciones en sentido longitudinal al muelle		22 m/s	1,5 m/s	1,0 m
Acciones en sentido transversal al muelle		22 m/s	0,7 m/s	0,7 m
■ Embarcaciones deportivas (2)		22 m/s	1,5 m/s	0,4 m
■ Acciones en sentido longitudinal al muelle		22 m/s	1,5 m/s	0,4 m
■ Acciones en sentido transversal al muelle		22 m/s	0,7 m/s	0,2 m
■ Otro tipo de buques		Limitaciones impuestas por las cargas de diseño de los muelles, compatibles con configuraciones de amarre que garanticen la seguridad del buque		

Tabla 2 3: Límites operativos definidos en la tabla 3.2.1.3 de la ROM 2.0-11

6 RESUMEN DE PARÁMETROS MEDIOAMBIENTALES

A continuación, se resumen los principales parámetros medioambientales que inciden en la operación de la terminal. El análisis detallado de las mismas se realiza en el informe 22044-PRG-IF-001-Caracterización del clima marítimo.

6.1 NIVELES DE MAREA

Se toma de referencia los valores correspondientes a Caleta La Misión, ubicado a 11 km al sur. Según la tabla de Mareas del SHN las condiciones son las siguientes:

Alturas en metros sobre el plano de reducción actualizado					Amplitudes	
Marea	Pleamares		Bajamares			
	Sicigias	Cuadraturas	Sicigias	Cuadraturas	Sicigias	Cuadraturas
Equinocciales de Perigeo	9,7	6,2	0,5	4,0	9,2	2,2
De Perigeo	9,5	6,5	0,7	3,8	8,8	2,7
Medias	8,8	7,2	1,4	3,1	7,4	4,1

Tabla 4: Predicciones de marea del Servicio de Hidrografía Naval para Caleta La Misión, correspondientes al año 2021.

6.2 OLEAJE

Para el diseño interior del puerto, se realizó un estudio de agitación por oleaje en el recinto portuario. Este análisis se realizó para el layout ajustado a una futura ampliación. El oleaje que ingresa por la boca de acceso ve disminuida su energía por la influencia de las bajas profundidades a ambos lados del canal de acceso, su rotura sobre el paramento en talud de las obras de abrigo y sobre los taludes costeros del recinto excavado. A continuación, se observan algunas imágenes extraídas del informe 22044-PRG-IF-004 - Estudio de agitación por oleaje en el recinto portuario, respecto al modelo aplicado para describir la transformación sufrida por el oleaje que llega a las dársenas operativas. En particular, el oleaje que más influye en estos sectores es el que proviene de las direcciones NE, ENE y E (puntualmente para la dársena norte).

Se observan coeficientes de transformación bajos para las zonas operativas.

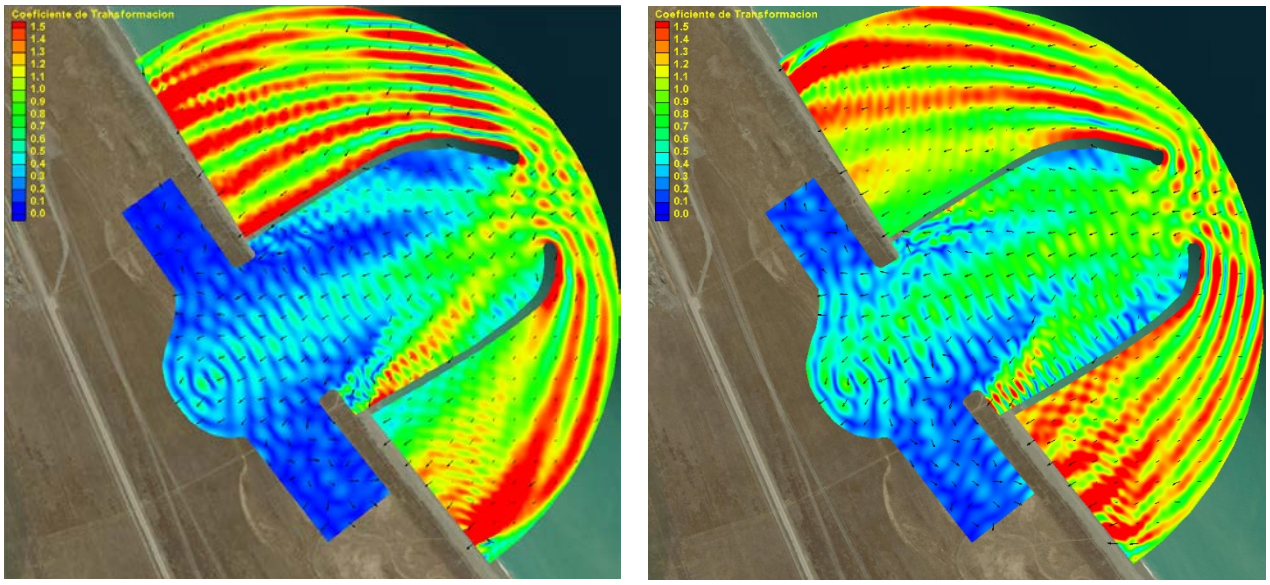


Figura 6: Izquierda: Oleaje incidente proveniente del NE. Derecha: Oleaje incidente proveniente del ENE.

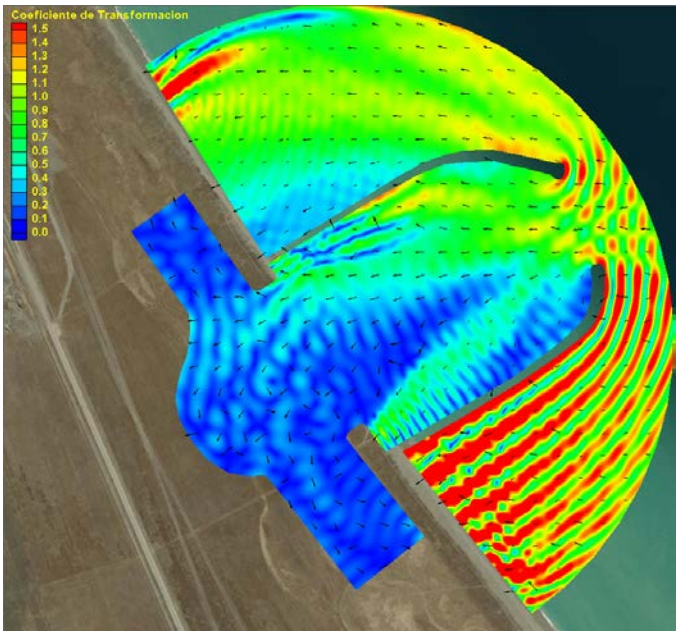


Figura 7: Oleaje incidente proveniente del E.

Se incluye a continuación la estadística de oleaje en el sitio para la operación del portacontenedores:

Clase Hs (m)	*Frecuencia*	*Porcentaje Superación*
0,1	48,653%	70,404%
0,2	17,565%	21,751%
0,3	3,167%	4,186%
0,4	0,797%	1,019%
0,5	0,141%	0,222%
0,6	0,046%	0,081%
0,7	0,029%	0,035%
0,8	0,006%	0,006%
0,9	0,000%	0,000%

Tabla 5: Estadística de olas en el Área de atraque del Portacontenedores Panamax

Como se describió en el punto 5 , las Recomendaciones para Obras Marítimas Españolas (Norma ROM 3.1-99. Proyecto de la configuración marítima de los puertos, canales de acceso y áreas de flotación) indican que para que una terminal de contenedores pueda operar correctamente no debe superarse una altura significativa de ola de 0,5 metros en sentido longitudinal al atraque y 0,3 metros en sentido transversal.

El porcentaje de horas anuales máximo para alturas significativas de ola superiores 0,3 m es igual a un 1,1% del tiempo. Este valor se obtiene para una altura mayor a 0,4 m aproximadamente, intermedia entre los valores de 0,3 m y 0,5 m correspondientes a las incidencias transversal y longitudinal. Se considera que este resultado resulta aceptable.

6.3 VIENTO

En la Figura 5 se observan los vientos predominantes y su incidencia en el buque amarrado. La estadística direccional indica que el 55% del tiempo los vientos provienen del cuadrante ONO a OSO, destacándose el oeste en un 22% del tiempo y un 16% a las otras dos direcciones. Le siguen los vientos del NO al N en un 21% del tiempo.

En cuanto a la intensidad, el 75% del tiempo se tienen vientos de entre 4 a 12 m/s (14 a 43 km/h) y el 4,5 % del tiempo se superan velocidades de 50 km/h.

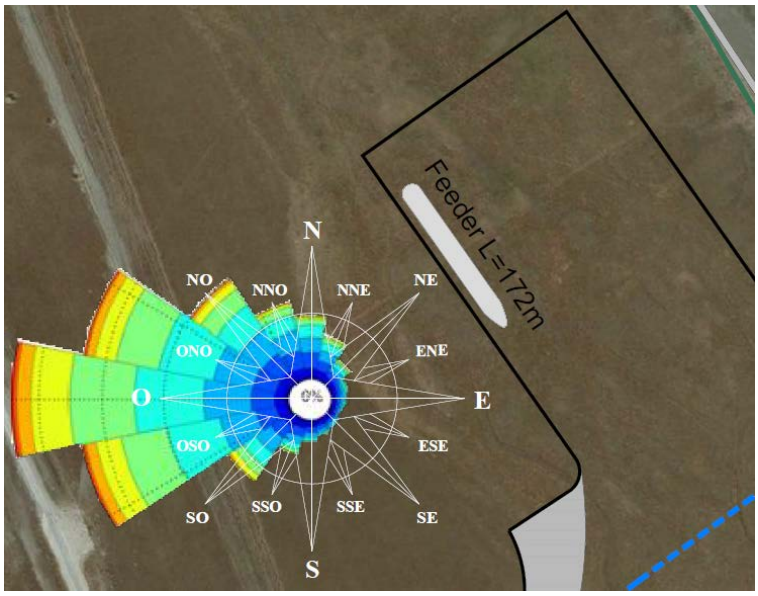


Figura 8: Vientos predominantes

En consecuencia, el sistema de amarre de los buques que operen debe diseñarse para un ángulo de incidencia de 90° en la situación más desfavorable.

A continuación se incluye la estadística de vientos en la zona de estudio, extraída del informe 22044-PRG-IF-001.

V (m/s)\Dir (º)	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	TOTAL
0.-2.	0,193%	0,167%	0,158%	0,134%	0,128%	0,123%	0,123%	0,138%	0,136%	0,143%	0,169%	0,200%	0,196%	0,213%	0,201%	0,163%	2,586%
2.-4.	0,658%	0,570%	0,390%	0,356%	0,273%	0,271%	0,300%	0,295%	0,389%	0,533%	0,674%	0,832%	0,920%	0,841%	0,846%	0,740%	8,886%
4.-6.	1,278%	0,775%	0,489%	0,342%	0,317%	0,247%	0,281%	0,368%	0,461%	0,693%	1,203%	1,693%	1,907%	1,894%	1,763%	1,435%	15,147%
6.-8.	1,208%	0,864%	0,485%	0,296%	0,267%	0,189%	0,221%	0,292%	0,412%	0,651%	1,481%	2,995%	3,859%	3,288%	2,268%	1,573%	20,348%
8.-10.	0,879%	0,639%	0,356%	0,223%	0,167%	0,112%	0,151%	0,145%	0,268%	0,475%	1,240%	4,216%	5,452%	4,401%	2,245%	1,270%	22,239%
10.-12.	0,495%	0,336%	0,182%	0,089%	0,073%	0,050%	0,062%	0,072%	0,118%	0,268%	0,784%	3,804%	5,243%	3,536%	1,556%	0,640%	17,308%
12.-14.	0,168%	0,132%	0,083%	0,032%	0,037%	0,029%	0,033%	0,029%	0,050%	0,089%	0,481%	2,067%	3,028%	1,741%	0,680%	0,249%	8,927%
14.-16.	0,046%	0,035%	0,024%	0,016%	0,004%	0,011%	0,010%	0,010%	0,012%	0,024%	0,172%	0,847%	1,137%	0,663%	0,235%	0,078%	3,324%
16.-18.	0,010%	0,011%	0,010%	0,001%	0,010%	0,005%	0,009%	0,001%	0,004%	0,006%	0,054%	0,255%	0,327%	0,191%	0,063%	0,013%	0,969%
18.-20.	0,004%							0,002%		0,001%	0,002%	0,071%	0,100%	0,027%	0,015%	0,001%	0,223%
20.-22.	0,001%											0,009%	0,009%	0,002%	0,002%		0,023%
22.-24.												0,006%	0,005%	0,002%	0,001%		0,015%
24.-26.													0,001%	0,005%			0,006%
> 26																	
TOTAL	4,939%	3,529%	2,176%	1,489%	1,275%	1,037%	1,189%	1,353%	1,850%	2,883%	6,260%	16,994%	22,184%	16,805%	9,875%	6,162%	100%

Tabla 6: Estadística de vientos predominantes

En cuanto a los vientos extremos, se observan en la tabla siguiente las velocidades de acuerdo a distintos períodos de recurrencia y direcciones, observando que los más extremos corresponden a la misma dirección que los vientos predominantes, es decir del oeste.

T [años]	V (m/s)						
	Norte	NNO	NO	ONO	Oeste	Sur	Este
	Lnorm MV	Lnorm MV	Lnorm MV	Lnorm MV	Lnorm MV	Gumbel MV	Gumbel MV
2	16,6	16,1	18,4	20,0	21,3	14,7	12,4
5	18,1	17,6	20,3	22,1	23,0	17,1	15,5
10	19,0	18,4	21,4	23,2	23,9	18,7	17,6
15	19,4	18,8	21,9	23,8	24,4	19,6	18,8
20	19,7	19,1	22,3	24,2	24,7	20,2	19,6
25	19,9	19,3	22,6	24,5	24,9	20,7	20,3
50	20,5	19,9	23,4	25,3	25,6	22,1	22,2
100	21,1	20,5	24,1	26,1	26,2	23,6	24,1

Tabla 7: Vientos extremos

Considerando la limitante operativa para la operación de buques portacontenedores, de un viento transversal de 22 m/s, se observa de la estadística anterior que dicho valor se supera menos de un 1% del tiempo, encontrando la mayor parte del mismo, velocidades de viento menores a 14 m/s. Por otra parte, los límites para la permanencia del buque atracado son aún mayores.

6.4 CORRIENTES

No se considera incidencia de corrientes en las dársenas de operación ni en las zonas de maniobra. Sin embargo, para esta instancia del proyecto, en el cálculo de los esfuerzos de amarre se tendrá en cuenta una corriente paralela al eje longitudinal de los buques de 0,3 m/s que podría darse durante las grandes fluctuaciones de marea.

7 MUELLE PARA OPERACIÓN DE CONTENEDORES

Como se ha mencionado, el sitio destinado a la operación de buques portacontenedores será un frente continuo. A continuación, se definen las cargas de amarre, atraque y operación para este sitio.

7.1 SISTEMA DE AMARRE

El sistema de amarre se dimensionará para un viento incidente a 90°, con una velocidad máxima de 26,2 m/s que de acuerdo a la Tabla tiene una recurrencia de 100 años.

Se analizará el estado de buque cargado, que en el caso del buque portacontenedores implica una mayor superficie expuesta al viento y a la corriente.

VIENTO EN DIRECCIÓN PREDOMINANTE - BUQUE PORTACONTENEDORES CARGADO			
Eslora	L	172	m
Eslora entre perpendiculares	Lpp	164	m
Manga	B	28	m
Calado máximo operativo	Cmáx	10,5	m
Calado en lastre	Cmín	6,00	m
Francobordo	G	11,00	
Puntal	P	17	m
Factor adimensional de arrastre para viento actuando sobre el buque amarrado en dirección de su eje longitudinal	CDVL	1	
Factor adimensional de arrastre para viento actuando sobre el buque amarrado en dirección perpendicular a su eje longitudinal	CDVT	1	
Área emergida de la proyección del buque sobre un plano vertical que contenga a su eje longitudinal	AVL	2910	
Área emergida de la proyección del buque sobre un plano vertical perpendicular al eje longitudinal del mismo	AVT	725	
Densidad del aire	δ	0,001225	t/m3
Velocidad del viento	Vv	26,2	m/s
Ángulo de incidencia	α	90	°
RESULTANTE	FR	124,85	Tn
ÁNGULO DE RESULTANTE	ϕ	90,0	
COMPONENTE LONGITUDINAL = FR*cos (ø)	FL	0	Tn
COMPONENTE TRANSVERSAL = FR*sen (ø)	FT	124,85	Tn

Tabla 8: Esfuerzo de amarre por incidencia del viento

ACCIÓN DE LA CORRIENTE - BUQUE PORTACONTENEDORES CARGADO			
Eslora	L	172	m
Eslora entre perpendiculares	Lpp	164	m
Manga	B	28	m
Calado máximo	Cmáx	10,5	m
Calado en lastre	Cmín	6,00	m
Francobordo	G	11,00	
Puntal	P	17	m
Densidad del agua	γw	1,03	tn/m3
Velocidad de la corriente	Vc	0,3	m/s
Ángulo formado entre el eje del buque y la corriente	α	0	°
Ángulo formado entre el eje del buque y la resultante de las fuerzas de presión	Ø	0,00	°
Factor de forma transversal	CDC,T	7	
Factor de forma longitudinal	CDC,L	0,30	
Área longitudinal sumergida del buque, sometida a la corriente	ALC	1379,00	m2
Área transversal sumergida del buque, sometida a la corriente.	ATC	218,00	m2
FUERZARESULTANTE$= \left(\frac{\gamma w * Vc^2}{2g}\right) x \left(\left(Ccl * Atc * cos^2(\alpha)\right) + (Ctc\ x\ ALc\ x\ sen^2\ \alpha\ ))/\ cos(Ø\text{-}\alpha))$	FR	0,03	TN
COMPONENTE TRANSVERSAL$= FR * sen\, Ø$	FT	0,0000	TN
COMPONENTE LONGITUDINAL $= FR * \cos Ø$	FL	0,0309	TN

Tabla 9: Esfuerzos de amarre por corriente

FUERZAS DE FRICCIÓN DE LA CORRIENTE - BUQUE PORTACONTENEDORES CARGADO			
Eslora	L	172	m
Eslora entre perpendiculares	Lpp	164	m
Manga	B	28	m
Calado máximo	C máx	10,50	m
Puntal	P	17	m
Densidad del agua dulce	γw	1,03	tn/m3
Velocidad de la corriente	Vc	0,3	m/s
Ángulo formado entre el eje del buque y la corriente	α	0	°
Coeficiente de rozamiento	Cr	0,01	
Ángulo formado entre el eje del buque y la resultante de las fuerzas de presión	Ø	0,00	°
Área de la sup. del buque mojada longitudinalmente a la dir. de crujías = (B+2D)xLpp	ALC	8036,00	m2
Área de la sup. del buque mojada transversalmente a la dir. de crujías = (Lpp+2D)xB	ATC	5180,00	m2
COMPONENTE TRANSVERSAL$= \left(\frac{\gamma w}{2g}\right) x\ Cr\ x\ Vc^2\ x\ Atc\ x\ sen^2\ \alpha$	FT	0,00	TN
COMPONENTE LONGITUDINAL$= \left(\frac{\gamma w}{2g}\right) x\ Cr\ x\ Vc^2\ x\ Alc\ x\ cos^2\ \alpha$	FL	0,38	TN

Tabla 10: Esfuerzos de amarre generados por fricción de la corriente

$$Esfuerzo\ en\ el\ punto\ más\ solicitado\ (Cabo\ más\ abierto) = \frac{124{,}85}{4\ x\ COS30°} = 40t$$

De acuerdo a lo recomendado en la tabla 4.6.4.66 de la ROM 2.0-11, para condiciones climáticas tipo I y II se definen las siguientes cargas mínimas de amarre en función del desplazamiento de los buques:

BUQUE DE MAYOR DESPLAZAMIENTO MÁXIMO (Δpc) PARA LA FLOTA ESPERABLE EN EL ATRAQUE (t)	VALOR CARACTERÍSTICO MÍNIMO DE LAS CARGAS DE AMARRES EN LOS PUNTOS DEL AMARRE (kN)
≤ 1000	100
1.000 a 5.000	250
5.000 a 10.000	350
10.000 a 20.000	600
20.000 a 50.000	800
50.000 a 100.000	1.000
100.000 a 200.000	1.500
> 200.000	2.000

Tabla 11: Cargas mínimas de amarre recomendadas en la ROM 2.0-11.

Las condiciones climáticas se clasifican de la siguiente manera:

A. PARA BUQUES CON L ≥ 25 M								
		TIPO I	TIPO II			TIPO III		
Velocidad del viento ($V_{v,1\ min}$)		< 17 m/s	< 17 m/s	entre 17 y 25 m/s	< 25 m/s	entre 17 y 25 m/s	≥ 25 m/s	Cualquier valor
Velocidad de la corriente ($V_{C,10\ min}$)		< 1 m/s	≥ 1 m/s	< 1 m/s	< 1 m/s	≥ 1 m/s	< 1 m/s	Cualquier valor
Oleaje u ondas producidas por buques en tránsito [1]	Altura de la ola ($H_{1/3}$ para oleaje ó $H_{b,max}$ para ondas producidas por buques en tránsito)	< 2 m para Δ ≥ 3000 t < 1 m para Δ < 3000 t	< 2 m para Δ ≥ 3000 t < 1 m para Δ < 3000 t		≥ 2 m para Δ ≥ 3000 t ≥ 1 m para Δ < 3000 t	< 2 m para Δ ≥ 3000 t < 1 m para Δ < 3000 t		≥ 2 m para Δ ≥ 3000 t ≥ 1 m para Δ < 3000 t
	Periodo ($\overline{T}$ para oleaje ó T_b para ondas generadas por buques en tránsito)	Cualquier valor	Cualquier valor		< 10 s para Δ ≥ 3000 t < 8 s para Δ < 3000 t	Cualquier valor		≥ 10 s para Δ ≥ 3000 t ≥ 8 s para Δ < 3000 t
Ondas largas (T) [2]		No	No			No		

Tabla 12: Clasificación de las condiciones climáticas – ROM 2.0-11.

Cuando las condiciones climáticas correspondan a las Tipo III, como es este el caso, la recomendación indica aumentar los valores de la tabla en un 25%.

El buque portacontenedores considerado tiene un desplazamiento de entre 20.000 y 50.000 t, correspondiendo en este caso una carga mínima del bolardo de 80t. Considerando lo dicho en el párrafo anterior, el bolardo adoptado es de 100 t. En futuras instancias del proyecto, es recomendable realizar un análisis dinámico de buque amarrado que permita validar los esfuerzos de amarre efectivamente transmitidos a las estructuras.

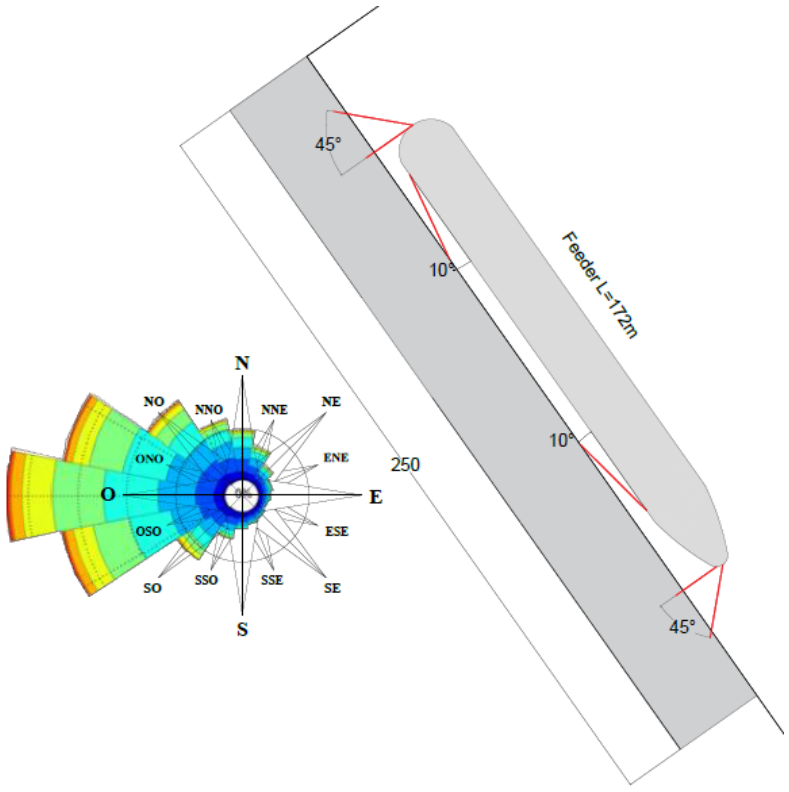
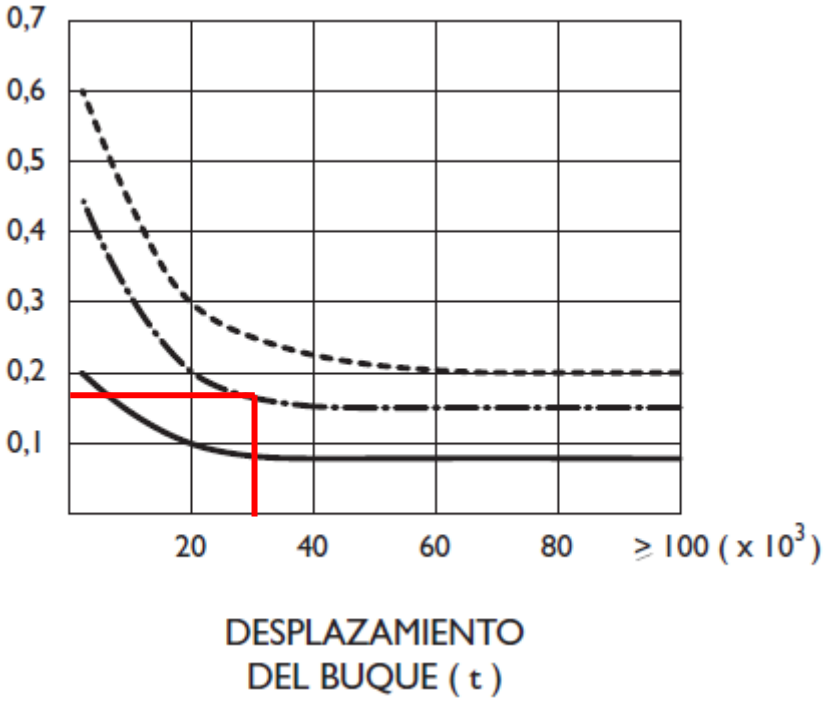


Figura 9: Esquema tentativo de amarre

7.2 Sistema de defensas buque Feeder

El sistema de defensas se diseñará considerando el atraque con ayuda de remolcadores. El sistema de defensas que se implementará en la primera etapa corresponde a la operación del buque feeder.

La velocidad de aproximación en este caso se define de acuerdo a lo recomendado en la tabla 4.6.4.36 de la ROM 2.0-11. Se adoptarán condiciones climáticas moderadas considerando las restricciones propias de la maniobra de atraque estimadas en el punto 5.



CÁLCULO DE ENERGÍA DE ATRAQUE BUQUE PORTACONTENEDORES FEEDER

DATOS BUQUE DE DISEÑO

Eslora Total	L_{OA}	172	m
Eslora entre Perpendiculares	L_{BP}	164,0	m
Manga	M	28	m
Puntal	P	17,0	m
Calado a plena carga	Cmax	10,5	m
Calado de operación	Cop	10,5	m
Calado en lastre	Cl	6,00	m
Francobordo	F	6,5	m
Coeficiente de bloque	Cb	0,6	
Peso específico agua	γ_w	1,03	t/m³
Desplazamiento	D	30.000	t
Radio de giro del buque	k	38,53	m

ENERGÍA CINÉTICA DESARROLLADA POR EL BUQUE
Ec

Velocidad de atraque	Vb	0,18	m/s
Coeficiente de masa hidrodinámica	Cm	1,75	
Desplazamiento a plena carga	D	30.000	t
Aceleración de la gravedad	g	9,81	m/s^2

Energía cinética del buque desarrollada en el atraque

$$Ec = \frac{1}{2}\Delta V^2 Cm$$

Ec	**87**	**tm**

ENERGÍA ABSORBIDA POR EL SISTEMA DE ATRAQUE (Defensas) Ed

Energía de diseño normal Edn=Ec*f

Coeficientes:

De excentricidad	Ce	0,60	
Geométrico del buque	Cg	1,00	impacto en la parte recta del buque
De configuración del atraque	Cc	1,00	estructura abierta
De rigidez del sistema de atraque	Cs	1,00	estructura de atraque flexible
f : Ce*Cg*Cc*Cs	f	0,60	
Energía de diseño del Sistema de Atraque (condiciones normales de operación)	**Edn**	**52,02**	**tm**
Factor de impactos anormales	FS	1,5	
Energía de diseño del Sistema de Atraque (condiciones excepcionales de operación)	**Ede**	**78,03**	**tm**

Se define la siguiente defensa:

Modelo	Defensas cónicas SPC 1300 G 1.4
Dimensiones (Diámetro x Altura)	2,08 m x 1,3 m
Energía absorbida	86,6 tm
Fuerza reactiva transmitida	126,5 x 1,1 = 140 t
Presión transmitida	Máxima de 30 t/m2 – Dimensión del escudo

La separación máxima entre defensas debe ser de entre 12 m y 17 m, de acuerdo a lo recomendado en la tabla 4.6.4.50 de la ROM 2.0-11 para un frente de atraque corrido.

ESTUDIOS NÁUTICOS BÁSICOS E INGENIERÍA CONCEPTUAL PUERTO RÍO GRANDE, PROVINCIA DE TIERRA DEL FUEGO



Serman & asociados s.a. Consultora
SOLUCIONES QUE GENERAN CONFIANZA

Mirgor

DISEÑO CONCEPTUAL DEL CANAL DE ACCESO Y ZONA DE MANIOBRAS

22044-PRG-IF-003-Rev.C

Enero, 2023

Ing. Mauro Campos
Representante Técnico

Ing. Sandra Acuña
Directora del Proyecto

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN 1

2 BUQUES DE DISEÑO 1

3 LAYOUT GENERAL DE LAS OBRAS PORTUARIAS 1

4 BATIMETRÍA Y CONFIGURACIÓN GENERAL DE LA COSTA 3

5 RESUMEN DE PARÁMETROS MEDIOAMBIENTALES 5

5.1 NIVELES DE MAREA 5
5.2 OLEAJE 6
5.3 VIENTO 7
5.4 CORRIENTES 8

6 LÍMITES OPERATIVOS 9

7 COTA DE SOLERA DE LAS ÁREAS NÁUTICAS 9

8 ALINEACIÓN DEL EJE DEL CANAL 10

9 ANCHO DEL CANAL 10

9.1 MÉTODO PIANC 10
9.2 MÉTODO DE ROM 3.1-99 12
9.3 RESUMEN DE RESULTADOS 19

10 DISTANCIA DE FRENADO 20

11 ZONA DE GIRO 20

12 DIMENSIONADO DE LA DÁRSENA 22

ESTUDIOS NÁUTICOS BÁSICOS E INGENIERÍA CONCEPTUAL PUERTO RIO GRANDE

1 INTRODUCCIÓN

La empresa privada Mirgor, con sedes en Buenos Aires y Río Grande (Tierra del Fuego) y dedicada a la fabricación y distribución de productos tecnológicos (entre otros), ha encarado el estudio de una terminal portuaria al norte de la ciudad de Río Grande. Se trata de un puerto multipropósito ubicado en los predios adquiridos por la empresa, a 25 km de dicha ciudad fueguina. En consecuencia, se realizan los estudios de base para el desarrollo de la ingeniería conceptual de la terminal.

El presente informe tiene el objetivo de describir los principales aspectos del diseño del canal de acceso y áreas náuticas de la terminal, considerando los buques de diseño y los parámetros medioambientales del lugar.

2 BUQUES DE DISEÑO

El diseño de las obras portuarias se realiza principalmente para buques portacontenedores tipo feeder. Sin embargo, el diseño de las áreas náuticas debe tener la flexibilidad como para adaptarse a la futura operación de buques de mayor porte, como por ejemplo buques tipo Panamax, cuyas principales características se consensuaron con el cliente y se resumen a continuación:

Tipo de Buque	Clase	Capacidad por buque	Eslora (m)	Manga (m)	Calado máximo (m)	Calado máximo (pies)
Portacontenedor	Feeder	1700 TEUs	172	28	10,5	35
Portacontenedor	Panamax	4500 TEUs	290	32,2	13,5	44

Tabla 1: Características de los buques de diseño

Adicionalmente se plantea la operación de buques de menor porte, como por ejemplo ferrys Ro-Pax que no influyen en el diseño de las dimensiones principales de las áreas náuticas.

Por las condiciones medioambientales del lugar, el porte de los buques y la configuración de la terminal se considera para el diseño el uso de remolcadores para la navegación y maniobras de atraque y zarpada.

3 LAYOUT GENERAL DE LAS OBRAS PORTUARIAS

La operación del puerto se plantea, en principio, en dos etapas. La primera de ellas comprende la operación de buques portacontenedores tipo feeder de 28 m de manga en la zona norte del predio afectado, siendo el diseño también apto para otros usos. A mediano y largo plazo, se plantea la operación de buques de mayor porte, tipo Panamax de 32,2 m de manga y/o otras tipologías de carga, en la zona sur del predio. De esta manera, el diseño de las áreas náuticas

debe tener en cuenta estas premisas para lograr un diseño capaz de adaptarse a la planificación de largo plazo de la terminal.

En la imagen a continuación se observa el layout propuesto para la primera etapa de operación:

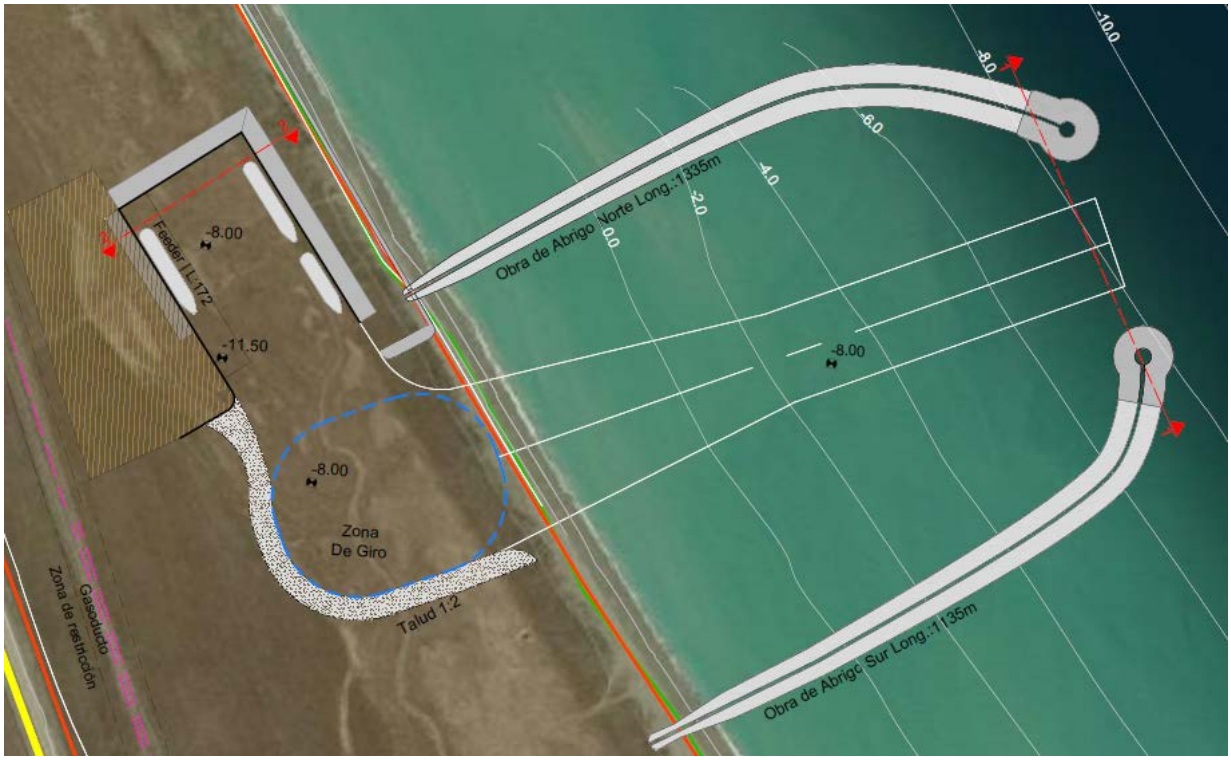


Figura 1: Layout para la primera etapa de operación.

El ancho de la boca de acceso estará determinado por la distancia entre los morros de las obras de abrigo norte y sur. Esta dimensión es un aspecto clave para la flexibilidad del diseño, dado que de ser insuficiente se vuelve muy difícil plantear futuras obras de ensanche del canal de acceso. Por otro lado, la longitud de las obras de abrigo genera la distancia de frenado necesaria para que el buque pueda detenerse y maniobrar en el tiempo adecuado y en condiciones seguras. Si el buque de diseño aumenta de tamaño, será necesaria una mayor distancia de frenado.

En consecuencia, estas dos variables (ancho de la boca de acceso y distancia de frenado) se definirán considerando las etapas futuras de operación de la terminal.



Figura 2: Layout general de las obras portuarias (futuras etapas del proyecto)

4 BATIMETRÍA Y CONFIGURACIÓN GENERAL DE LA COSTA

Para poder determinar la configuración general de la zona bajo estudio, se realizó un relevamiento batimétrico y geofísico el día 7/10/2022 y un relevamiento topográfico el día 8/10/2022. Dichos trabajos fueron realizados por la empresa Bofill y asociados SRL. En la siguiente imagen extraída del informe correspondiente, se pueden apreciar los perfiles topobatimétricos realizados.

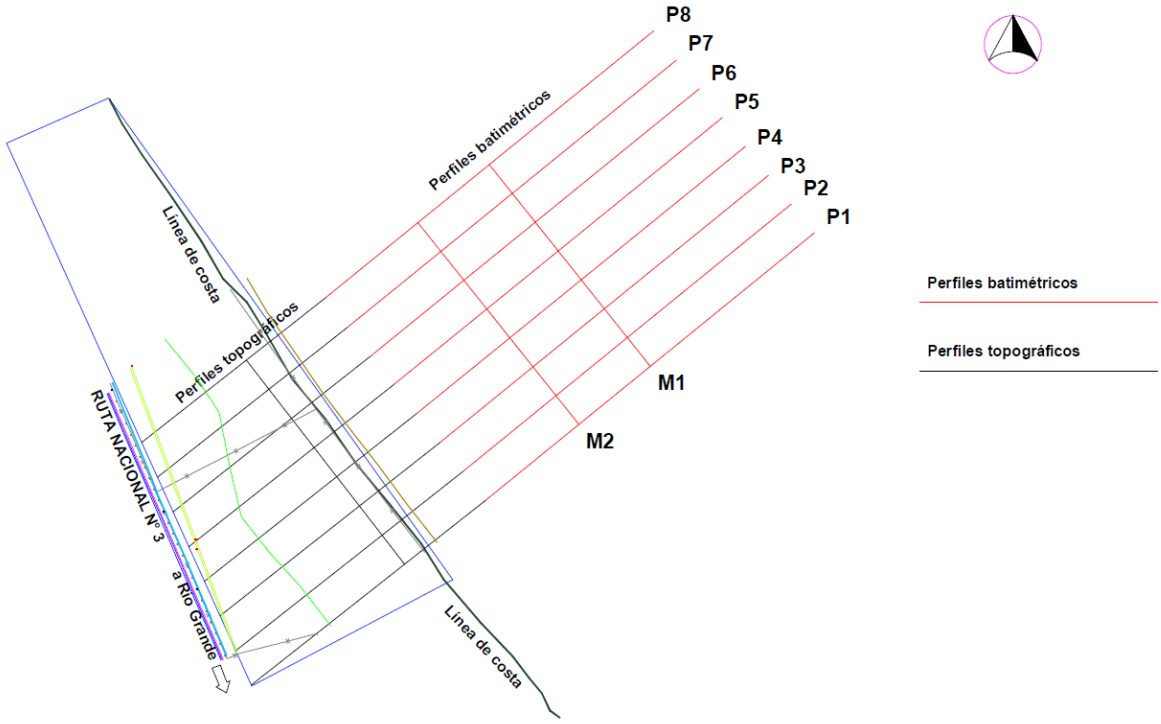


Figura 3: Perfiles relevados

El relevamiento batimétrico permitió, por una parte, determinar la conformación del perfil de playa y, por otra parte, identificar las profundidades naturales y su posición desde la denominada “línea de costa”, aspecto de especial relevancia para el análisis de la zona activa para el transporte litoral y el correspondiente diseño de las obras de abrigo y canal de acceso. Las profundidades obtenidas fueron referenciadas al cero de reducción local del Servicio de Hidrografía Naval.

Por otra parte, el estudio permitió determinar la posición de las isobatas y a partir de ello, definir la longitud de canal de acceso necesario para lograr llegar a las mayores profundidades compatibles con la operación propuesta. En la Figura 1 se observa la posición de las isobatas relevadas.

En cuanto al estudio geofísico, el mismo permitió establecer las características sismoestratigráficas del subsuelo marino en el sector costero vinculado al proyecto portuario, de manera de poder conocer la existencia de mantos de suelo duro que puedan incidir en las tareas de dragado, excavación y fundación de las obras civiles y portuarias. A continuación se muestra un extracto de los resultados obtenidos, donde se aprecia que para los perfiles P8, P7 y P6, el manto de suelo duro o “roca” se encuentra muy cerca de la superficie con un posible afloramiento en niveles de bajamar cercanos al cero. Por su parte, considerando el “Mapa Geológico de la Isla Grande de Tierra del Fuego e Isla de los Estados” (Repositorio SEGEMAR, 2014), al material rocoso del subsuelo se lo correlaciona con una sedimentita marina constituida por areniscas limosas y limoarcilitas, correspondiente al Neógeno (Mioceno-Plioceno).

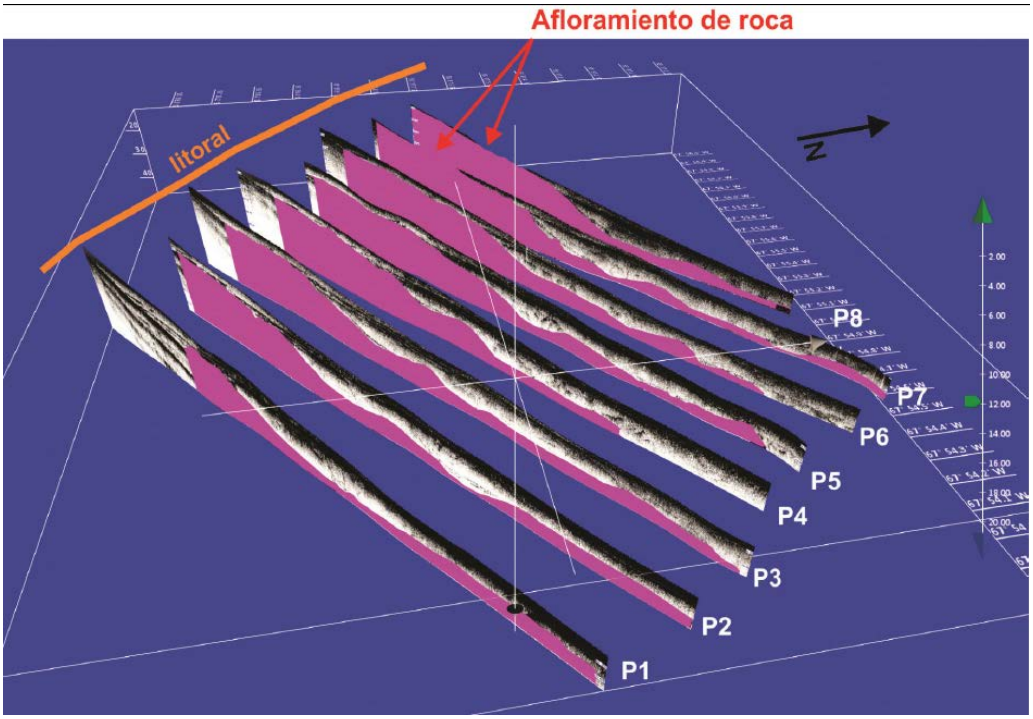


Figura 4: Perfiles del relevamiento sísmico

Considerando que no se realizaron perforaciones o sondeos geotécnicos en agua en la presente etapa de estudio, pero si se realizarán sondeos geotécnicos en tierra en coincidencia con los perfiles topobatimétricos y geofísicos realizados, dichas unidades sísmicas podrán caracterizarse de manera de poder obtener características físicas, granulométricas y resistentes de dicho material. Los resultados serán utilizados para el diseño y cálculo de las obras de dragado, excavación y fundación de las obras civiles y portuarias.

5 RESUMEN DE PARÁMETROS MEDIOAMBIENTALES

El diseño del canal de acceso al puerto y de las zonas de maniobras interiores está determinado por, además del buque de diseño, las condiciones medioambientales admitidas durante la navegación de las embarcaciones. El análisis detallado de las mismas se realiza en el informe 22044-PRG-IF-001-Caracterización del clima marítimo. A continuación, se resumen los principales parámetros a considerar para el diseño.

5.1 NIVELES DE MAREA

Se toma de referencia los valores correspondientes a Caleta La Misión, ubicado a 11 km al sur. Según la tabla de Mareas del SHN las condiciones son las siguientes:

Alturas en metros sobre el plano de reducción actualizado					Amplitudes	
Marea	Pleamares		Bajamares			
	Sicigias	Cuadraturas	Sicigias	Cuadraturas	Sicigias	Cuadraturas
Equinocciales de Perigeo	9,7	6,2	0,5	4,0	9,2	2,2
De Perigeo	9,5	6,5	0,7	3,8	8,8	2,7
Medias	8,8	7,2	1,4	3,1	7,4	4,1

Tabla 2: Predicciones de marea del Servicio de Hidrografía Naval para Caleta La Misión, correspondientes al año 2021.

Clase Hs (m)		Frecuencia	% acumulado
< 6		0,000%	0,000%
6,00	6,25	0,287%	0,287%
6,25	6,50	1,792%	2,079%
6,50	6,75	3,799%	5,878%
6,75	7,00	5,233%	11,111%
7,00	7,25	6,953%	18,065%
7,25	7,50	8,961%	27,025%
7,50	7,75	13,405%	40,430%
7,75	8,00	13,477%	53,907%
8,00	8,25	12,473%	66,380%
8,25	8,50	9,964%	76,344%
8,50	8,75	8,100%	84,444%
8,75	9,00	7,312%	91,756%
9,00	9,25	4,946%	96,703%
9,25	9,50	3,011%	99,713%
9,50	9,75	0,287%	100,00%

Tabla 3: histograma de pleamares.

5.2 OLEAJE

A continuación, se observa la rosa de oleaje trasladado a la isobata de 10 m frente a la boca de acceso. La estadística direccional indica que el 43% del tiempo se tiene oleje proveniente del cuadrante NNE a NE, con un aporte del N del 5%. El 11% del tiempo se tiene oleaje desde el este.

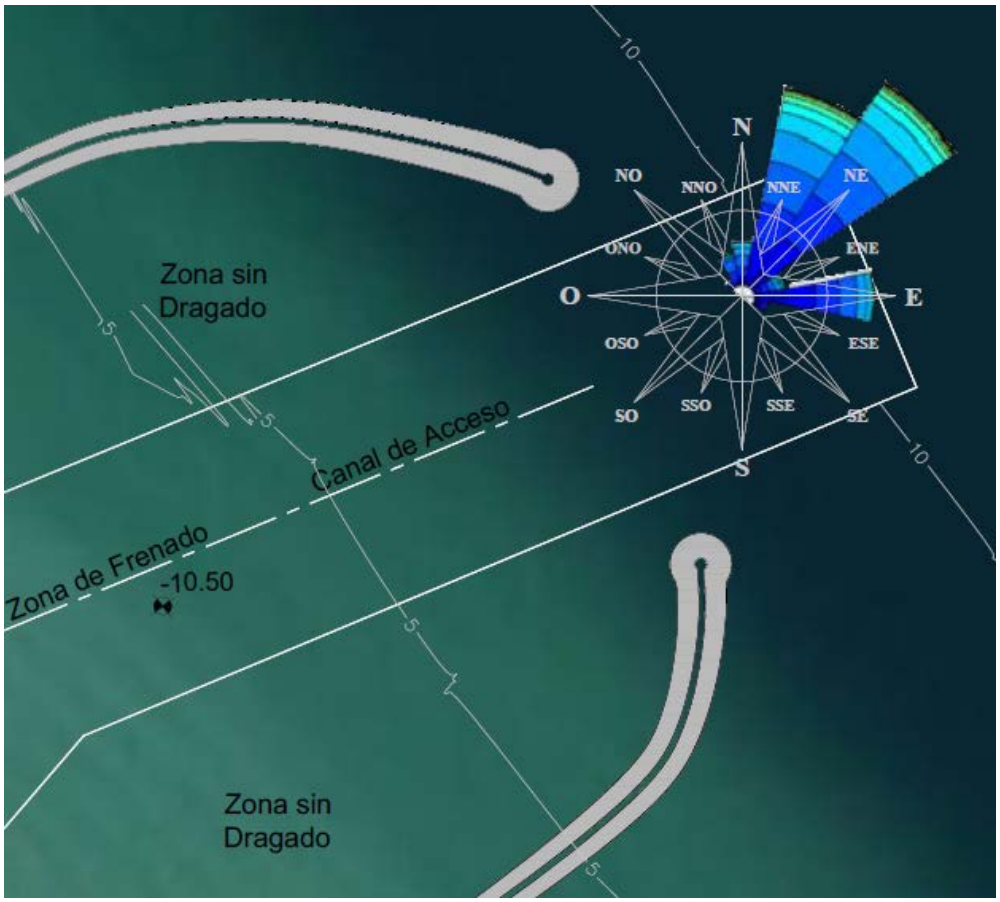


Figura 5: Alineación del tramo de canal exterior con el oleaje incidente.

En cuanto a las alturas, el 1,5% del tiempo el oleaje que viene del NNE o NE supera los 2 m. Si se observa la estadística global, el 3,4% del tiempo se supera una altura de ola de 2 m y el 1,1 % del tiempo una altura de ola de 2,5 m.

5.3 VIENTO

En la Figura 4 se observan los vientos predominantes y su alineación con el canal de acceso. La estadística direccional indica que el 55% del tiempo los vientos provienen del cuadrante ONO a OSO, destacándose el oeste en un 22% del tiempo y un 16% a las otras dos direcciones. Le siguen los vientos del NO al N en un 21% del tiempo.

En cuanto a la intensidad, el 75% del tiempo se tienen vientos de entre 4 a 12 m/s (14 a 43 km/h) y el 4,5 % del tiempo se superan velocidades de 50 km/h.

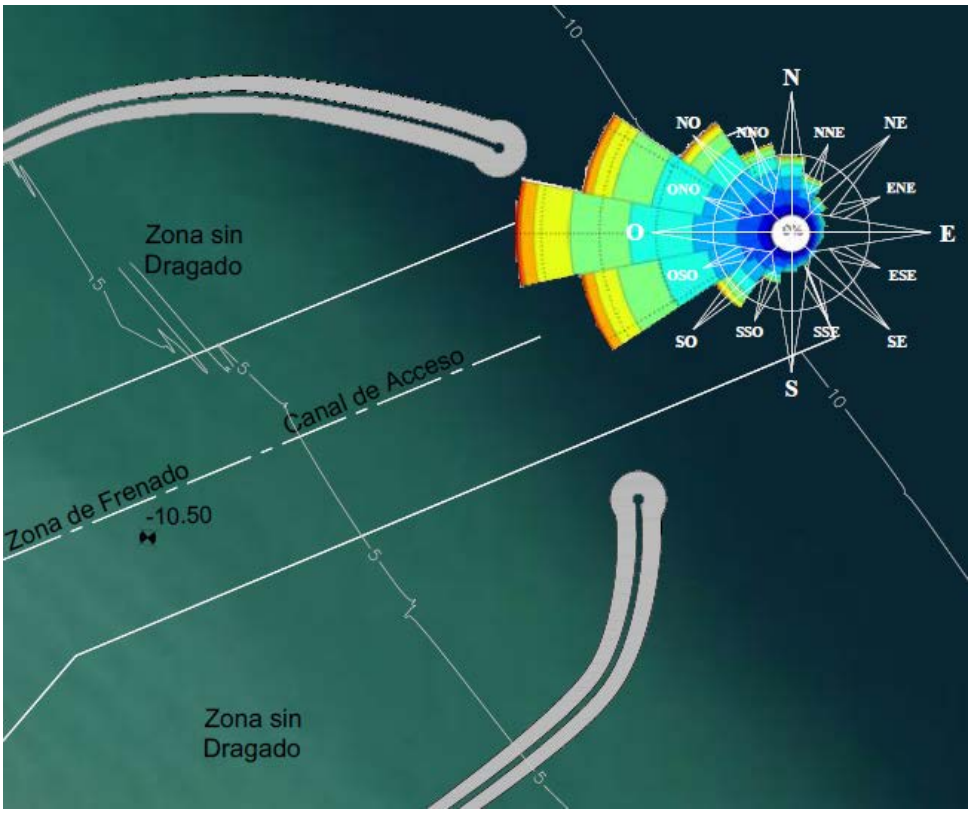


Figura 6: Alineación del canal con los vientos predominantes

5.4 CORRIENTES

En la Figura 5 se observa la alineación del canal con las corrientes locales. Las direcciones predominantes son del SE y NO. En toda la zona rotan ciclónicamente en el sentido de las agujas del reloj, dándose las máximas en las direcciones antes mencionadas. La velocidad media hacia el SE es de 0,42 m/s, mientras que la velocidad media de la corriente hacia el NO es de 0,28 m/s. El 3,5 % del tiempo se tienen velocidades superiores a 0,7 m/s.

Como se observa, las corrientes predominantes inciden de manera perpendicular al eje del canal de acceso.

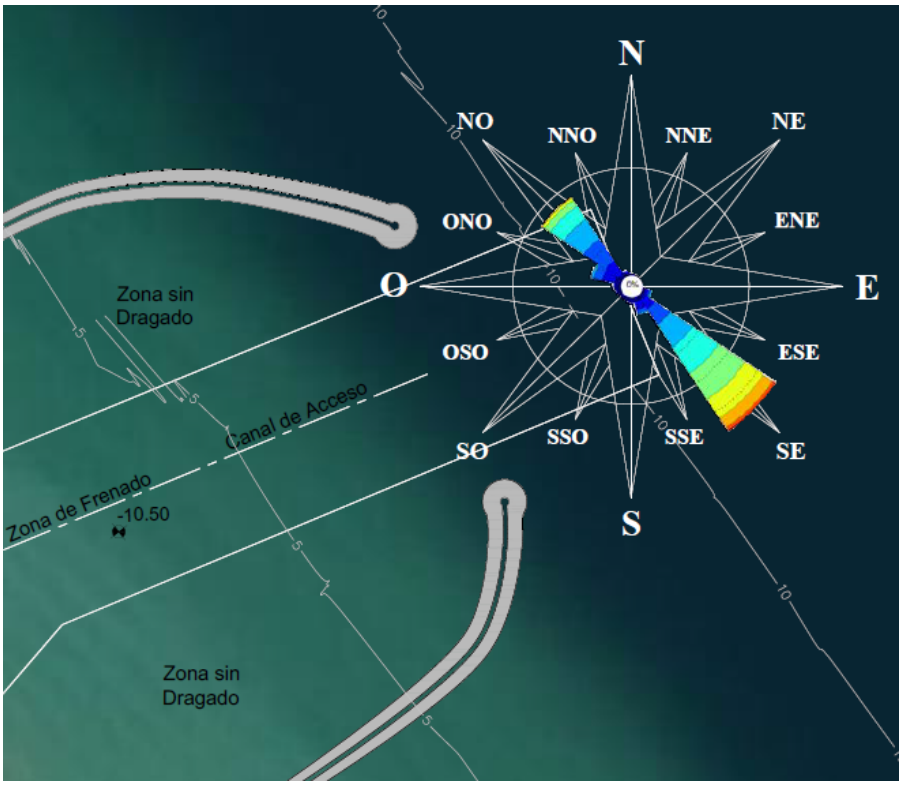


Figura 7: Alineación del canal con las corrientes

6 LÍMITES OPERATIVOS

Las recomendaciones ROM en su edición 2.0-11 adopta en su tabla 3.2.1.3, para maniobras de atraque a muelles (de cualquier tipología) un valor máximo de velocidad de viento de 17 m/s en sentido longitudinal al muelle y de 10 m/s en sentido transversal. En cuanto a la corriente, una velocidad máxima longitudinal de 1 m/s y una transversal de 0,1 m/s, y oleaje de 2 m de altura en sentido longitudinal y de 1,5 m de altura en sentido transversal.

7 COTA DE SOLERA DE LAS ÁREAS NÁUTICAS

Para la primera etapa de operación se considera el calado del buque feeder de 10,5 m. La cota de solera del canal de acceso y de la zona de giro, se ha definido en -8 m, en combinación con una pleamar de cuadraturas de 6 m respecto al cero local de Caleta La Misión que resulta superada el 100% de las pleamares como se observa en el histograma de pleamares de la Tabla 3. Esto implica que el ingreso y egreso se realizará utilizando las ventanas de marea. Hay que mencionar que entre el pico de cada pleamar se tiene un tiempo aproximado de 12,58 hs.

De esta manera, se tiene una revancha bajo quilla de 3,5 m destinada a absorber los movimientos verticales del buque por la incidencia del oleaje. De esta manera la relación profundidad / calado para una navegación con el buque a plena carga toma un valor de 1,33, lo cual se considera adecuado en esta etapa del diseño.

En cuanto a la profundidad a pie de muelle, se debe generar una dársena de mayor profundidad para permitir que el buque permanezca amarrado aún en bajamar. Para el sitio de atraque del buque feeder se ha adoptado una profundidad de 12 m al cero del SHN, de esta manera se tiene una revancha bajo quilla de 1,5 m.

8 ALINEACIÓN DEL EJE DEL CANAL

El eje del canal presenta una alineación con el ENE (68° respecto al norte).

Se ha procurado que el canal de acceso no se encuentre alineado en su totalidad con el oleaje predominante del NE, buscando que el oleaje de mayor frecuencia no ingrese directamente por el canal. De igual manera, los vientos predominantes del oeste incidirán con una componente preponderantemente longitudinal al eje del buque, existiendo componentes puramente transversales, pero de menor frecuencia de ocurrencia. En cuanto a las corrientes las mismas inciden de manera totalmente transversal al eje del canal.

Hay que mencionar que toda la longitud del canal de acceso dragado a -8 m queda protegido por las obras de abrigo, lo que hará que no se tengan efectos de corriente y que el oleaje transversal incidente disminuya.

El canal será de una sola vía y totalmente recto hasta la zona de maniobras interna.

9 ANCHO DEL CANAL

Teniendo en cuenta las condiciones medioambientales descriptas en el punto 5 y las características del buque feeder (primera etapa), se aplicarán las metodologías deterministas recomendadas en la bibliografía internacional para calcular el ancho de solera necesario. Se aplicarán las metodologías recomendadas por PIANC (Report N° 121-2014 “ Harbour Approach Channels Design Guidelines”), y ROM 3.1-99.

9.1 MÉTODO PIANC

El método PIANC basa la elección de sus principales parámetros incidentes en el ancho del canal, en la velocidad de navegación del buque. Esta velocidad deberá ser la mínima tal que permita mantener la maniobrabilidad del buque para enfrentar las condiciones meteorológicas reinantes durante su acceso / egreso, y por otro lado la máxima que permita el frenado dentro del recinto portuario y la toma de los remolcadores que lo acompañen hasta la zona de maniobras. Para esta instancia del proyecto y a fin de dimensionar preliminarmente el ancho del canal, se adoptará una velocidad de navegación de 8 nudos.

Maniobrabilidad básica	Moderada	1,5	B
Estado de carga:	Lastre	6	m

Factor a analizar	**Canal interior**	**Parámetro**
Velocidad del buque	0 B	Velocidad del buque 8 a 12kts
Viento transversal	0,4 B	15 ≤ vcw< 33 nudos
Corriente transversal	0 B	Corriente nula en el interior
Corriente longitudinal	0 B	Velocidad baja
Oleaje	1 B	Hs≥ 3m
AtoN	0,4 B	Moderada
Superficie del lecho	0 B	Profundidad > 1,50·Calado
Profundidad	0 B	Profundidad > 1,50·Calado
Riesgo por carga	0 B	
Succión de márgen		
Veril izquierdo	0,5 B	Talud con pendiente suave
Veril derecho	0,5 B	Talud con pendiente suave
Total	**4,3 B**	

Tabla 4: Cálculo del ancho del canal con buque en lastre

Maniobrabilidad básica	Moderada	1,5	B
Estado de carga:	Lastre	10,5	m

Factor a analizar	**Canal interior**	**Parámetro**
Velocidad del buque	0 B	Velocidad del buque 8 a 12kts
Viento transversal	0,4 B	15 ≤ vcw< 33 nudos
Corriente transversal	0 B	Corriente nula en el interior
Corriente longitudinal	0 B	Velocidad baja
Oleaje	1 B	Hs≥ 3m
AtoN	0,4 B	Moderada
Superficie del lecho	0,2 B	Profundidad < 1,50·Calado (fondo duro)
Profundidad	0,2 B	H<1,25 T (14/10,5=1,33)
Riesgo por carga	0 B	
Succión de márgen		
Veril izquierdo	0,5 B	Talud con pendiente suave
Veril derecho	0,5 B	Talud con pendiente suave
Total	**4,7 B**	

Tabla 5: Cálculo del ancho del canal con el buque cargado.

De acuerdo a la estadística de velocidades de viento, los vientos puramente transversales (NNO y SSE) son de muy baja frecuencia. El resto de las direcciones con componentes preponderantemente transversales presentan velocidades de entre 4 y 14 m/s. De manera global, el porcentaje de tiempo en que se superan vientos de 33 nudos de velocidad (16,8 m/s) es de 1,23%. Por este motivo se adopta este rango para la determinación del sobreancho.

Se presenta a continuación un resumen de los resultados, aplicando los coeficientes obtenidos a la manga del buque feeder (28 m):

Tramo y situación de carga del buque	Ancho necesario
Canal interior lastre	120
Canal interior cargado	135

Tabla 6: Anchos de canal calculados para el buque feeder.

9.2 MÉTODO DE ROM 3.1-99

A diferencia del método PIANC, que define rangos de oleaje, velocidades de viento y de corriente para definir los sobreanchos correspondientes, este método evalúa escenarios específicos de intensidades (en el caso de corriente y viento), de alturas de oleaje y ángulos de incidencia, que producen diferentes ángulos de deriva según sea el caso. Estos ángulos de deriva luego se suman, para de esta manera calcular el sobreancho requerido para una combinación específica de oleaje, viento y corrientes, entre otros factores operativos que considera el método, como por ejemplo el método para determinar el posicionamiento del buque, el tipo de balizamiento, entre otros. Por esto, resulta conveniente definir la combinación de cada uno de estos factores en escenarios posibles y reales bajo los cuales se realizará la navegación. Para este análisis, se determinan los siguientes escenarios:

Escenario	Condición	Intensidad / altura	Dirección	Ángulo inc.
E1	Viento	20 nudos	ONO	45°
	Corriente	0,5 nudos	O	0°
	Oleaje	2m	NNE	45°
E2	Viento	22 nudos	SSE / NNO	90°
	Corriente	0,5 nudos	O	0°
	Oleaje	2 m	NNE	45°
E3	Viento	24 nudos	SSE / NNO	90°
	Corriente	1 nudo	O	0°
	Oleaje	2 m	NNE	90°

Tabla 7: Escenarios adoptados para el análisis

Los escenarios 1 y 2 se consideran condiciones medias de operación, mientras que el escenario E3 se considera una condición extrema.

A continuación, se calculan los anchos resultantes para cada uno de los tres escenarios.

Ancho total	Bt = Bn + Br					175,84	m
Ancho nominal	Bn = B + bd + 2(be + br+ bb) + (rhsm + rhsd)i + (rhsm + rhsd)d					175,83	m
B	Manga máxima					28	m
bd	Sobreancho de la senda del buque	bd = Lpp ⍰ sen β				27,29	m
Lpp	Eslora entre perpendiculares					164	m
β	Ángulo de deriva	β = βviento + βcorrientes + βoleaje				9,58	°
Deriva por la acción del viento		Viento actuando a 45°					
βviento	arcsen (Kv.Cv .Vvr .sen αvr/Vr)		arcsen	0,080		4,59	°
							°
	αvr	Ángulo de incidencia				45	(ONO)
	h/D	Relación Profundidad/calado			14/6	2,33	
	Kv	Coeficiente forma del buque				0,02556	
	Cv	(ALV/ALC)^0,5				1,768	
	ALV	Área long. Expuesta viento				2710	m2
	ALC	Área long. Sumergida				867	m2
	Vvr	Vel. Relativa del viento				20	nudos
	Vr	Vel. Relativa del buque				8	nudos
Deriva por la acción de la corriente							
βcorrientes	$\beta = arctg \frac{V_c \cdot sen\,\alpha_{cv}}{V + V_c \cdot \cos\,\alpha_{cv}}$		arctg	0		0	°
	Vc	Vel. Absoluta de la corriente				0,5	nudo
	V	Vel. Absoluta del buque				8	nudos
	αcv	Ángulo corriente-buque				0	°
Deriva por la acción del oleaje		Oleaje actuando a 45°					
βoleaje	$\beta = arcsen\left[K_w \cdot \left(\frac{g}{D}\right)^{0.5} \cdot \frac{H_s}{V_r}\right]$		arcsen	0,087		4,99	°
	Kw	Coef. Forma del casco				0,13877	
	g	Gravedad				9,81	m/s2
	D	Calado del buque				6	m
							m
	Hs	Altura de ola				2	(NNE)
	Vr	Vel. Relativa del buque				4	m/s
be	Sobreancho por posicionamiento					19,6	m
br	Sobreancho para respuesta	(1,50 - Emax) · bro				4,2	m
	Emax					0,5	
bro	Sobreancho para respuesta		0,15	B		4,2	m
bb	Sobreancho por error de balizamiento					19,6	m
(rsm+rhsd)i	Sobreancho por márgenes		0,6	B		16,8	m
(rsm+rhsd)d	Sobreancho por márgenes		0,6	B		16,8	m
Br	Sobreancho por reserva de inestabilidad de los taludes					0	m

Tabla 8: Escenario E1 – Buque en lastre

Ancho total	Bt = Bn + Br	167,00	m

Ancho nominal	Bn = B + bd + 2(be + br+ bb) + (rhsm + rhsd)i + (rhsm + rhsd)d				166,25	m
B	Manga máxima				28	m
bd	Sobreancho de la senda del buque	bd = Lpp ⍰ sen β			17,71	m
Lpp	Eslora entre perpendiculares				164	m
β	Ángulo de deriva	β = βviento + βcorrientes + βoleaje			6,2	°
Deriva por la acción del viento		Viento actuando a 45°				
βviento	arcsen (Kv.Cv .Vvr .sen αvr/Vr)		arcsen	0,054	3,1	°
						°
	αvr	Ángulo de incidencia			45	(ONO)
	h/D	Relación Profundidad/calado		14/10,5	1,33	
	Kv	Coeficiente forma del buque			0,02113	
	Cv	(ALV/ALC)^0,5			1,453	
	ALV	Área long. Expuesta viento			2910	m2
	ALC	Área long. Sumergida			1379	m2
	Vvr	Vel. Relativa del viento			20	nudos
	Vr	Vel. Relativa del buque			8	nudos
Deriva por la acción de la corriente						
βcorrientes	$\beta = arctg \frac{V_c \cdot sen\,\alpha_{cv}}{V + V_c \cdot \cos\alpha_{cv}}$		arctg	0	0	°
	Vc	Vel. Absoluta de la corriente			0,5	nudo
	V	Vel. Absoluta del buque			8	nudos
	αcv	Ángulo corriente-buque			0	°
Deriva por la acción del oleaje		Oleaje actuando a 45°				
βoleaje	$\beta = arcsen\left[K_w \cdot \left(\frac{g}{D}\right)^{0.5} \cdot \frac{H_s}{V_r}\right]$		arcsen	0,054	3,1	°
	Kw	Coef. Forma del casco			0,11477	
	g	Gravedad			9,81	m/s2
	D	Calado del buque			10,5	m
						m
	Hs	Altura de ola			2	(NNE)
	Vr	Vel. Relativa del buque			4	m/s
be	Sobreancho por posicionamiento				19,6	m
br	Sobreancho para respuesta	(1,50 - Emax) · bro			4,2	m
	Emax				0,5	
bro	Sobreancho para respuesta		0,15	B	4,2	m
bb	Sobreancho por error de balizamiento				19,6	m
(rsm+rhsd)i	Sobreancho por márgenes		0,6	B	16,8	m
(rsm+rhsd)d	Sobreancho por márgenes		0,6	B	16,8	m
Br	Sobreancho por reserva de inestabilidad de los taludes				0	m

Tabla 9: Escenario E1 – Buque cargado

Ancho total	Bt = Bn + Br	180,00	m

Ancho nominal	Bn = B + bd + 2(be + br+ bb) + (rhsm + rhsd)i + (rhsm + rhsd)d				179,72	m
B	Manga máxima				28	m
bd	Sobreancho de la senda del buque	bd = Lpp ⍰ sen β			31,18	m
Lpp	Eslora entre perpendiculares				164	m
β	Ángulo de deriva	β = βviento + βcorrientes + βoleaje			10,96	°
Deriva por la acción del viento		Viento actuando a 90°				
βviento	arcsen (Kv.Cv .Vvr .sen αvr/Vr)		arcsen	0,104	5,97	°
	αvr	Ángulo de incidencia			90	° (SSE)
	h/D	Relación Profundidad/calado		14/6	2,33	
	Kv	Coeficiente forma del buque			0,02130	
	Cv	(ALV/ALC)^0,5			1,768	
	ALV	Área long. Expuesta viento			2710	m2
	ALC	Área long. Sumergida			867	m2
	Vvr	Vel. Relativa del viento			22	nudos
	Vr	Vel. Relativa del buque			8	nudos
Deriva por la acción de la corriente						
βcorrientes	$\beta = arctg \frac{V_c \cdot sen\,\alpha_{cv}}{V + V_c \cdot cos\,\alpha_{cv}}$		arctg	0	0	°
	Vc	Vel. Absoluta de la corriente		0,51 m/s	0,5	nudo
	V	Vel. Absoluta del buque			8	nudos
	αcv	Ángulo corriente-buque			0	°
Deriva por la acción del oleaje		Oleaje actuando a 45°				
βoleaje	$\beta = arcsen\left[K_w \cdot \left(\frac{g}{D}\right)^{0.5} \cdot \frac{H_s}{V_r}\right]$		arcsen	0,087	4,99	°
	Kw	Coef. Forma del casco			0,13877	
	g	Gravedad			9,81	m/s2
	D	Calado del buque			6	m
	Hs	Altura de ola			2	m (SSE)
	Vr	Vel. Relativa del buque			4	m/s
be	Sobreancho por posicionamiento				19,6	m
br	Sobreancho para respuesta	(1,50 - Emax) · bro			4,2	m
	Emax				0,5	
bro	Sobreancho para respuesta		0,15	B	4,2	m
bb	Sobreancho por error de balizamiento				19,6	m
(rsm+rhsd)i	Sobreancho por márgenes		0,6	B	16,8	m
(rsm+rhsd)d	Sobreancho por márgenes		0,6	B	16,8	m
Br	Sobreancho por reserva de inestabilidad de los taludes				0	m

Tabla 10: Escenario E2 – Buque en lastre

Ancho total	Bt = Bn + Br	170,00	m

Ancho nominal	Bn = B + bd + 2(be + br+ bb) + (rhsm + rhsd)i + (rhsm + rhsd)d				169,01	m
B	Manga máxima				28	m
bd	Sobreancho de la senda del buque	bd = Lpp ⍰ sen β			20,47	m
Lpp	Eslora entre perpendiculares				164	m
β	Ángulo de deriva	β = βviento + βcorrientes + βoleaje			7,17	°
<u>Deriva por la acción del viento</u>		Viento actuando a 90°				
βviento	arcsen (Kv.Cv .Vvr .sen αvr/Vr)		arcsen	0,071	4,07	°
	αvr	Ángulo de incidencia			90	° (SSE)
	h/D	Relación Profundidad/calado		14/10,5	1,33	
	Kv	Coeficiente forma del buque			0,01767	
	Cv	(ALV/ALC)^0,5			1,453	
	ALV	Área long. Expuesta viento			2910	m2
	ALC	Área long. Sumergida			1379	m2
	Vvr	Vel. Relativa del viento			22	nudos
	Vr	Vel. Relativa del buque			8	nudos
<u>Deriva por la acción de la corriente</u>						
βcorrientes	$\beta = arctg \frac{V_c \cdot sen\ \alpha_{cv}}{V + V_c \cdot cos\ \alpha_{cv}}$		arctg	0	0	°
	Vc	Vel. Absoluta de la corriente		0,51 m/s	0	nudo
	V	Vel. Absoluta del buque			8	nudos
	αcv	Ángulo corriente-buque			90	°
<u>Deriva por la acción del oleaje</u>		Oleaje actuando a 45°				
βoleaje	$\beta = arcsen \left[K_w \cdot \left(\frac{g}{D} \right)^{0.5} \cdot \frac{H_s}{V_r} \right]$		arcsen	0,054	3,1	°
	Kw	Coef. Forma del casco			0,11477	
	g	Gravedad			9,81	m/s2
	D	Calado del buque			10,5	m
	Hs	Altura de ola			2	m (SSE)
	Vr	Vel. Relativa del buque			4	m/s
be	Sobreancho por posicionamiento				19,6	m
br	Sobreancho para respuesta	(1,50 - Emax) · bro			4,2	m
	Emax				0,5	
bro	Sobreancho para respuesta		0,15	B	4,2	m
bb	Sobreancho por error de balizamiento				19,6	m
(rsm+rhsd)i	Sobreancho por márgenes		0,6	B	16,8	m
(rsm+rhsd)d	Sobreancho por márgenes		0,6	B	16,8	m
Br	Sobreancho por reserva de inestabilidad de los taludes				0	m

Tabla 11: Escenario E2 – Buque cargado

Ancho total	Bt = Bn + Br	182,00	m
Ancho nominal	Bn = B + bd + 2(be + br+ bb) + (rhsm + rhsd)i + (rhsm + rhsd)d	181,18	m

B	Manga máxima					28	m
bd	Sobreancho de la senda del buque	bd = Lpp ⍰ sen β				32,64	m
Lpp	Eslora entre perpendiculares					164	m
β	Ángulo de deriva	β = βviento + βcorrientes + βoleaje				11,48	°
Deriva por la acción del viento		Viento actuando a 90°					
βviento	arcsen (Kv.Cv .Vvr .sen αvr/Vr)		arcsen	0,113		6,49	°
	αvr	Ángulo de incidencia				90	° (SSE)
	h/D	Relación Profundidad/calado			14/6	2,33	
	Kv	Coeficiente forma del buque				0,02130	
	Cv	(ALV/ALC)^0,5				1,768	
	ALV	Área long. Expuesta viento				2710	m2
	ALC	Área long. Sumergida				867	m2
	Vvr	Vel. Relativa del viento				24	nudos
	Vr	Vel. Relativa del buque				8	nudos
Deriva por la acción de la corriente							
βcorrientes	$\beta = arctg \frac{V_c \cdot sen\,\alpha_{cv}}{V + V_c \cdot \cos\,\alpha_{cv}}$		arctg	0		0	°
	Vc	Vel. Absoluta de la corriente		0,51 m/s		0,5	nudo
	V	Vel. Absoluta del buque				8	nudos
	αcv	Ángulo corriente-buque				0	°
Deriva por la acción del oleaje		Oleaje actuando a 45°					
βoleaje	$\beta = arcsen\left[K_w \cdot \left(\frac{g}{D}\right)^{0.5} \cdot \frac{H_s}{V_r}\right]$		arcsen	0,087		4,99	°
	Kw	Coef. Forma del casco				0,13877	
	g	Gravedad				9,81	m/s2
	D	Calado del buque				6	m
							m
	Hs	Altura de ola				2	(NNE)
	Vr	Vel. Relativa del buque				4	m/s
be	Sobreancho por posicionamiento					19,6	m
br	Sobreancho para respuesta	(1,50 - Emax) · bro				4,2	m
	Emax					0,5	
bro	Sobreancho para respuesta		0,15	B		4,2	m
bb	Sobreancho por error de balizamiento					19,6	m
(rsm+rhsd)i	Sobreancho por márgenes		0,6	B		16,8	m
(rsm+rhsd)d	Sobreancho por márgenes		0,6	B		16,8	m
Br	Sobreancho por reserva de inestabilidad de los taludes					0	m

Tabla 12: Escenario E3 – Buque en lastre

Ancho total	Bt = Bn + Br	171,00	m

Ancho nominal	Bn = B + bd + 2(be + br+ bb) + (rhsm + rhsd)i + (rhsm + rhsd)d				170,00	m
B	Manga máxima				28	m
bd	Sobreancho de la senda del buque	bd = Lpp ⍰ sen β			21,46	m
Lpp	Eslora entre perpendiculares				164	m
β	Ángulo de deriva	β = βviento + βcorrientes + βoleaje			7,52	°
Deriva por la acción del viento		Viento actuando a 90°				
βviento	arcsen (Kv.Cv .Vvr .sen αvr/Vr)		arcsen	0,077	4,42	°
	αvr	Ángulo de incidencia			90	° (SSE)
	h/D	Relación Profundidad/calado		14/10,5	1,33	
	Kv	Coeficiente forma del buque			0,01767	
	Cv	(ALV/ALC)^0,5			1,453	
	ALV	Área long. Expuesta viento			2910	m2
	ALC	Área long. Sumergida			1379	m2
	Vvr	Vel. Relativa del viento			24	nudos
	Vr	Vel. Relativa del buque			8	nudos
Deriva por la acción de la corriente						
βcorrientes	$\beta = arctg \frac{V_c \cdot sen\ \alpha_{cv}}{V + V_c \cdot \cos \alpha_{cv}}$		arctg	0	0	°
	Vc	Vel. Absoluta de la corriente		0,51 m/s	0,5	nudo
	V	Vel. Absoluta del buque			8	nudos
	αcv	Ángulo corriente-buque			0	°
Deriva por la acción del oleaje		Oleaje actuando a 45°				
βoleaje	$\beta = arcsen \left[K_w \cdot \left(\frac{g}{D} \right)^{0.5} \cdot \frac{H_s}{V_r} \right]$		arcsen	0,054	3,1	°
	Kw	Coef. Forma del casco			0,11477	
	g	Gravedad			9,81	m/s2
	D	Calado del buque			10,5	m
	Hs	Altura de ola			2	m (NNE)
	Vr	Vel. Relativa del buque			4	m/s
be	Sobreancho por posicionamiento				19,6	m
br	Sobreancho para respuesta	(1,50 - Emax) · bro			4,2	m
	Emax				0,5	
bro	Sobreancho para respuesta		0,15	B	4,2	m
bb	Sobreancho por error de balizamiento				19,6	m
(rsm+rhsd)i	Sobreancho por márgenes		0,6	B	16,8	m
(rsm+rhsd)d	Sobreancho por márgenes		0,6	B	16,8	m
Br	Sobreancho por reserva de inestabilidad de los taludes				0	m

Tabla 13: Escenario E3 – Buque cargado

A continuación, se incluye un resumen de los anchos resultantes bajo cada uno de los escenarios analizados:

Escenario	Condición	Intensidad / altura	Dirección	Ángulo inc.	Ancho (en lastre)	Ancho (cargado)
E1	Viento	20 nudos	ONO	45°	176	167
	Corriente	-	-	-		
	Oleaje	2m	NNE	45°		
E2	Viento	22 nudos	SSE / NNO	90°	180	170
	Corriente	-	-	-		
	Oleaje	2 m	NNE	45°		
E3	Viento	24 nudos	SSE / NNO	90°	182	171
	Corriente	-	-	-		
	Oleaje	2m	NNE	45°		

Tabla 14: Resumen de resultados – Aplicación Método ROM 3.1-99

9.3 RESUMEN DE RESULTADOS

La aplicación del método PIANC arrojó como resultado que el canal debe tener un ancho mínimo de 135 m.

Por su parte, la aplicación del método de la ROM resultó en un ancho de canal de 170 m en promedio para los escenarios 1 y 2: condiciones normales de operación con vientos entre 20 y 22 nudos, corriente en sentido longitudinal al buque de 0,5 nudos y oleaje incidiendo a 90° con una altura de 2 m, actuando en simultáneo. El escenario E3 analizado corresponde a un extremo, en donde se tiene un viento extremo de 24 nudos, corriente de 1 nudo longitudinal al buque y oleaje de 2 m, actuando de manera perpendicular. Bajo estas condiciones, el ancho necesario aumenta a aproximadamente 180 m.

Como conclusión, se ha adoptado para el layout conceptual un ancho de solera de 160 m, correspondiente con un escenario medio de operación, de manera de no sobredimensionar los espacios náuticos considerando escenarios extremos bajo los cuales no se realizará la navegación. Este ancho corresponde a 5,7 veces la manga de la embarcación de diseño.

El área fuera del ancho navegable no será dragado, con el objetivo de que el oleaje sea afectado por las bajas profundidades y disipe energía.

Estos cálculos deberán ser validados en las sucesivas etapas del proyecto, primero mediante la realización de simulaciones en tiempo rápido bajo el layout propuesto y con los buques de diseño descriptos en el punto 2, y en segunda instancia mediante la realización de simulaciones en tiempo real, que permiten tener en cuenta el factor humano en las maniobras de ingreso y egreso. De este análisis podrán surgir ajustes, de acuerdo a la trayectoria que siga el buque bajo las acciones combinadas de viento, corriente y oleaje. Asimismo, la realización de las simulaciones permite tener en cuenta la incidencia del uso de remolcadores para la navegación de ingreso y egreso, determinar los límites operativos y definir la capacidad de tiro de los mismos y la cantidad necesaria.

10 DISTANCIA DE FRENADO

Los buques de gran porte como los que se analizan en este proyecto, durante la navegación en aguas restringidas pierden significativamente el control del rumbo y se vuelven más lentos a la hora de responder a un cambio de trayectoria. Mientras no tengan un control eficaz de los remolcadores, necesitan mantener una cierta velocidad mínima para asegurar el suficiente control de timón. Por este motivo, se hace necesario considerar una distancia de frenado suficiente antes de que el buque ingrese a la zona de maniobras ubicada al final del tramo navegable.

Esta distancia, en zonas sin presencia de corrientes, dependerá de la velocidad de entrada del buque y del tiempo requerido para que los remolcadores lo tomen de manera efectiva y controlen su trayectoria. Hay que considerar que, durante la navegación por el tramo exterior del canal, mientras el buque está sometido al oleaje y corrientes externos necesita mantener una velocidad mínima con la cual hacer frente a estos efectos y mantenerse dentro del ancho navegable. Esta velocidad mínima necesaria se determinará con la realización de las maniobras de simulación.

El tiempo requerido para amarrar remolcadores depende de la experiencia de las tripulaciones y las condiciones ambientales. En circunstancias normales, esto puede llevar 5 a 20 minutos. Si un barco se mueve demasiado rápido o si las olas son demasiado altas, los remolcadores no pueden colocarse en posición y tomar el buque en condiciones de seguridad aceptables. La velocidad límite suele ser de 5 a 6 nudos y la altura de ola límite está en el rango de Hs = 1,5 a 3,0 m, dependiendo del remolcador, la destreza de las tripulaciones y la posibilidad de amarrar por el lado de sotavento del buque (PIANC N°121 – 2014).

Bajo estas condiciones, se ha previsto en el diseño una distancia de 1120 m para la zona de toma de remolques y frenado previo ingreso a la zona de giro. Esto equivale a 6,5 esloras del buque feeder y a 3,8 esloras del buque Panamax. Habitualmente, en etapa de prediseño se suele considerar una longitud de entre 3 y 4 esloras como distancia segura de frenado. En este caso la longitud determinante es la necesaria para el buque Panamax.

11 ZONA DE GIRO

La zona de giro se ha dimensionado de acuerdo a lo recomendado en el punto 8.6.4 de la ROM 3.1-99, para una maniobra con ayuda de remolcadores y para el buque feeder, de acuerdo a la metodología que se describe a continuación. En futuras etapas del proyecto, para la operación de buques más grandes deberá plantearse su ampliación, al igual que el ensanche y la profundización del canal de acceso.

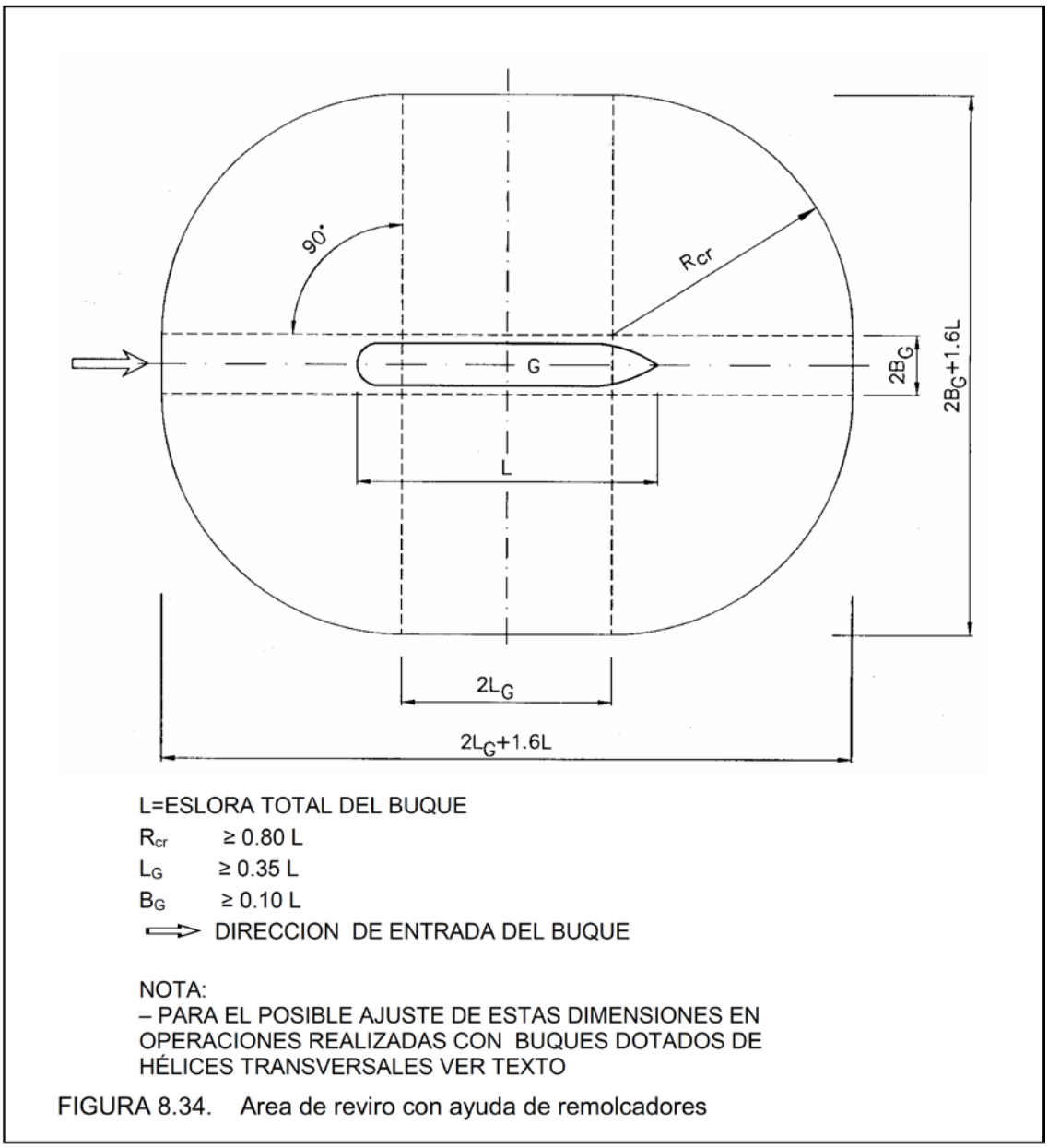


Figura 8: Dimensionado de la zona de giro

Para las dimensiones del buque feeder, los parámetros resultan:

BG	0.10 * E	17,20	m
LG	0.35 * E	60,20	m
Rcr	0.80 * E	137,60	m
2LG		120,40	m
2BG		34,40	m
1.6*E		275,2	m

		Calculado	Adoptado
DIAMETRO 1	2LG + 1.6*E	395,60	400
DIAMETRO 2	2BG + 1.6*E	309,60	310

Tabla 15: Dimensiones de la zona de giro

12 DIMENSIONADO DE LA DÁRSENA

Para el dimensionado de las dársenas de atraque, se tendrá en cuenta que a futuro se ubicarán sitios de atraque a ambas bandas del recinto, sin la presencia de buques abarloados, como se observa en la siguiente imagen extraída de la ROM 3.1-99.

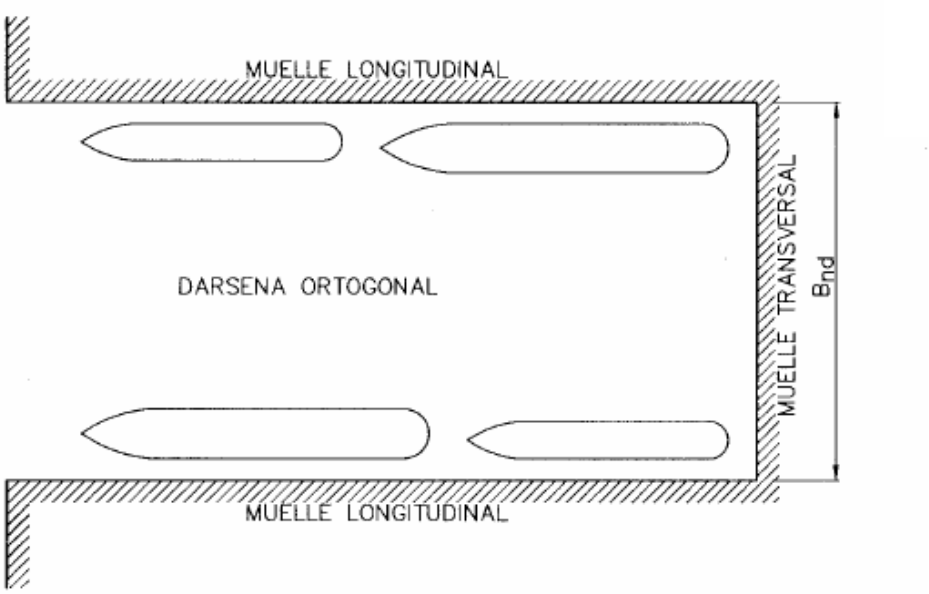


FIGURA 8.50. Anchura de dársenas, alineaciones longitudinales con dos muelles

Figura 9: Ancho de dársenas (ROM 3.1-99).

El ancho de la dársena debe ser el mayor de los siguientes dos resultados:

Ancho de la dársena = 3 Bmax + Lr + 20 m = 175 m (Buque feeder) y 202 m (Buque Panamax)

Ancho de la dársena = 5 Bmax + Lr = 210 m (Buque feeder) y 250 m (Buque Panamax)

Donde B max es la manga máxima del buque a operar, y Lr es la suma de la eslora total del remolcador y de la proyección horizontal del cable del remolque, correspondiente al remolcador necesario para los mayores Buques de Proyecto que puedan operar en cualquiera de los puestos de atraque de la dársena. Se determina de acuerdo al desplazamiento del buque, según lo recomendado en la ROM:

Desplazamiento del buque (t)	Lr (m)
Hasta 5.000	45
Mayor de 5.000 y hasta 10.000	46-50
Mayor de 10.000 y hasta 30.000	51-60
Mayor de 30.000 y hasta 60.000	61-70
Mayor de 60.000	71-85

Tabla 16: Determinación de Lr en función del desplazamiento del buque

En consecuencia, el ancho de la dársena norte adoptado es de 250 m.

Como consecuencia del desarrollo anterior, se han elaborado los planos del Canal de Acceso y zonas Náuticas – Planta y secciones transversales 22044-PRG-PL-022 y 023, que reflejan el diseño de las áreas analizadas en el presente informe.

Adicionalmente, en futuras instancias del proyecto deberá diseñarse el enfilamiento necesario para el balizamiento sobre el eje del canal de acceso.

ESTUDIOS NÁUTICOS BÁSICOS E INGENIERÍA CONCEPTUAL PUERTO RÍO GRANDE, PROVINCIA DE TIERRA DEL FUEGO



Serman & asociados s.a. Consultora
SOLUCIONES QUE GENERAN CONFIANZA

Mirgor

ESTUDIO DE AGITACIÓN POR OLEAJE EN EL RECINTO PORTUARIO

22044-PRG-IF-004-Rev.B

Noviembre, 2022

Ing. Mauro Campos
Representante Técnico

Lic. Julio Cardini
Esp. en Modelación e Hidrosedimentología

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN 1
2 MODELIZACION MATEMÁTICA DE LA TRANSFORMACIÓN DEL OLEAJE 1
3 ESTADÍSTICAS DE OLEAJE EN EL ÁREA DE MANIOBRA, EL CANAL DE ACCESO Y LAS ZONAS DE ATRAQUE 18
4 RESUMEN 35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Batimetría en pleamar de cuadraturas típica con nivel 7 metros al cero SHN – Layout a futuro 2
Figura 2: Coeficientes de transformación. Oleaje proveniente del Norte. Período 5 segundos– Layout a futuro 3
Figura 3: Coeficientes de transformación. Oleaje proveniente del NNE. Período 5 segundos– Layout a futuro 3
Figura 4: Coeficientes de transformación. Oleaje proveniente del NE. Período 5 segundos– Layout a futuro 4
Figura 5: Coeficientes de transformación. Oleaje proveniente del ENE. Período 5 segundos– Layout a futuro 4
Figura 6: Coeficientes de transformación. Oleaje proveniente del Este. Período 5 segundos– Layout a futuro 5
Figura 7: Coeficientes de transformación. Oleaje proveniente del ESE. Período 5 segundos– Layout a futuro 5
Figura 8: Coeficientes de transformación. Oleaje proveniente del Norte. Período 7 segundos– Layout a futuro 6
Figura 9: Coeficientes de transformación. Oleaje proveniente del NNE. Período 7 segundos– Layout a futuro 6
Figura 10: Coeficientes de transformación. Oleaje proveniente del NE. Período 7 segundos– Layout a futuro 7
Figura 11: Coeficientes de transformación. Oleaje proveniente del ENE. Período 7 segundos– Layout a futuro 7
Figura 12: Coeficientes de transformación. Oleaje proveniente del Este. Período 7 segundos– Layout a futuro 8
Figura 13: Coeficientes de transformación. Oleaje proveniente del ESE. Período 7 segundos– Layout a futuro 8
Figura 14: Coeficientes de transformación. Oleaje proveniente del Norte. Período 9 segundos– Layout a futuro 9
Figura 15: Coeficientes de transformación. Oleaje proveniente del NNE. Período 9 segundos– Layout a futuro 9
Figura 16: Coeficientes de transformación. Oleaje proveniente del NE. Período 9 segundos– Layout a futuro 10

Figura 17: Coeficientes de transformación. Oleaje proveniente del ENE. Período 9 segundos– Layout a futuro.....10
Figura 18: Coeficientes de transformación. Oleaje proveniente del Este. Período 9 segundos– Layout a futuro.....11
Figura 19: Coeficientes de transformación. Oleaje proveniente del ESE. Período 9 segundos– Layout a futuro.....11
Figura 20: Coeficientes de transformación. Oleaje proveniente del Norte. Período 11 segundos– Layout a futuro.....12
Figura 21: Coeficientes de transformación. Oleaje proveniente del NNE. Período 11 segundos– Layout a futuro.....12
Figura 22: Coeficientes de transformación. Oleaje proveniente del NE. Período 11 segundos– Layout a futuro.....13
Figura 23: Coeficientes de transformación. Oleaje proveniente del ENE. Período 11 segundos– Layout a futuro.....13
Figura 24: Coeficientes de transformación. Oleaje proveniente del E. Período 11 segundos– Layout a futuro.....14
Figura 25: Coeficientes de transformación. Oleaje proveniente del ESE. Período 11 segundos– Layout a futuro.....14
Figura 26: Coeficientes de transformación. Oleaje proveniente del Norte. Período 13 segundos– Layout a futuro.....15
Figura 27: Coeficientes de transformación. Oleaje proveniente del NNE. Período 13 segundos– Layout a futuro.....15
Figura 28: Coeficientes de transformación. Oleaje proveniente del NE. Período 13 segundos– Layout a futuro.....16
Figura 29: Coeficientes de transformación. Oleaje proveniente del ENE. Período 13 segundos– Layout a futuro.....16
Figura 30: Coeficientes de transformación. Oleaje proveniente del Este. Período 13 segundos– Layout a futuro.....17
Figura 31: Coeficientes de transformación. Oleaje proveniente del ESE. Período 13 segundos– Layout a futuro.....17
Figura 32: Transectas de coeficiente de transformación. 1: Eje canal y área de Giro. Origen progresivas en el mar - 2: Zona Portacontenedores. Origen progresivas en la costa - 3: Zona Dársena sur (a futuro) . Origen progresivas en la costa.....18
Figura 33: Coeficientes de transformación en el eje del canal. Pleamar de cuadraturas. Período de ola 5 segundos. 19
Figura 34: Coeficientes de transformación – Zona del buque portacontenedores (dársena norte). Pleamar de cuadraturas. Período de ola 5 segundos. 19
Figura 35: Coeficientes de transformación – sitio de atraque en dársena sur. Pleamar de cuadraturas. Período de ola 5 segundos. 20
Figura 36: Coeficientes de transformación en el eje del canal. Pleamar de cuadraturas. Período de ola 7 segundos. 20
Figura 37: Coeficientes de transformación – Zona del buque portacontenedores (dársena norte). Pleamar de cuadraturas. Período de ola 7 segundos. 21

Figura 38: Coeficientes de transformación – Sitio de atraque en dársena sur (a futuro). Pleamar de cuadraturas. Período de ola 7 segundos. 21
Figura 39: Coeficientes de transformación en el eje del canal. Pleamar de cuadraturas. Período de ola 9 segundos. 22
Figura 40: Coeficientes de transformación – Zona del buque portacontenedores (dársena norte). Pleamar de cuadraturas. Período de ola 9 segundos. 22
Figura 41: Coeficientes de transformación – Sitio de atraque en dársena sur (a futuro). Pleamar de cuadraturas. Período de ola 9 segundos. 23
Figura 42: Coeficientes de transformación en el eje del canal. Pleamar de cuadraturas. Período de ola 11 segundos. 23
Figura 43: Coeficientes de transformación – Zona del buque portacontenedores (dársena norte). Pleamar de cuadraturas. Período de ola 11 segundos.....24
Figura 44: Coeficientes de transformación – Sitio de atraque en dársena sur (a futuro). Pleamar de cuadraturas. Período de ola 11 segundos. 24
Figura 45: Coeficientes de transformación en el eje del canal. Pleamar de cuadraturas. Período de ola 13 segundos. 25
Figura 46: Coeficientes de transformación – Zona del buque portacontenedores (dársena norte). Pleamar de cuadraturas. Período de ola 13 segundos.....25
Figura 47: Coeficientes de transformación – Sitio de atraque en dársena sur (a futuro). Pleamar de cuadraturas. Período de ola 13 segundos. 26
Figura 48: Histograma de alturas de ola en la zona del canal que está protegida por las obras de abrigo 29
Figura 49: Diagrama de dispersión de alturas de ola en la zona del canal que está protegida por las obras de abrigo.....29
Figura 50: Histograma de alturas de ola en el área de Maniobras.....31
Figura 51: Diagrama de dispersión de alturas de ola en el área de Maniobras 31
Figura 52: Histograma de alturas de ola en el área de Atraque de buques portacontenedores (Dársena norte).....33
Figura 53: Diagrama de dispersión de alturas de ola en el área de atraque del Portacontenedores (Dársena norte).....33
Figura 54: Histograma de alturas de ola en el futuro sitio de atraque en dársena sur ...34
Figura 55: Diagrama de dispersión de alturas de ola en el futuro sitio de atraque en dársena sur.....35

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Coeficientes de Transformación.....27
Tabla 2 Estadística de olas en la zona del canal que está protegida por las obras de abrigo 28
Tabla 3 Estadística de olas en el Área de Maniobras 30
Tabla 4 Estadística de olas en el Área de atraque del Portacontenedores (Dársena norte).....32
Tabla 5 Estadística de olas en el futuro sitio de atraque en dársena sur.....34

ESTUDIOS NÁUTICOS BÁSICOS E INGENIERÍA CONCEPTUAL PUERTO RIO GRANDE

1 INTRODUCCIÓN

La empresa privada Mirgor, con sedes en Buenos Aires y Río Grande (Tierra del Fuego) y dedicada a la fabricación y distribución de productos tecnológicos (entre otros), ha encarado el estudio de una terminal portuaria al norte de la ciudad de Río Grande. Se trata de un puerto multipropósito ubicado en los predios adquiridos por la empresa, a 25 km de dicha ciudad fueguina. En consecuencia, se realizan los estudios de base para el desarrollo de la ingeniería conceptual de la terminal.

El presente informe tiene el objetivo de caracterizar el oleaje que ingresa al recinto portuario y describir los procesos que sufre desde su ingreso por la boca de acceso con el objeto de validar la ubicación de los sitios de atraque en la dársena norte (primera etapa de operación), y en la futura dársena sur, considerada a largo plazo. La configuración a analizar corresponde a la del layout final de la terminal.

2 MODELIZACION MATEMÁTICA DE LA TRANSFORMACIÓN DEL OLEAJE

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 se basa en resoilver la ecuación de Berkhoff con apropiadas condiciones de borde, permitiendo simular adecuadamente cualquier problema práctico, una vez definida la ola incidente. Para este estudio se utilizó un modelo de propagación del oleaje bidimensional de elementos finitos.

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.

Se implementó el modelo considerando las condiciones de profundidad de diseño y un nivel de pleamar de cuadraturas típico de 7 metros sobre el cero de mareas local, resultando la malla que se presenta en la Figura 1. Los elementos de la malla en el interior del puerto tienen dimensiones del orden de 5 metros.

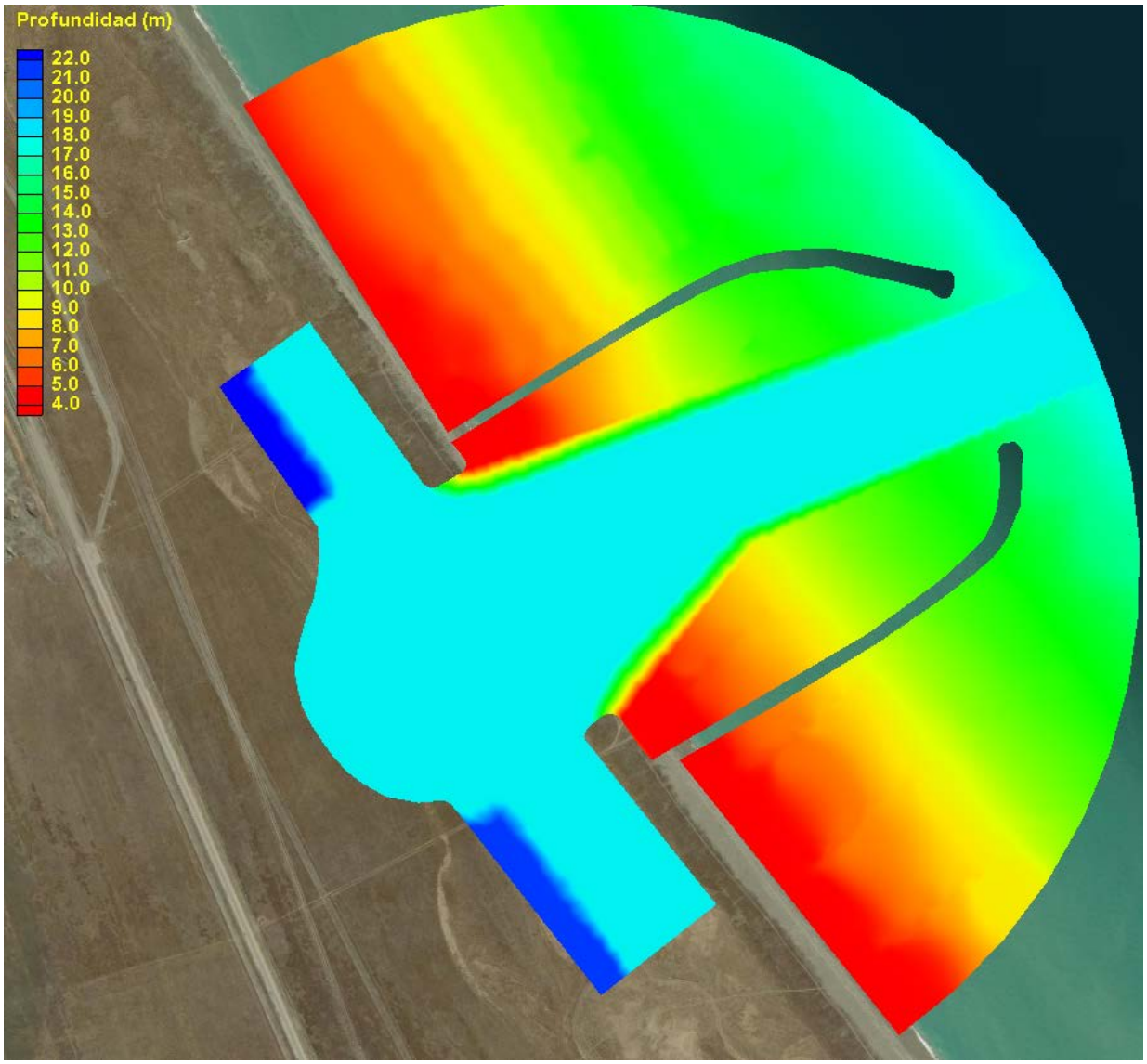


Figura 1: Batimetría en pleamar de cuadraturas típica con nivel 7 metros al cero SHN – Layout a futuro

A continuación se presentan los resultados obtenidos para períodos de 5 a 13 segundos (cada 2 segundos) y direcciones de incidencia desde el Norte hasta el ESE (rosa de 16 direcciones), los cuales permiten obtener coeficientes de transformación entre las alturas de ola frente a la boca portuaria y en el interior del puerto.

Las oscilaciones que se visualizan se deben a las reflexiones del oleaje sobre los contornos sólidos; en particular en forma conservativa se consideró reflejante el paramento exterior de las obras de abrigo (Coeficiente de Reflexión igual a 0,9), parcialmente reflejante los taludes interiores (Coeficiente igual a 0,5).

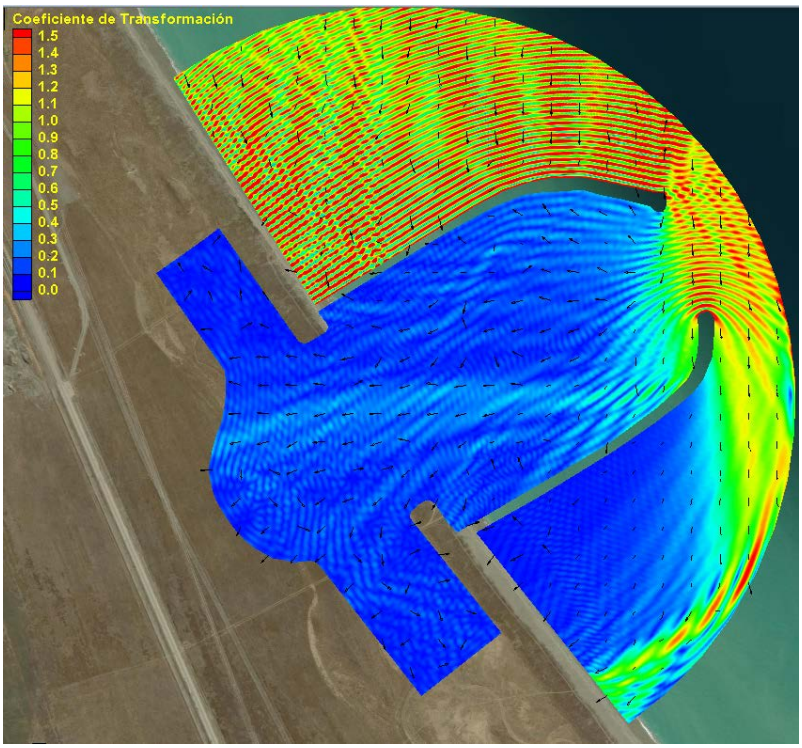


Figura 2: Coeficientes de transformación. Oleaje proveniente del Norte. Período 5 segundos– Layout a futuro

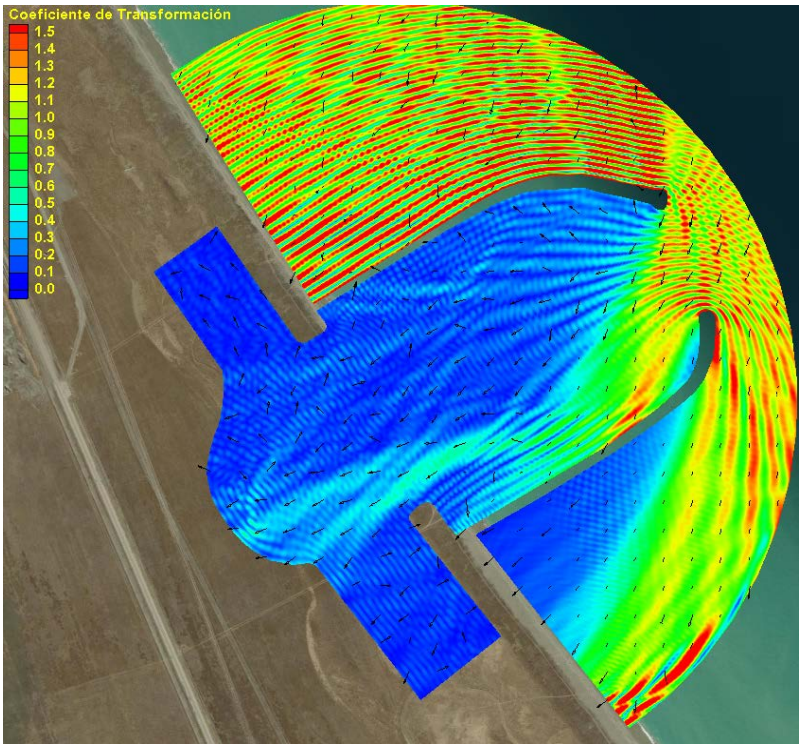


Figura 3: Coeficientes de transformación. Oleaje proveniente del NNE. Período 5 segundos– Layout a futuro

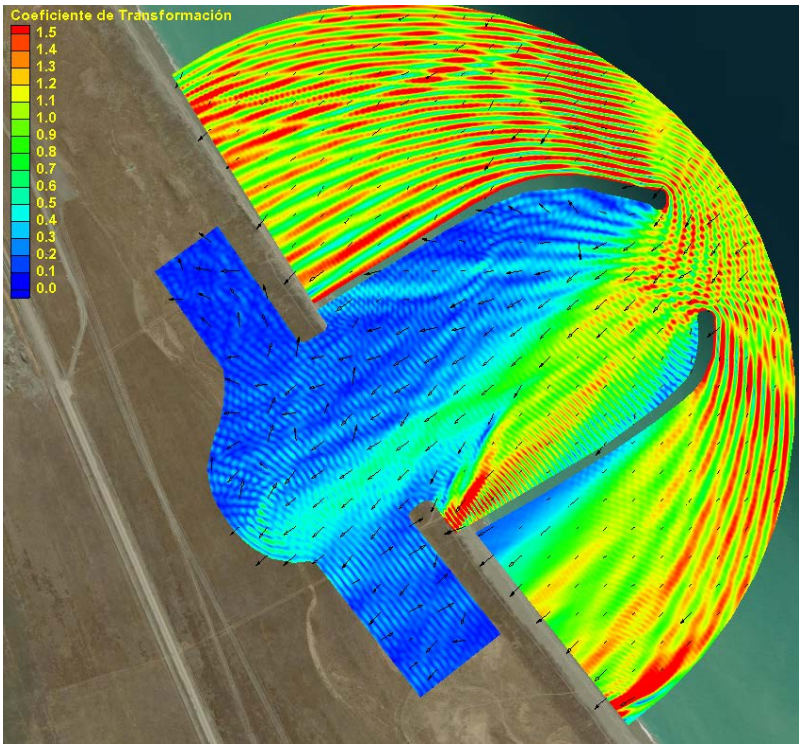


Figura 4: Coeficientes de transformación. Oleaje proveniente del NE. Período 5 segundos– Layout a futuro

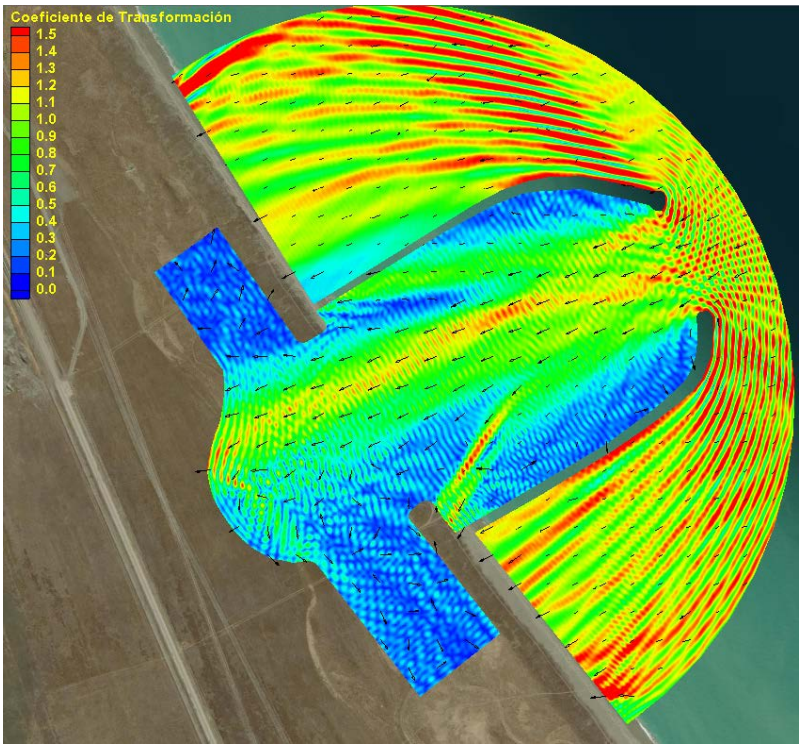


Figura 5: Coeficientes de transformación. Oleaje proveniente del ENE. Período 5 segundos– Layout a futuro

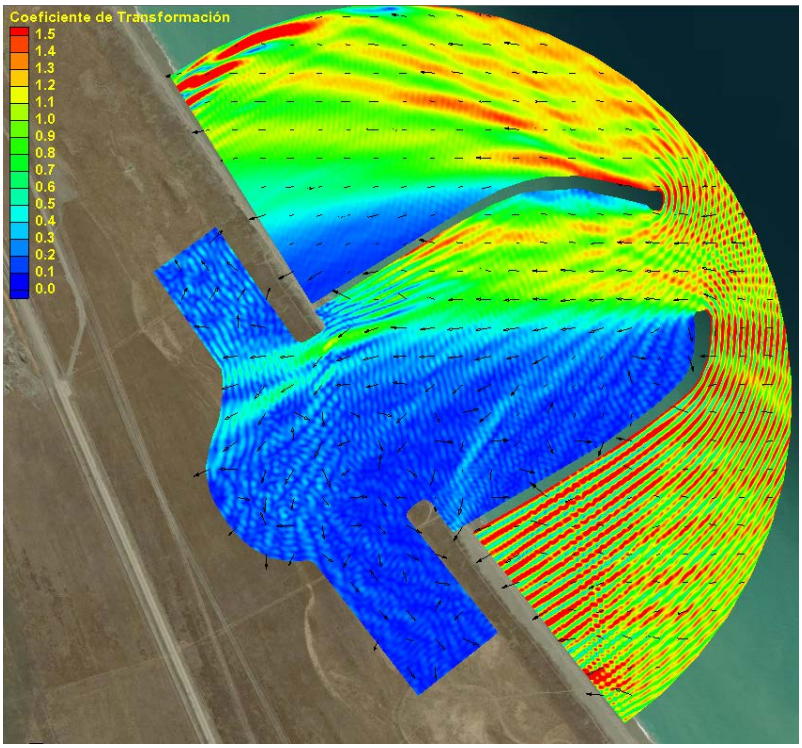


Figura 6: Coeficientes de transformación. Oleaje proveniente del Este. Período 5 segundos– Layout a futuro

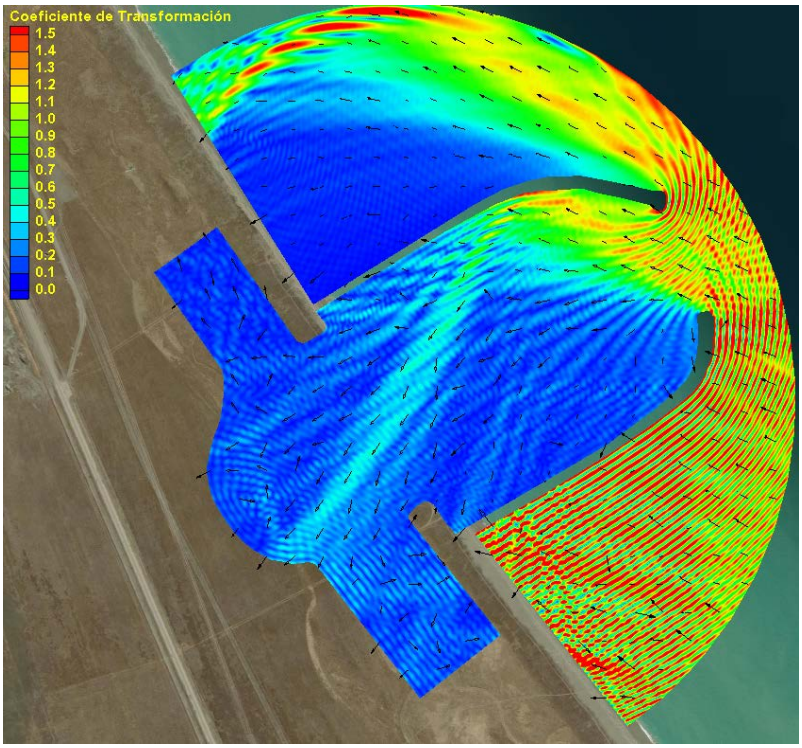


Figura 7: Coeficientes de transformación. Oleaje proveniente del ESE. Período 5 segundos– Layout a futuro

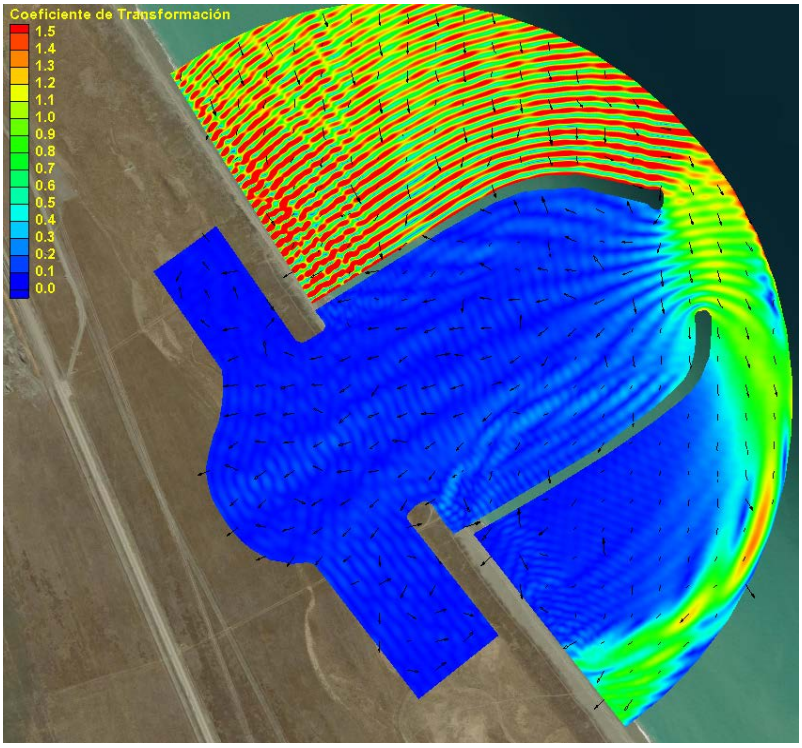


Figura 8: Coeficientes de transformación. Oleaje proveniente del Norte. Período 7 segundos– Layout a futuro

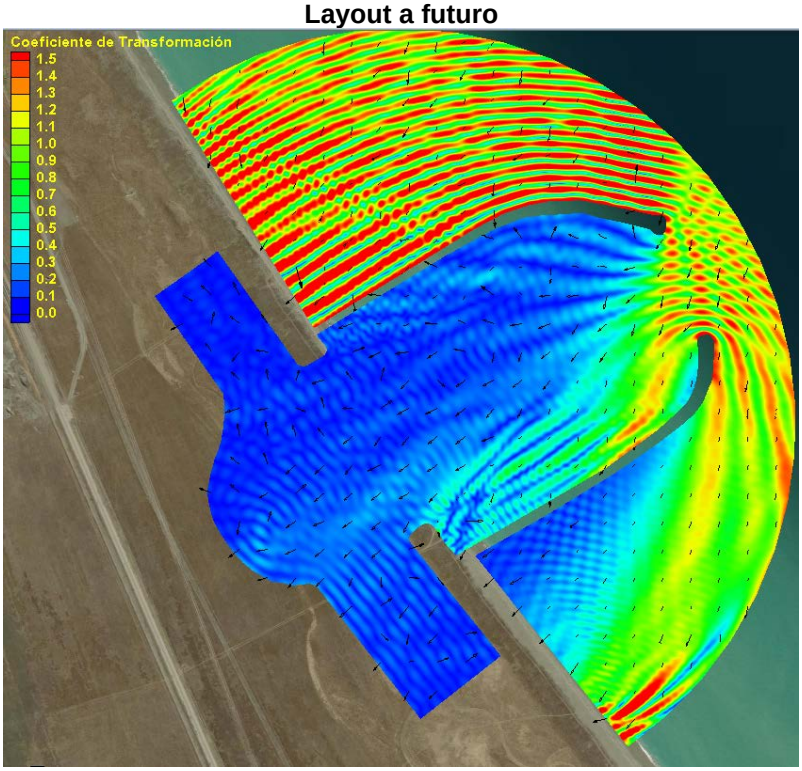


Figura 9: Coeficientes de transformación. Oleaje proveniente del NNE. Período 7 segundos– Layout a futuro

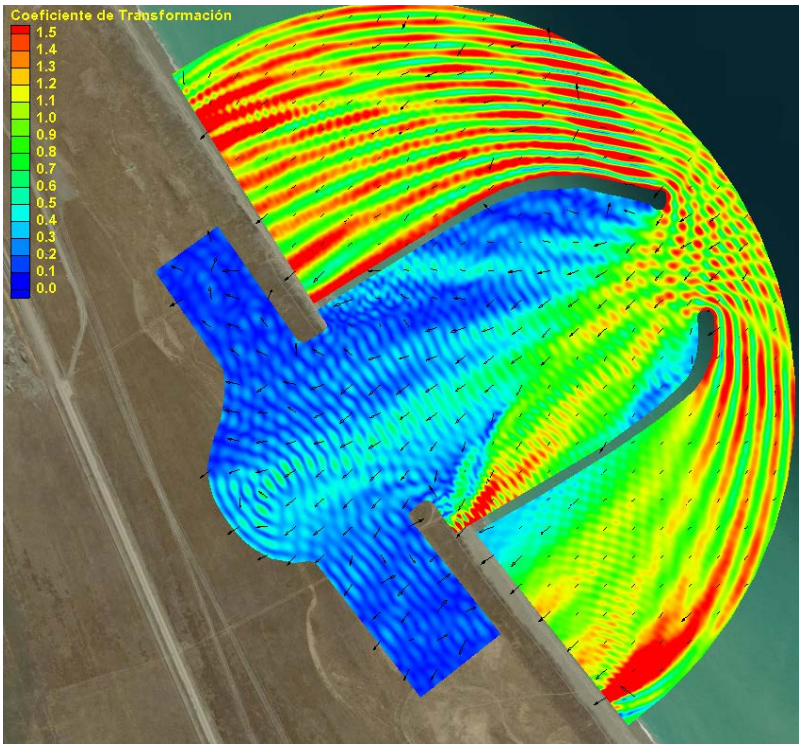


Figura 10: Coeficientes de transformación. Oleaje proveniente del NE. Período 7 segundos– Layout a futuro

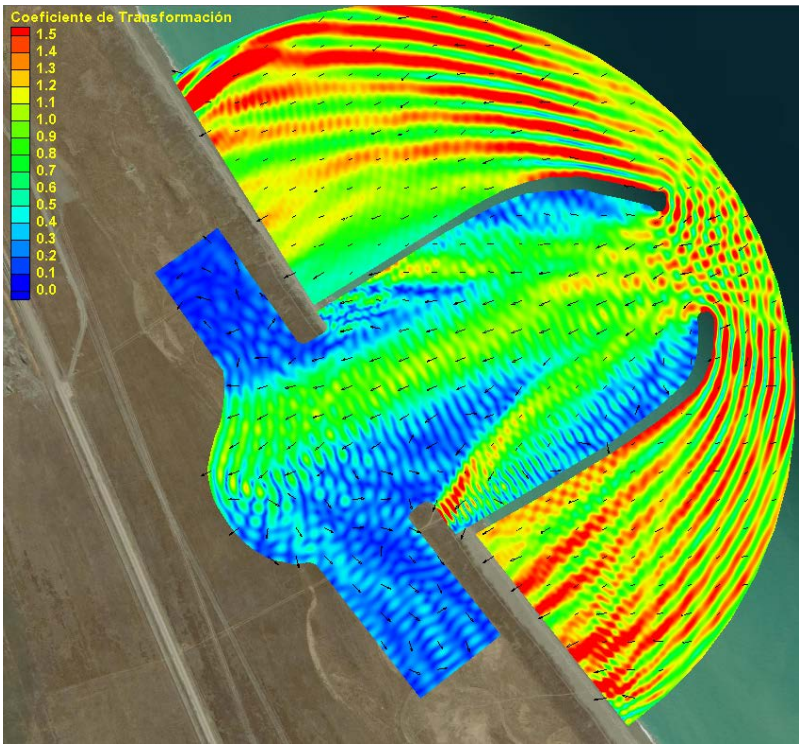


Figura 11: Coeficientes de transformación. Oleaje proveniente del ENE. Período 7 segundos– Layout a futuro

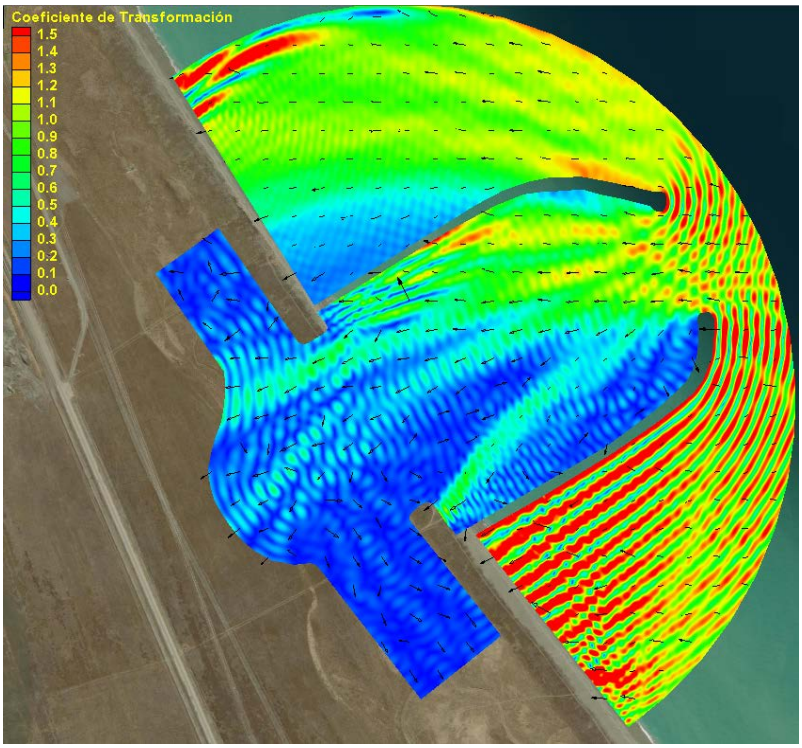


Figura 12: Coeficientes de transformación. Oleaje proveniente del Este. Período 7 segundos– Layout a futuro

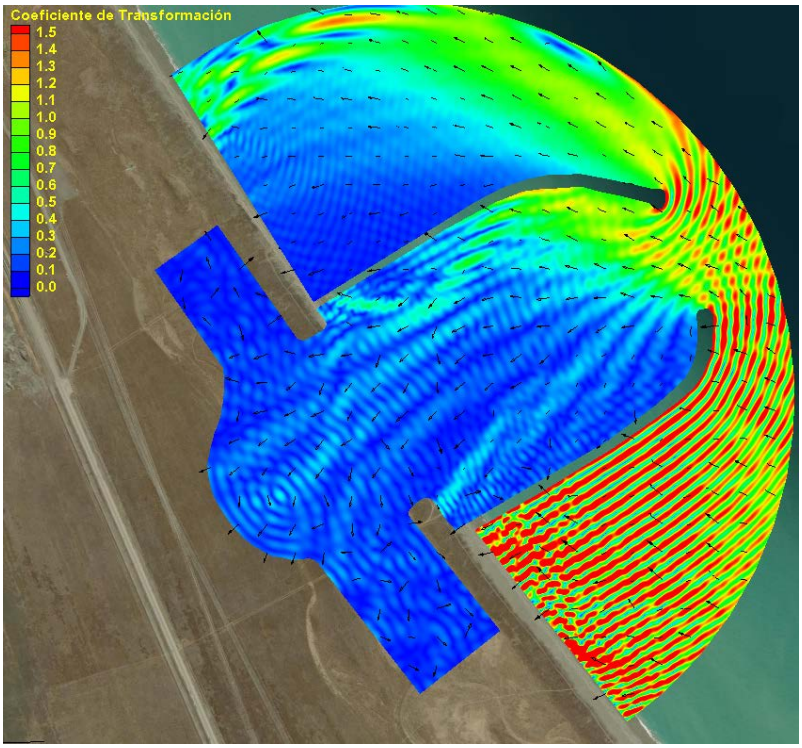


Figura 13: Coeficientes de transformación. Oleaje proveniente del ESE. Período 7 segundos– Layout a futuro

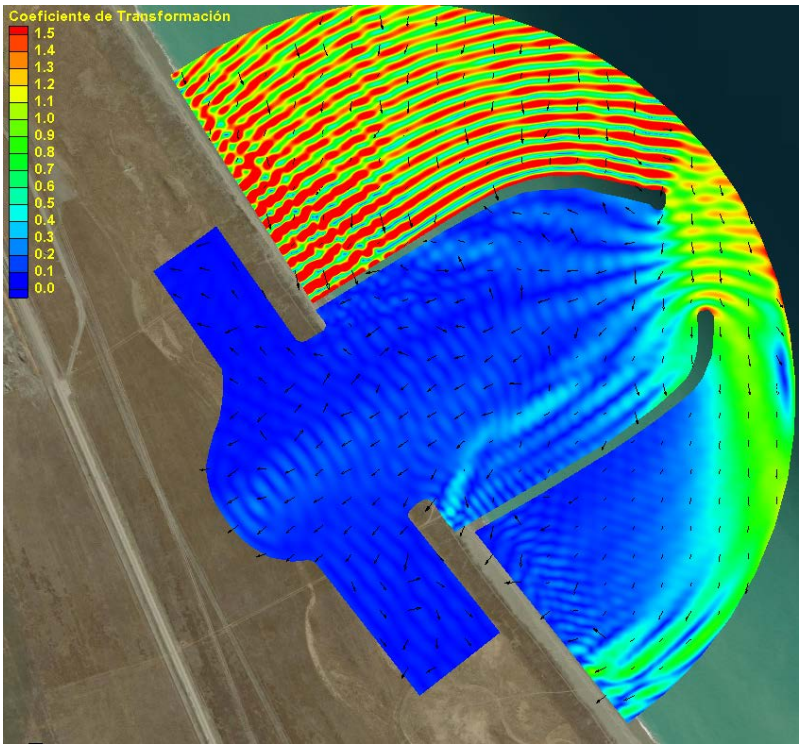


Figura 14: Coeficientes de transformación. Oleaje proveniente del Norte. Período 9 segundos– Layout a futuro

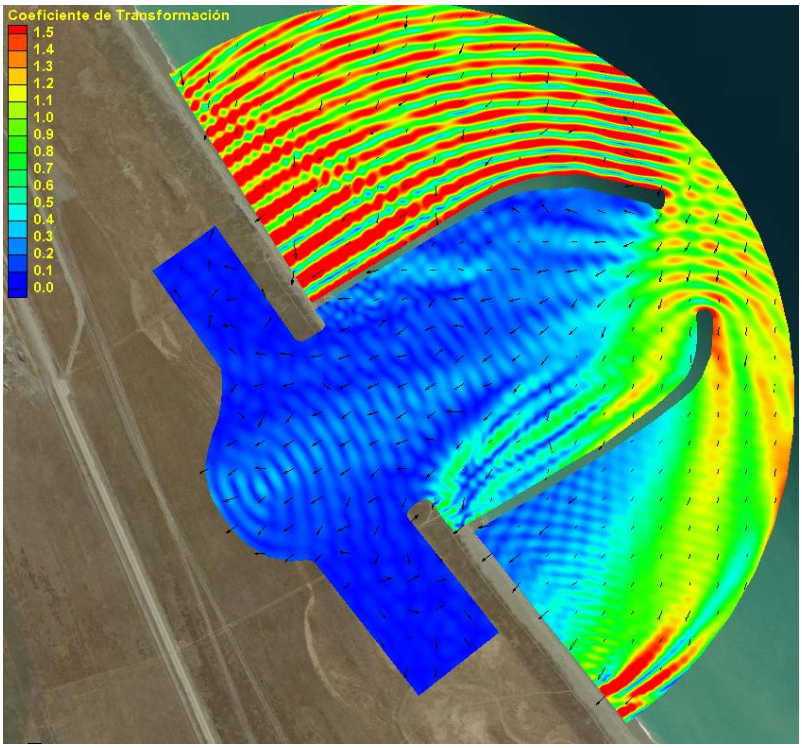


Figura 15: Coeficientes de transformación. Oleaje proveniente del NNE. Período 9 segundos– Layout a futuro

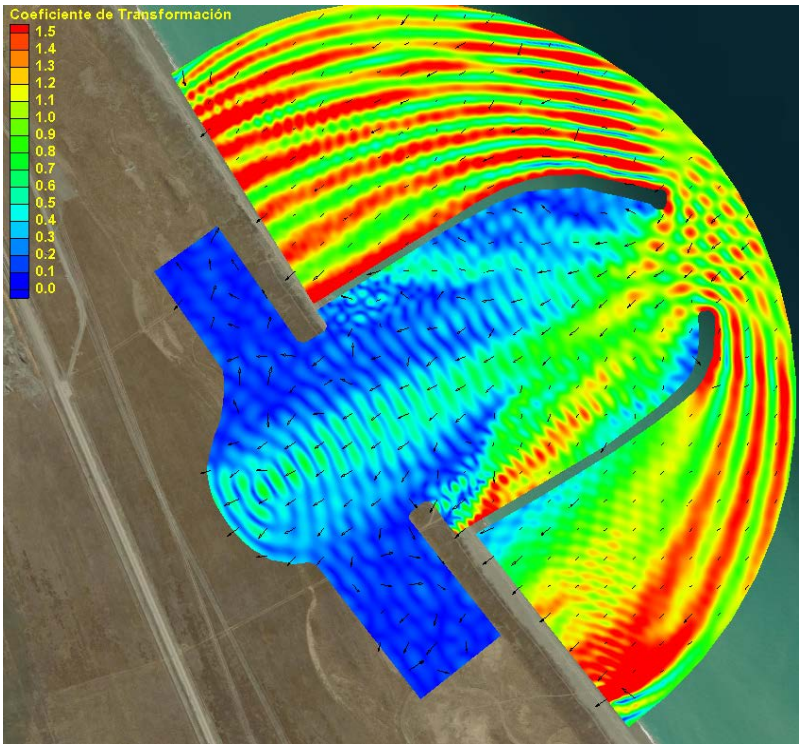


Figura 16: Coeficientes de transformación. Oleaje proveniente del NE. Período 9 segundos– Layout a futuro

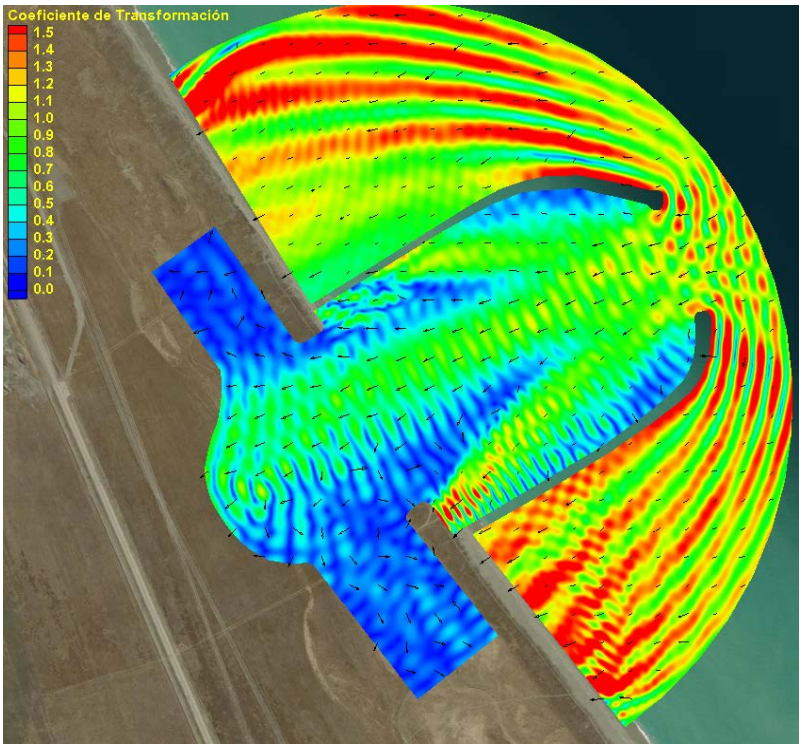


Figura 17: Coeficientes de transformación. Oleaje proveniente del ENE. Período 9 segundos– Layout a futuro

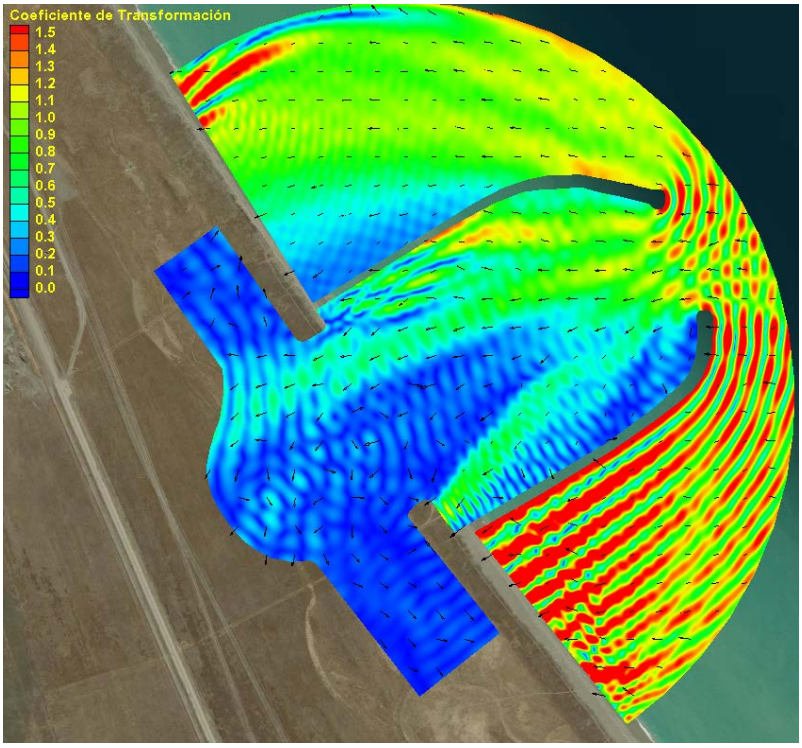


Figura 18: Coeficientes de transformación. Oleaje proveniente del Este. Período 9 segundos– Layout a futuro

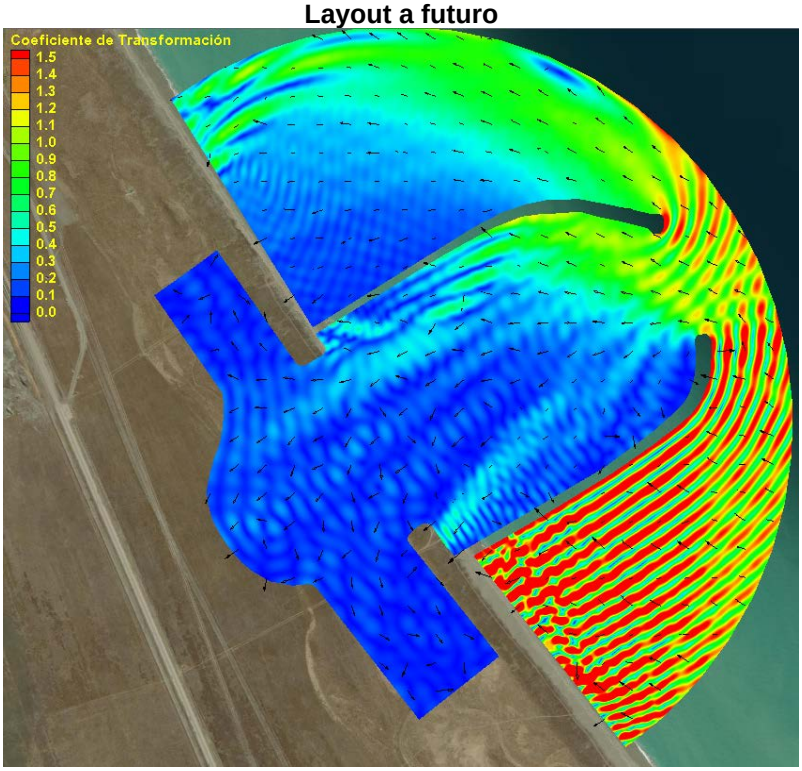


Figura 19: Coeficientes de transformación. Oleaje proveniente del ESE. Período 9 segundos– Layout a futuro

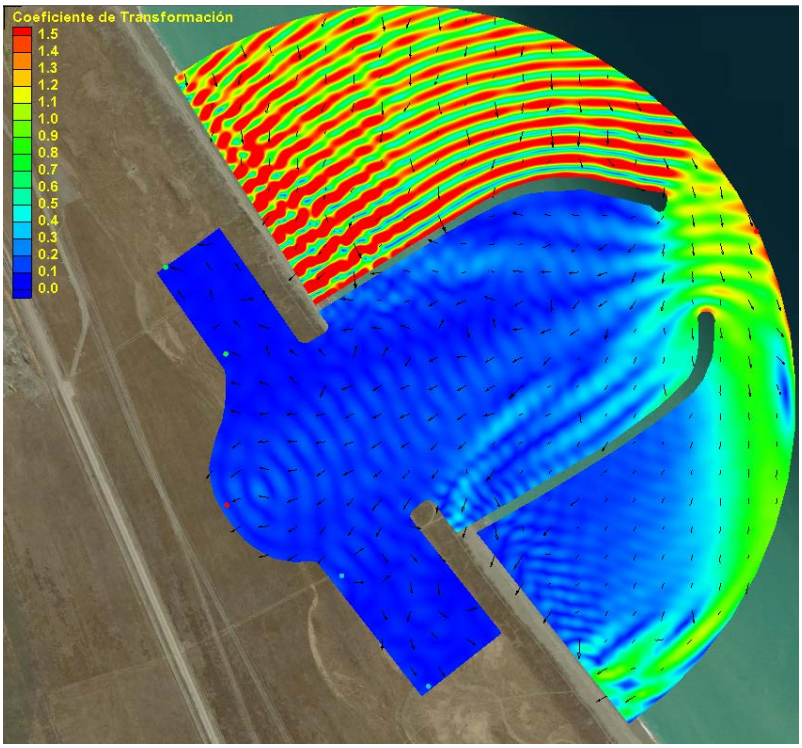


Figura 20: Coeficientes de transformación. Oleaje proveniente del Norte. Período 11 segundos– Layout a futuro

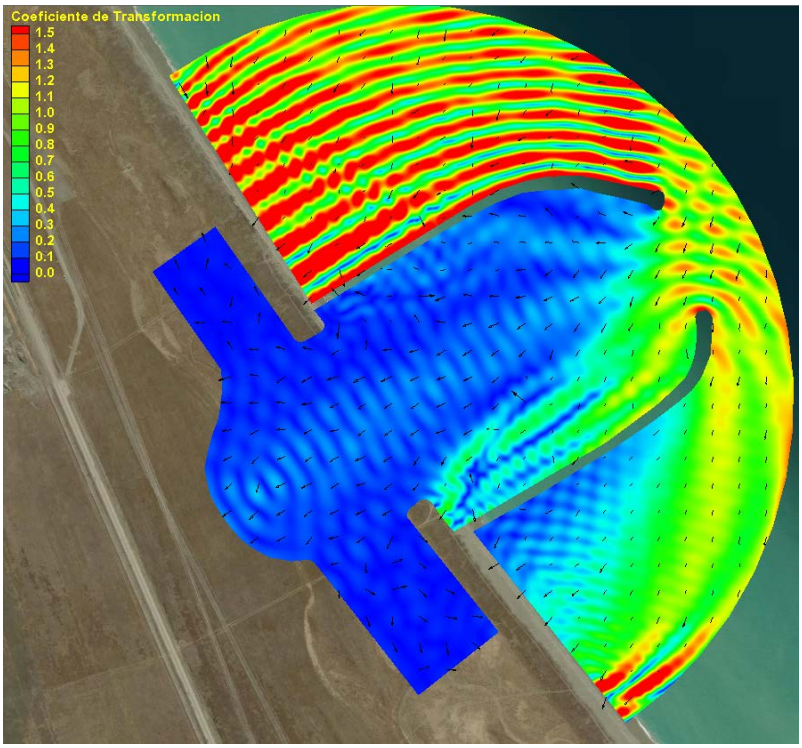


Figura 21: Coeficientes de transformación. Oleaje proveniente del NNE. Período 11 segundos– Layout a futuro

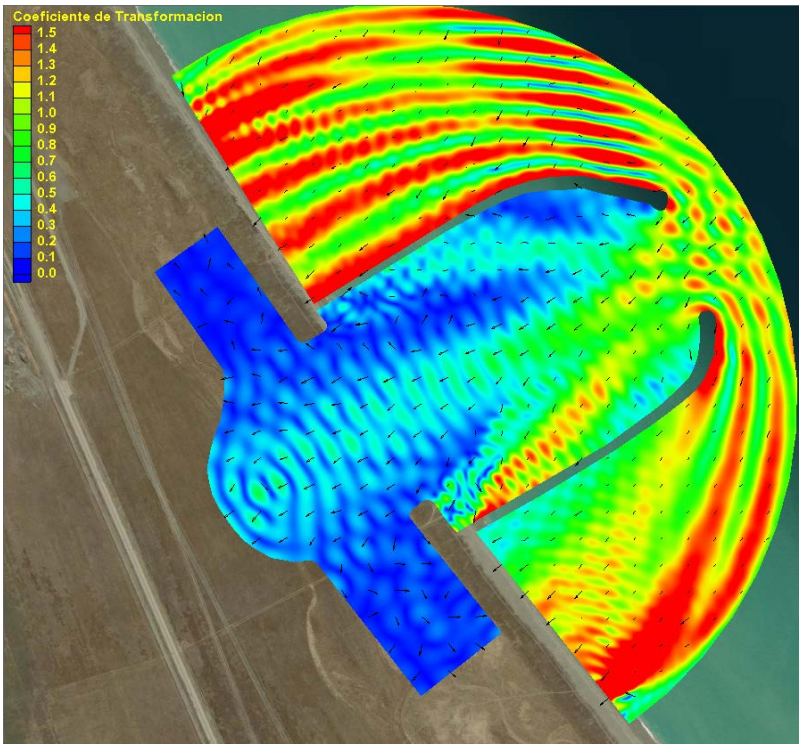


Figura 22: Coeficientes de transformación. Oleaje proveniente del NE. Período 11 segundos– Layout a futuro

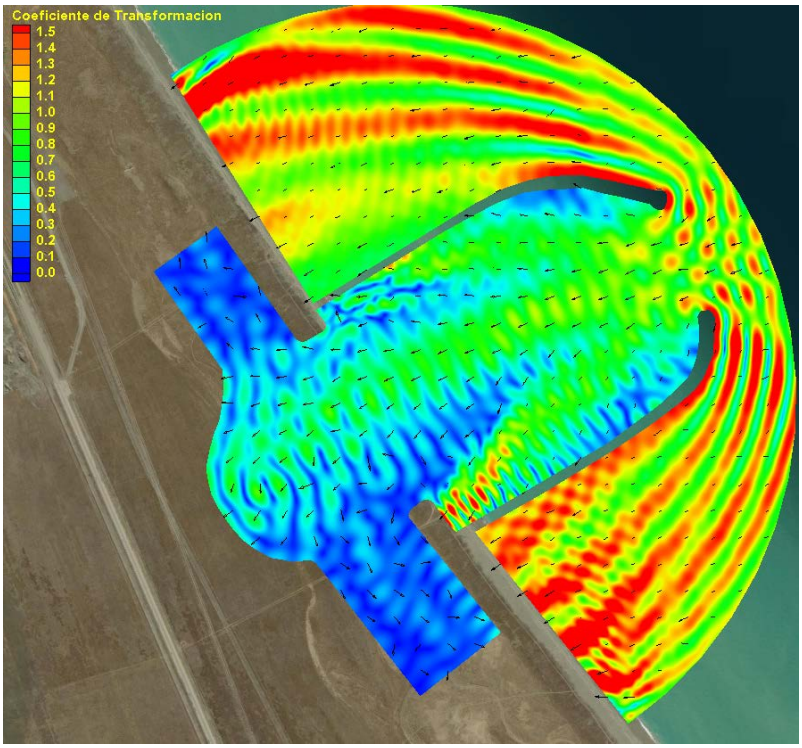


Figura 23: Coeficientes de transformación. Oleaje proveniente del ENE. Período 11 segundos– Layout a futuro

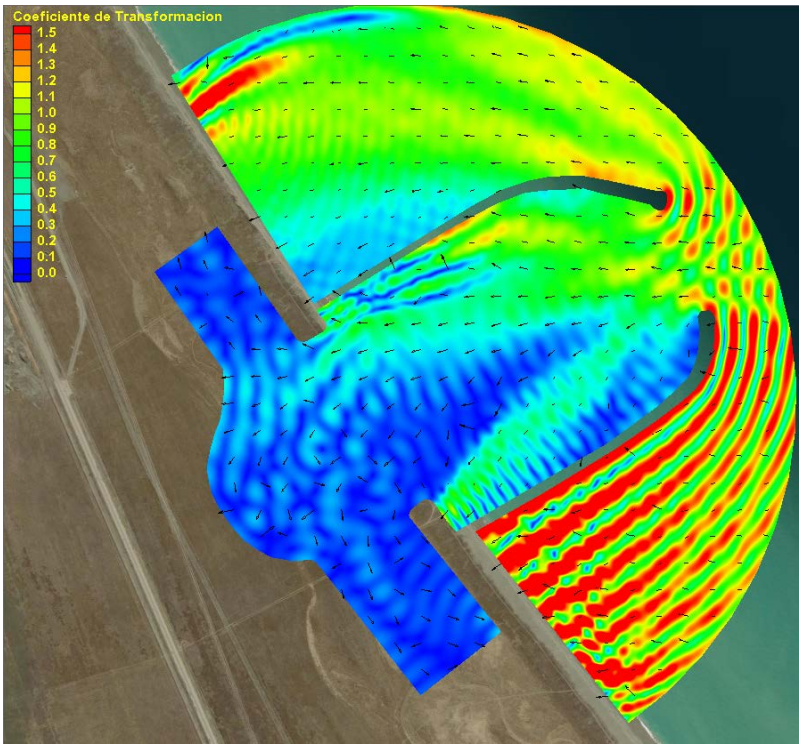


Figura 24: Coeficientes de transformación. Oleaje proveniente del E. Período 11 segundos– Layout a futuro

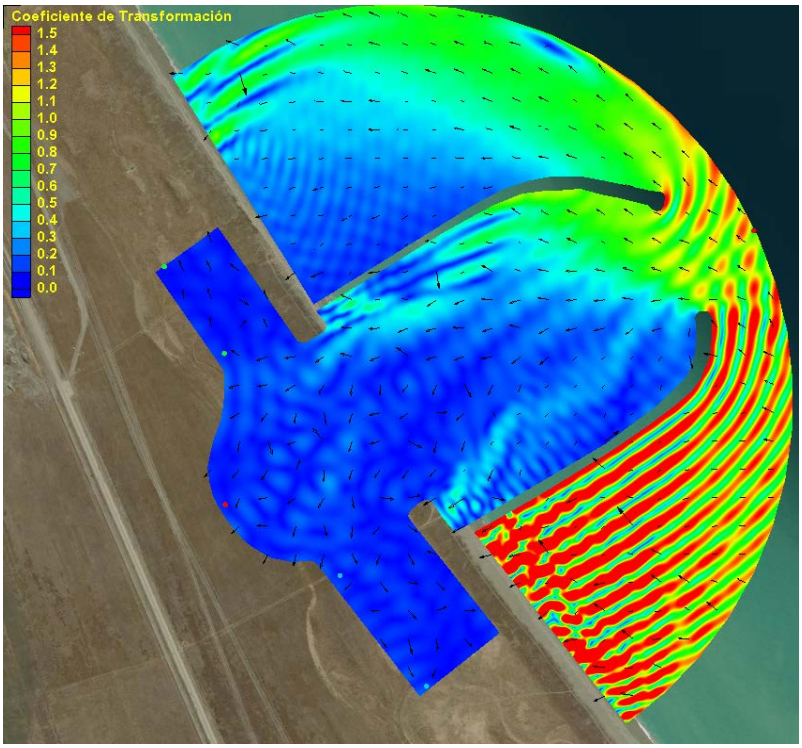


Figura 25: Coeficientes de transformación. Oleaje proveniente del ESE. Período 11 segundos– Layout a futuro

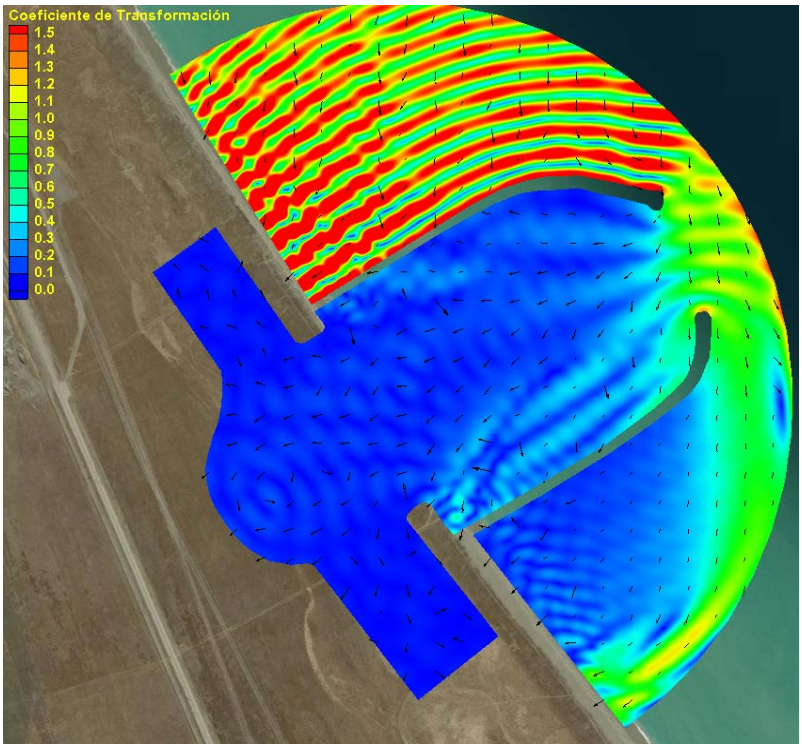


Figura 26: Coeficientes de transformación. Oleaje proveniente del Norte. Período 13 segundos– Layout a futuro

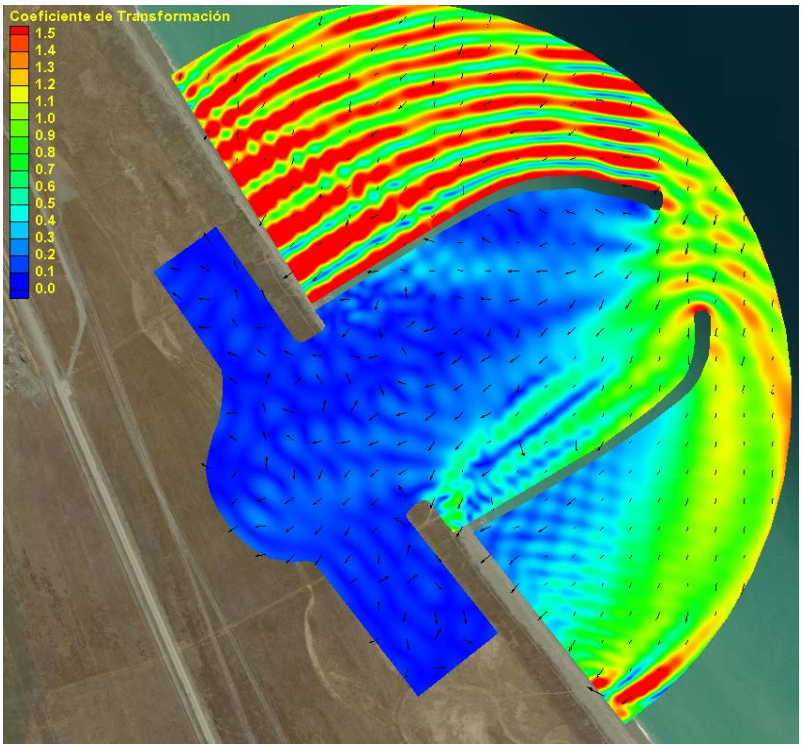


Figura 27: Coeficientes de transformación. Oleaje proveniente del NNE. Período 13 segundos– Layout a futuro

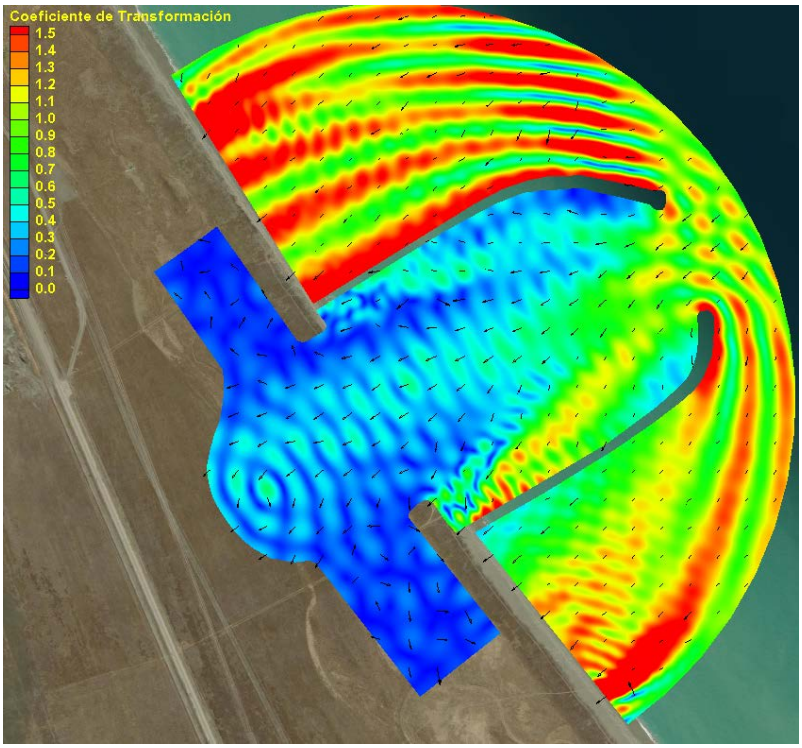


Figura 28: Coeficientes de transformación. Oleaje proveniente del NE. Período 13 segundos– Layout a futuro

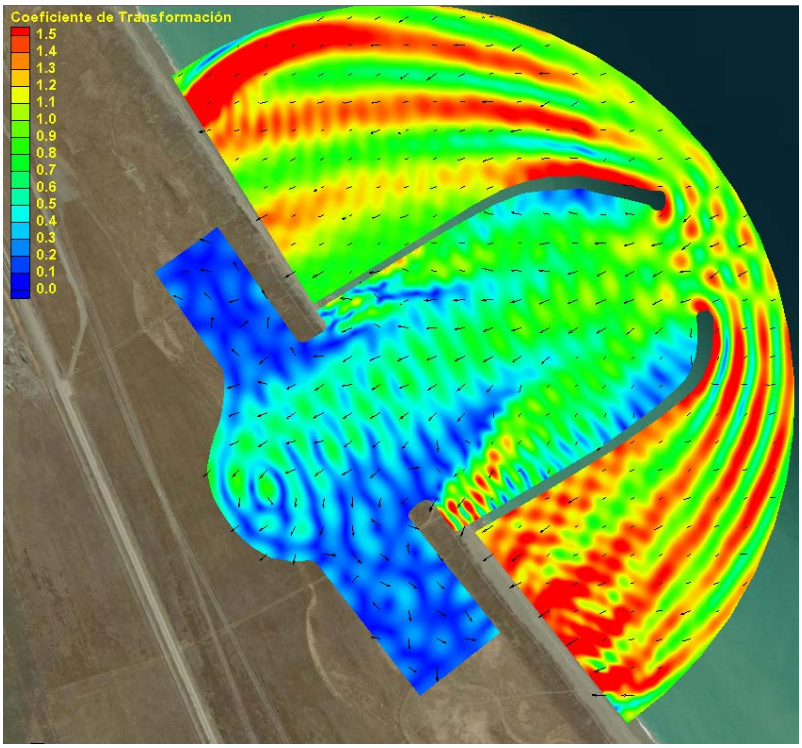


Figura 29: Coeficientes de transformación. Oleaje proveniente del ENE. Período 13 segundos– Layout a futuro

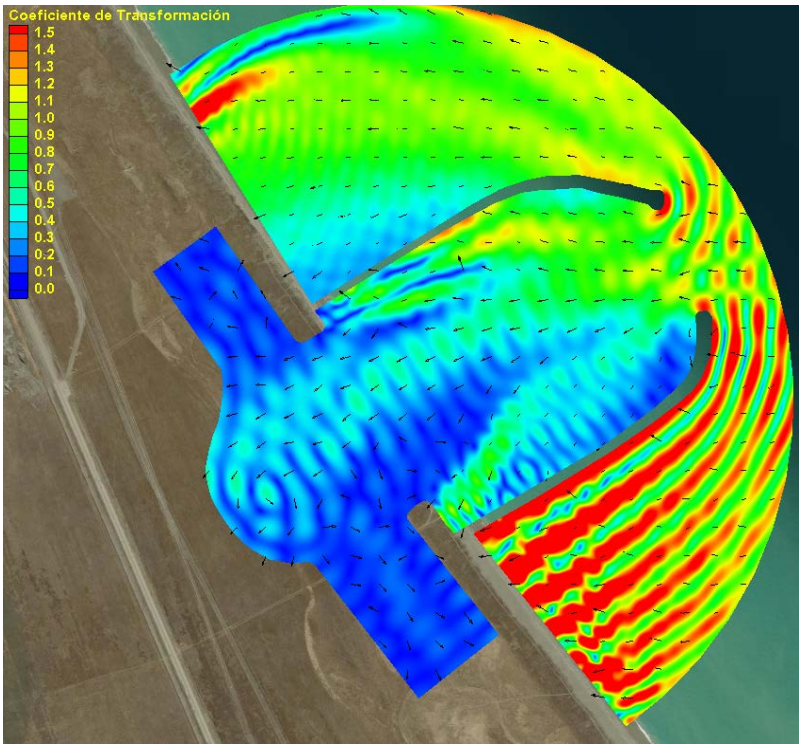


Figura 30: Coeficientes de transformación. Oleaje proveniente del Este. Período 13 segundos– Layout a futuro

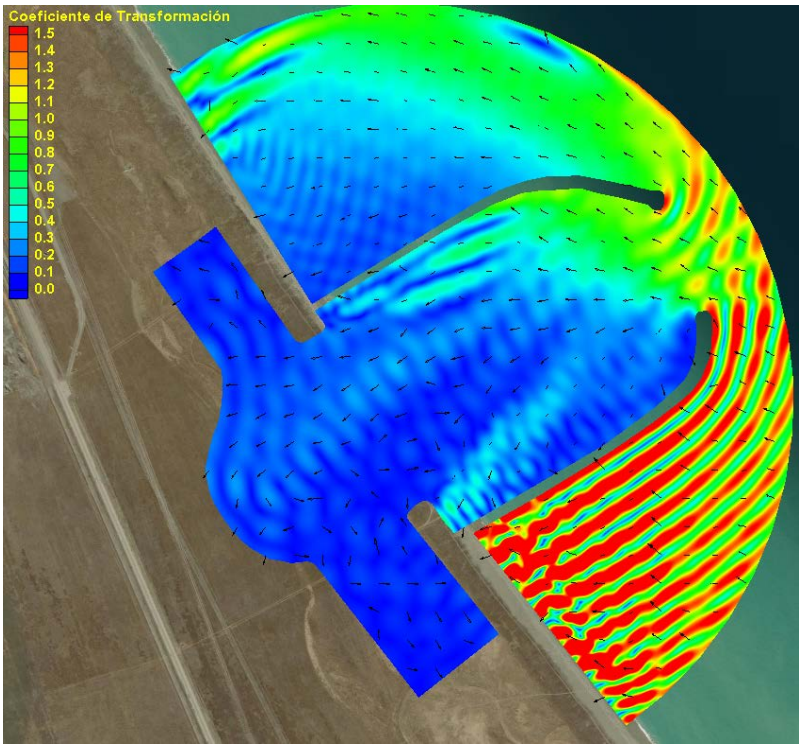


Figura 31: Coeficientes de transformación. Oleaje proveniente del ESE. Período 13 segundos– Layout a futuro

3 ESTADÍSTICAS DE OLEAJE EN EL ÁREA DE MANIOBRA, EL CANAL DE ACCESO Y LAS ZONAS DE ATRAQUE

Se extrajeron del modelo los coeficientes de transformación correspondientes a las zonas indicadas en la Figura 32.

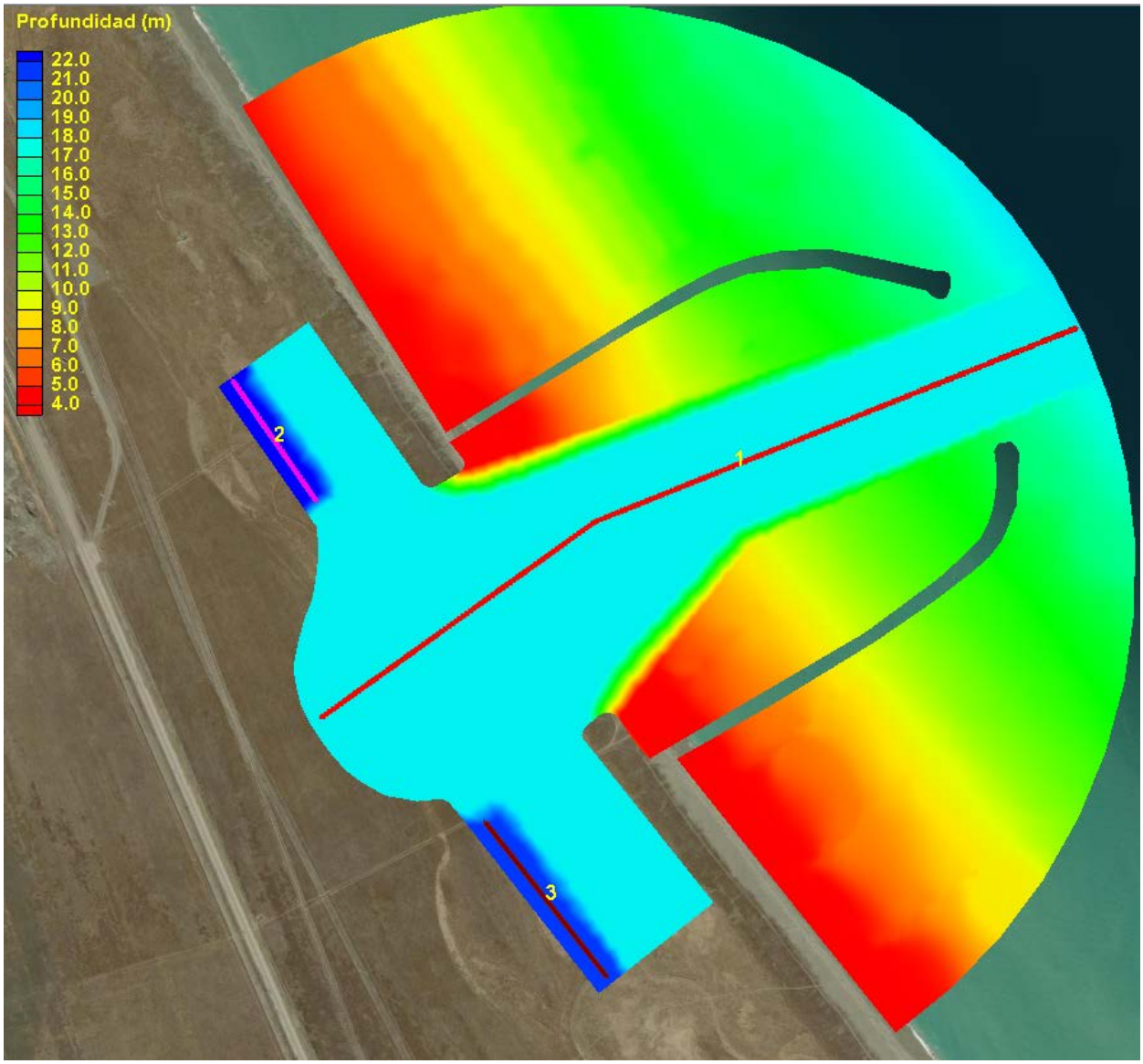


Figura 32: Transectas de coeficiente de transformación. 1: Eje canal y área de Giro. Origen progresivas en el mar - 2: Zona Portacontenedores. Origen progresivas en la costa - 3: Zona Dársena sur (a futuro) . Origen progresivas en la costa

Los resultados obtenidos se presentan en las siguientes figuras.

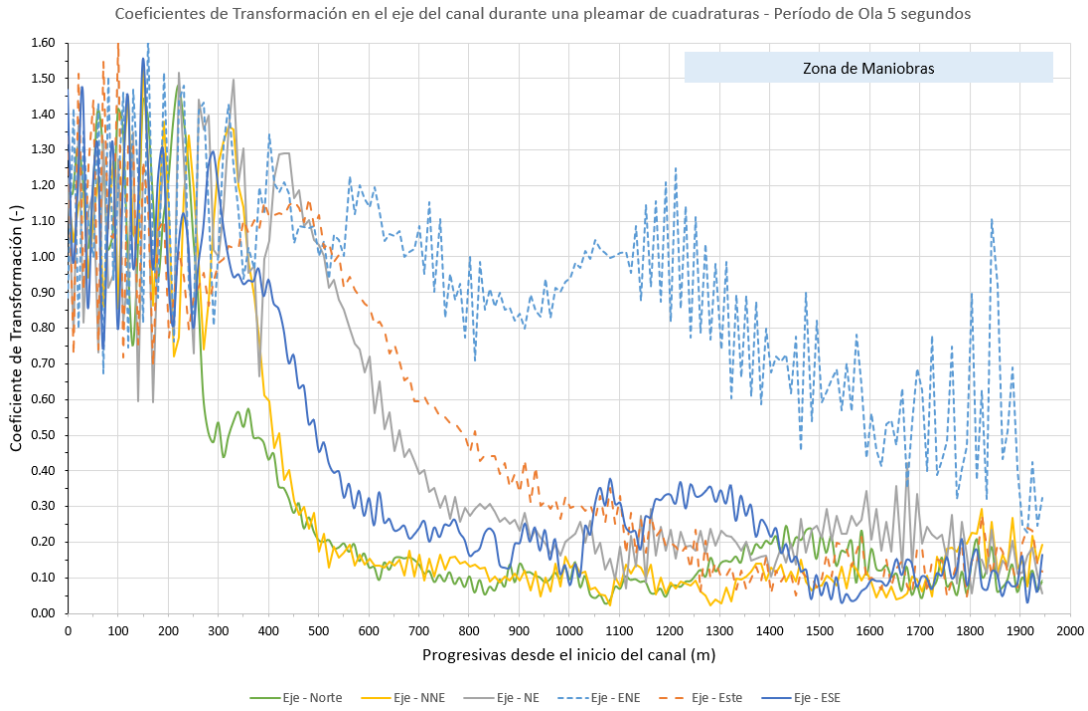


Figura 33: Coeficientes de transformación en el eje del canal. Pleamar de cuadraturas. Período de ola 5 segundos.

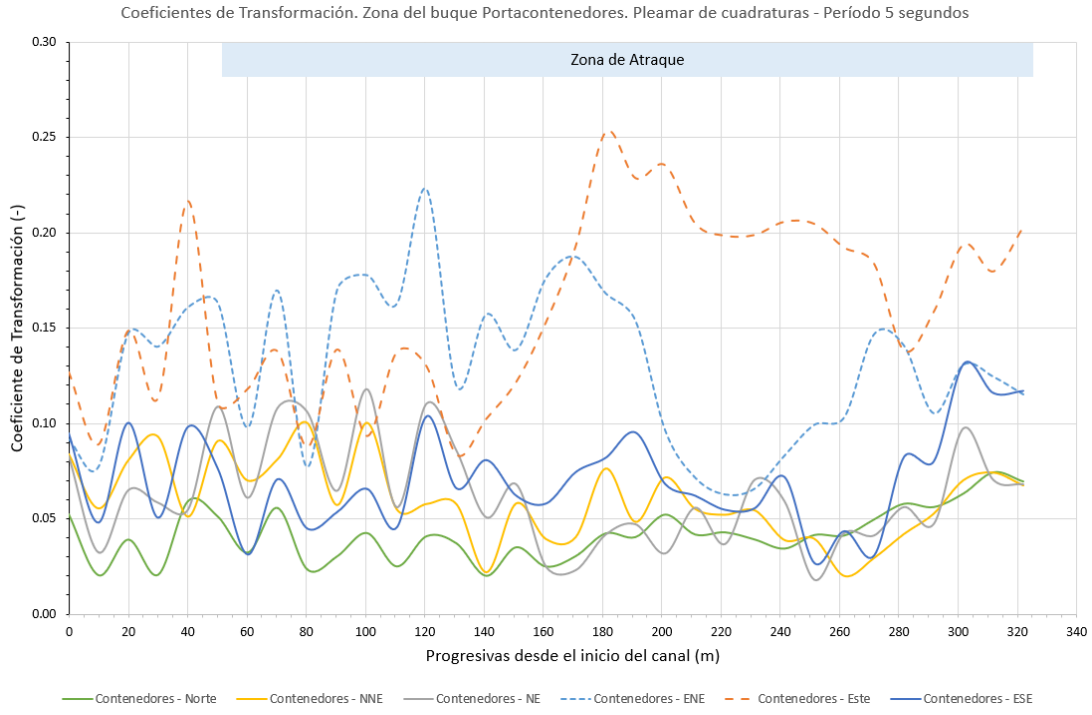


Figura 34: Coeficientes de transformación – Zona del buque portacontenedores (dársena norte). Pleamar de cuadraturas. Período de ola 5 segundos.

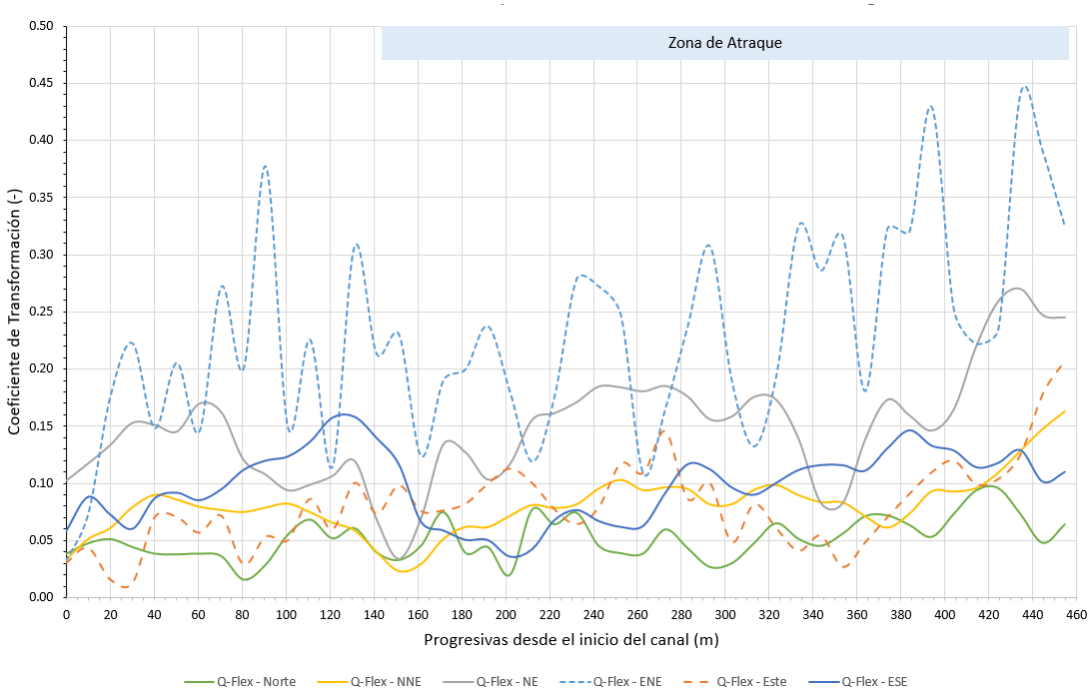


Figura 35: Coeficientes de transformación – sitio de atraque en dársena sur. Pleamar de cuadraturas. Período de ola 5 segundos.

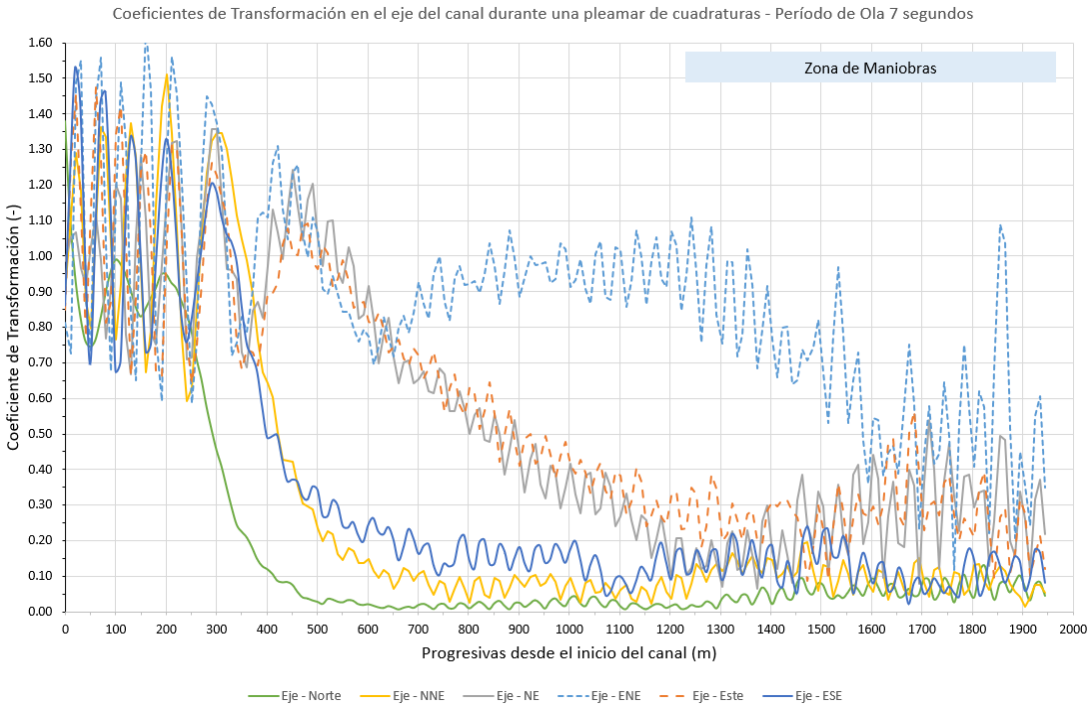


Figura 36: Coeficientes de transformación en el eje del canal. Pleamar de cuadraturas. Período de ola 7 segundos.

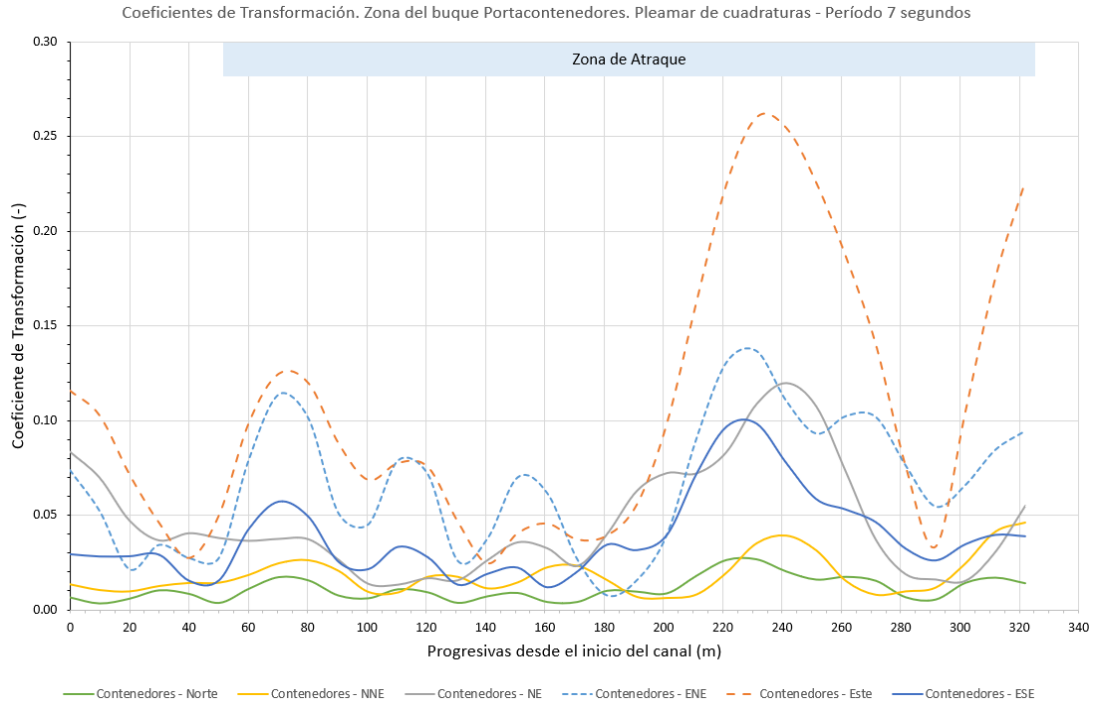


Figura 37: Coeficientes de transformación – Zona del buque portacontenedores (dársena norte). Pleamar de cuadraturas. Período de ola 7 segundos.

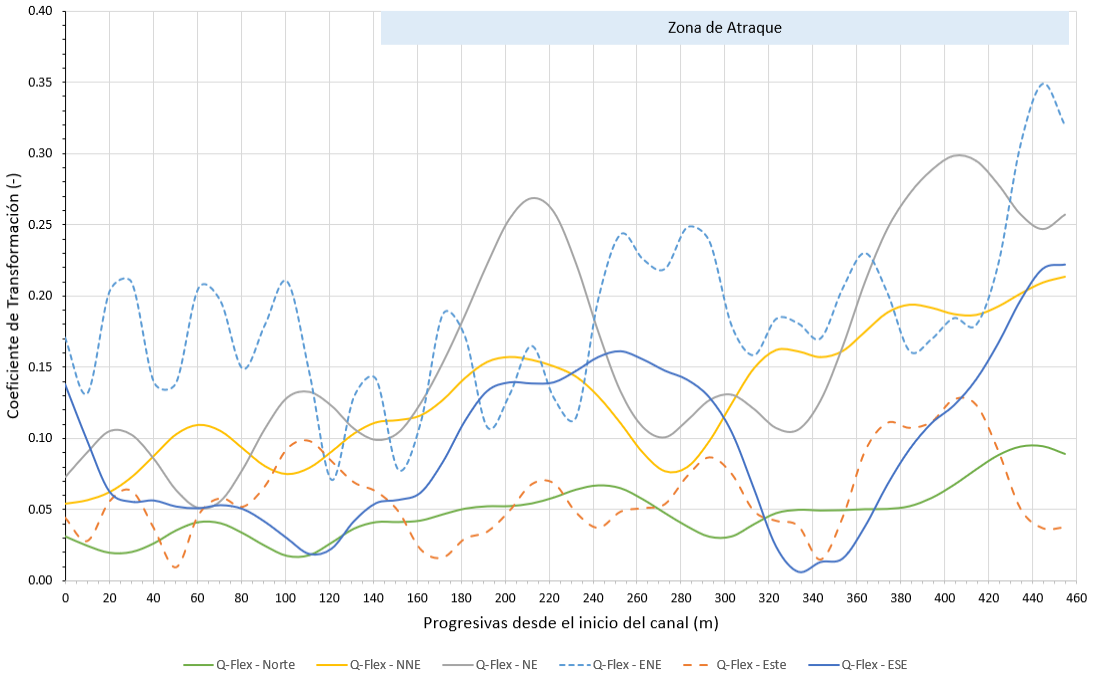


Figura 38: Coeficientes de transformación – Sitio de atraque en dársena sur (a futuro). Pleamar de cuadraturas. Período de ola 7 segundos.

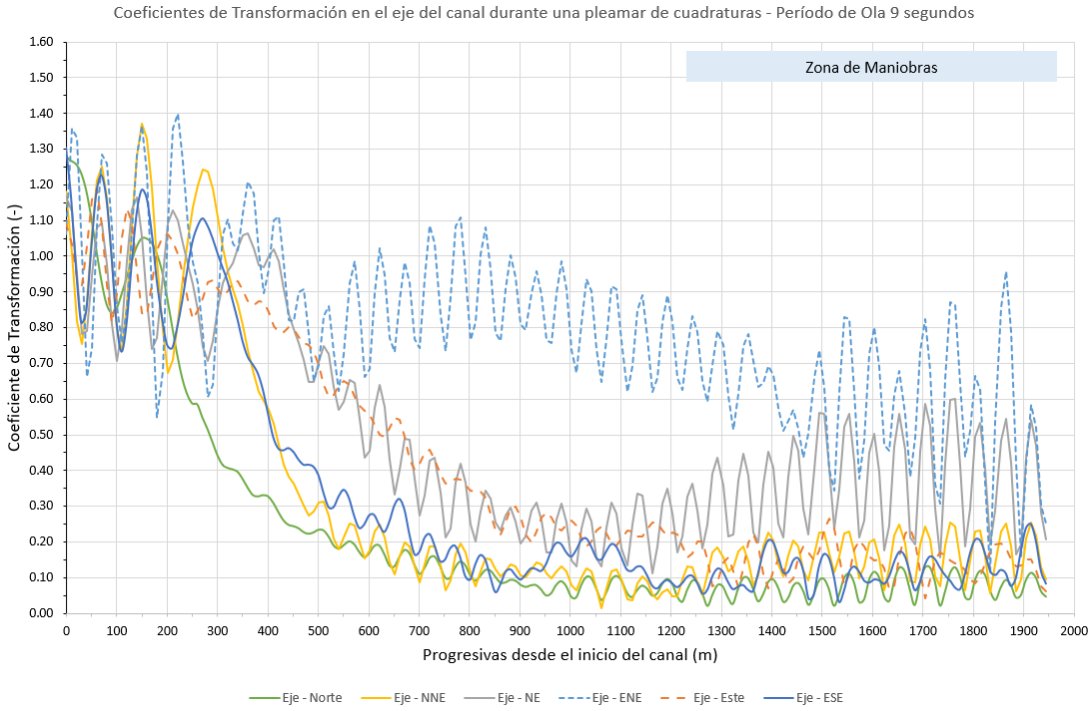


Figura 39: Coeficientes de transformación en el eje del canal. Pleamar de cuadraturas. Período de ola 9 segundos.

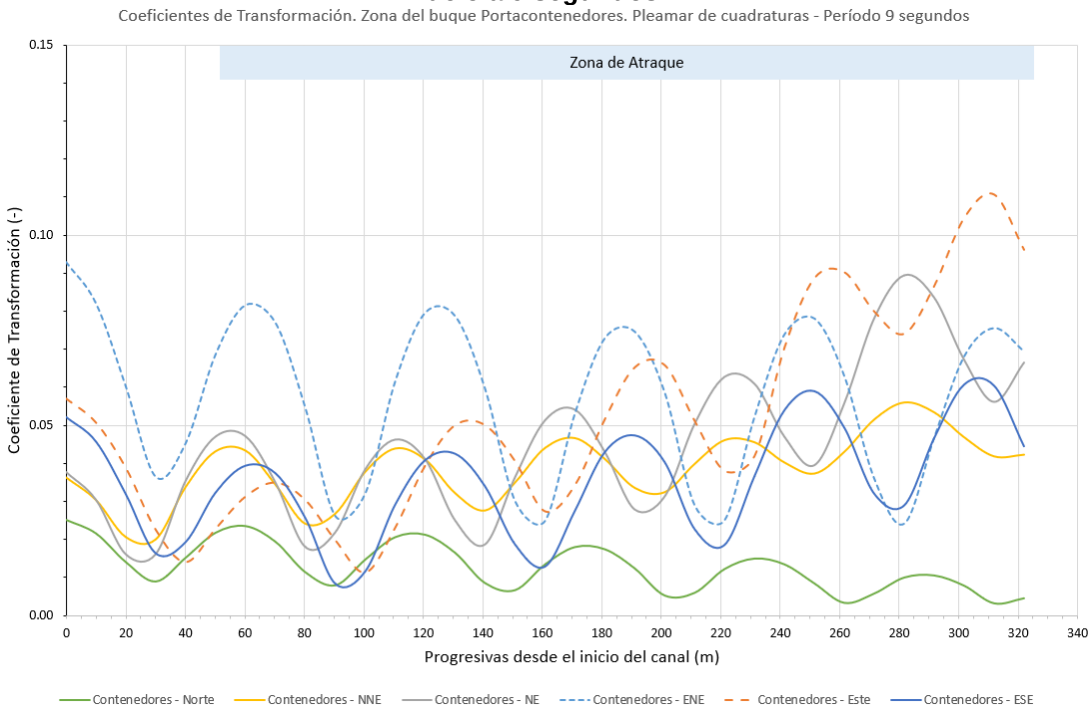


Figura 40: Coeficientes de transformación – Zona del buque portacontenedores (dársena norte). Pleamar de cuadraturas. Período de ola 9 segundos.

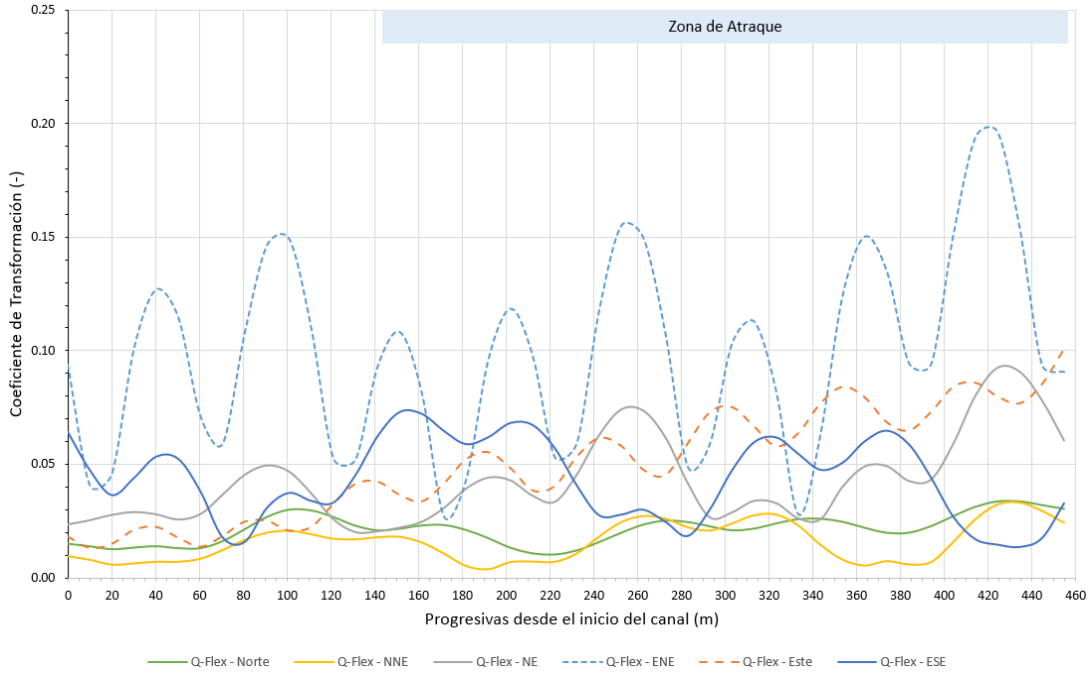


Figura 41: Coeficientes de transformación – Sitio de atraque en dársena sur (a futuro). Pleamar de cuadraturas. Período de ola 9 segundos.

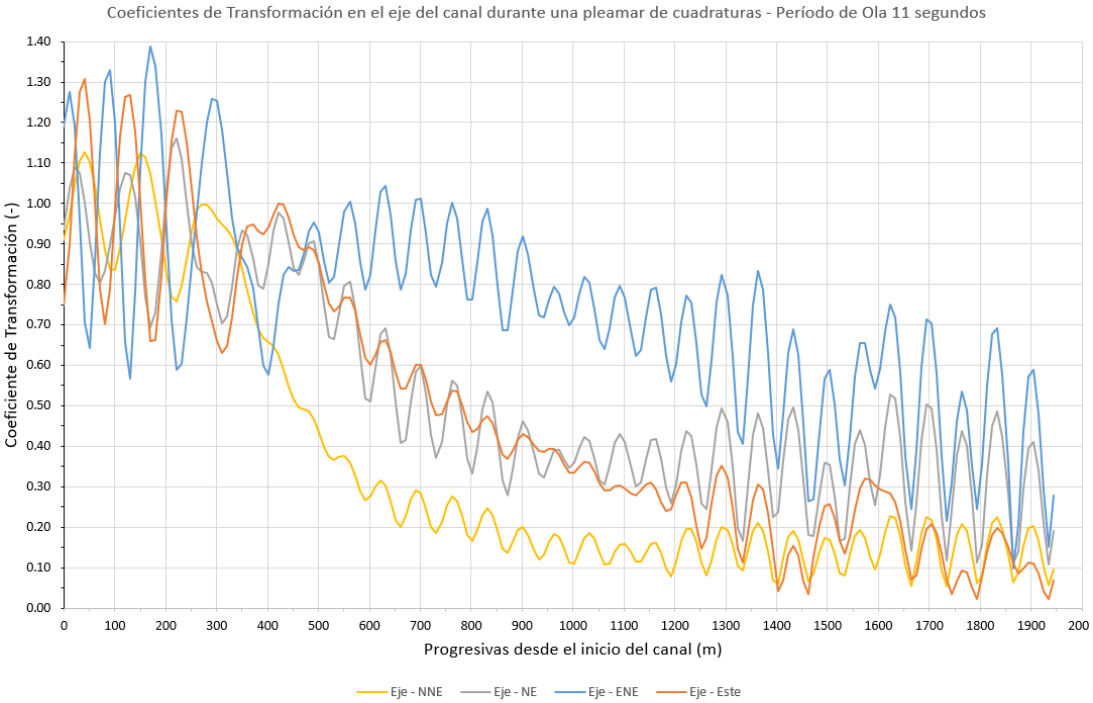


Figura 42: Coeficientes de transformación en el eje del canal. Pleamar de cuadraturas. Período de ola 11 segundos.

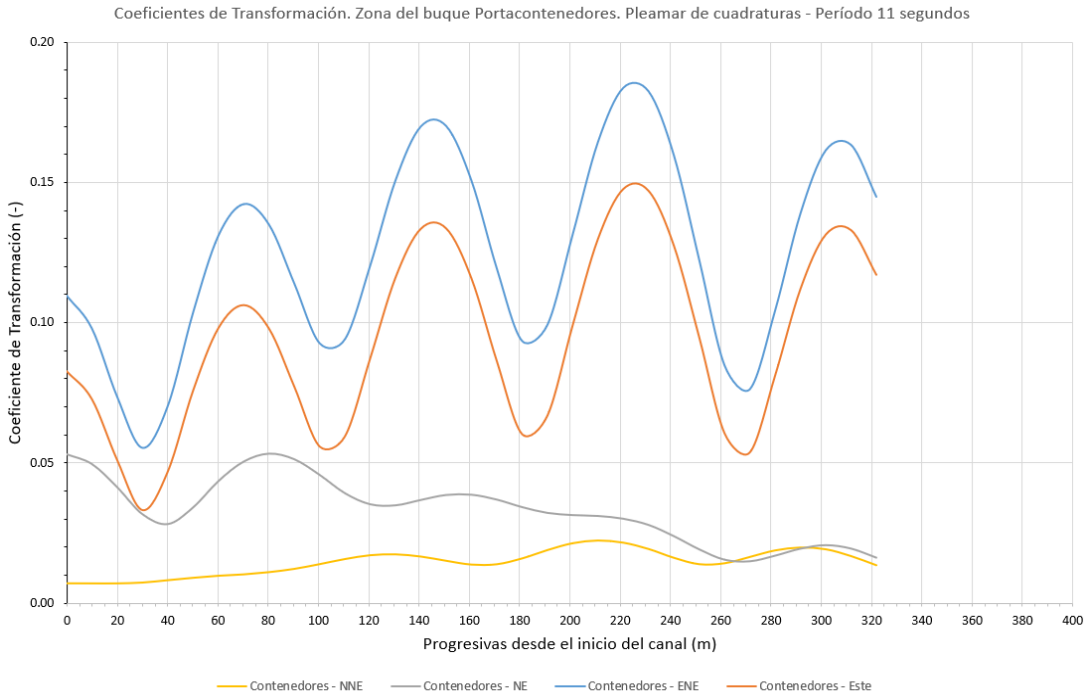


Figura 43: Coeficientes de transformación – Zona del buque portacontenedores (dársena norte). Pleamar de cuadraturas. Período de ola 11 segundos.

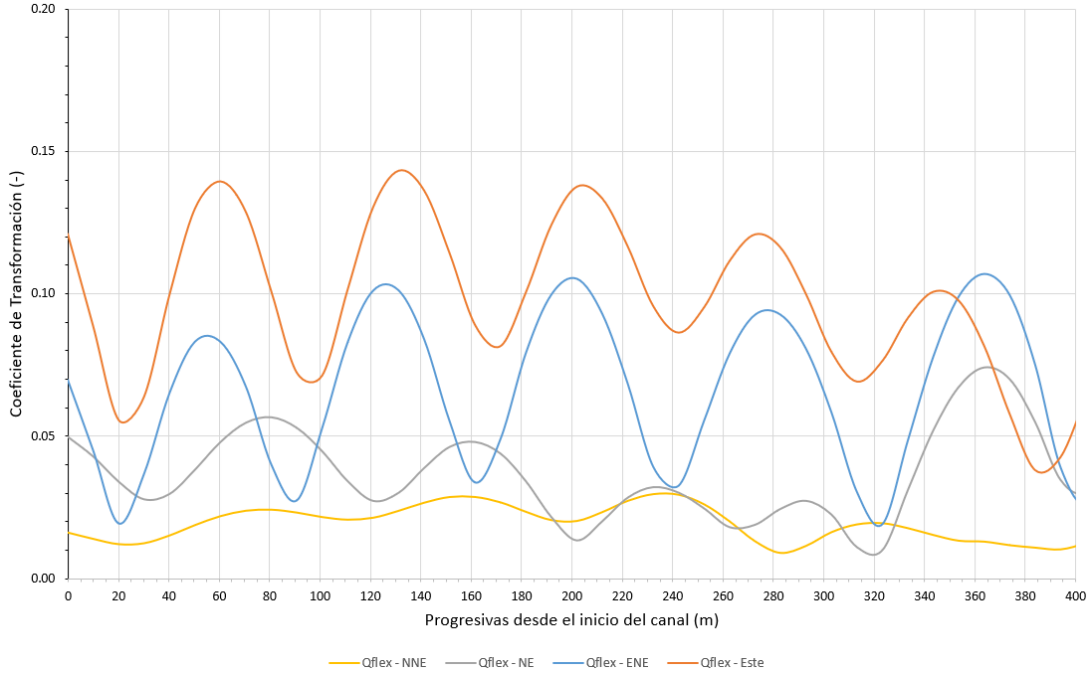


Figura 44: Coeficientes de transformación – Sitio de atraque en dársena sur (a futuro). Pleamar de cuadraturas. Período de ola 11 segundos.

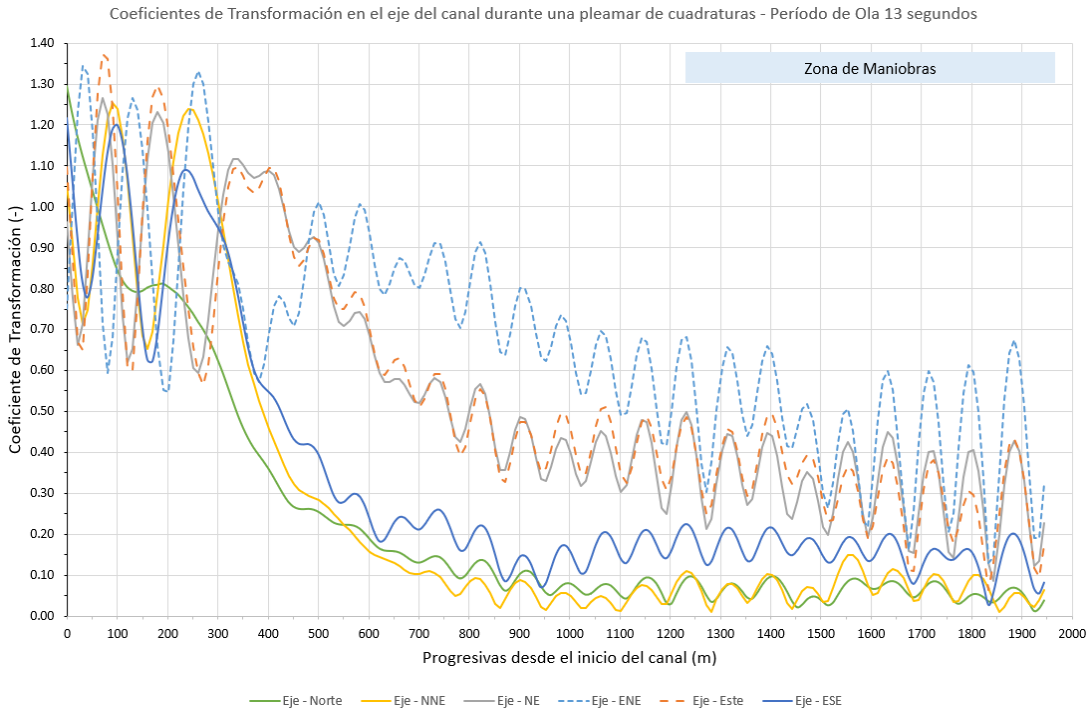


Figura 45: Coeficientes de transformación en el eje del canal. Pleamar de cuadraturas. Período de ola 13 segundos.

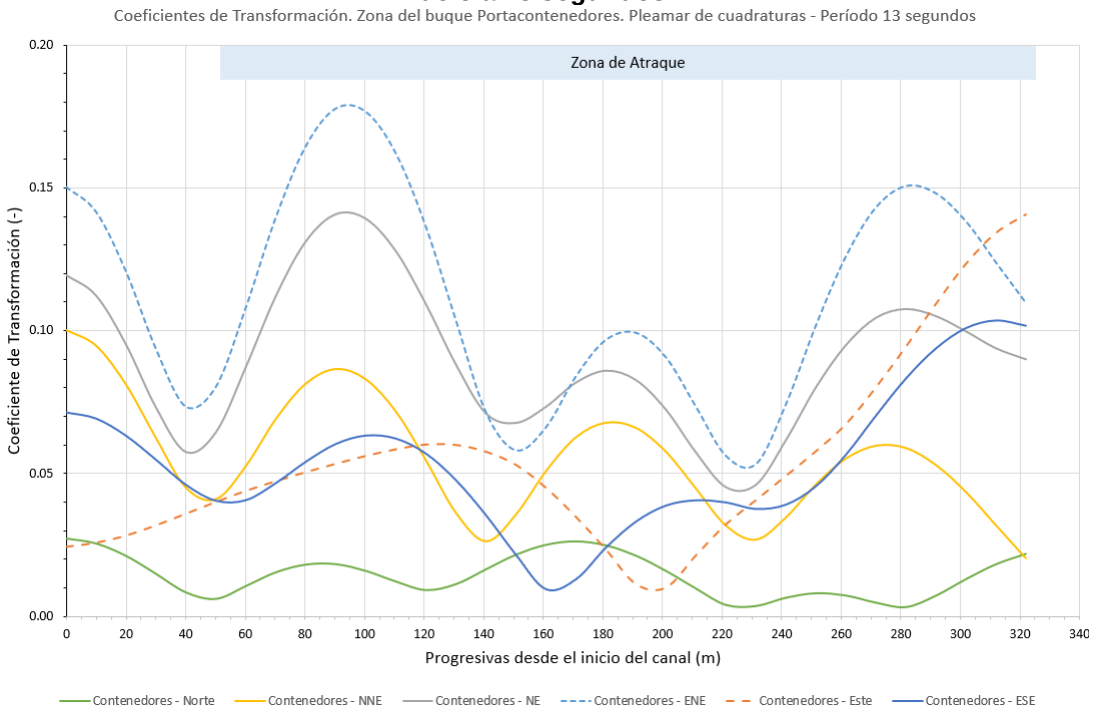


Figura 46: Coeficientes de transformación – Zona del buque portacontenedores (dársena norte). Pleamar de cuadraturas. Período de ola 13 segundos.

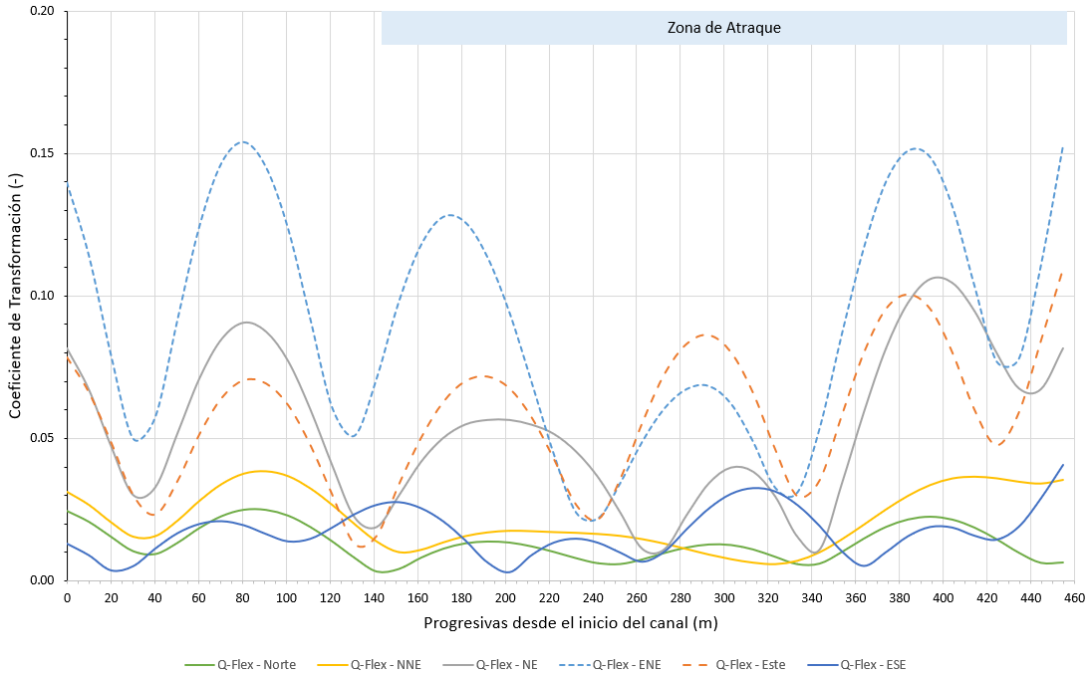


Figura 47: Coeficientes de transformación – Sitio de atraque en dársena sur (a futuro). Pleamar de cuadraturas. Período de ola 13 segundos.

Los coeficientes de transformación representativos de cada condición simulada para los tres sectores, y las estadísticas resultantes de la aplicación de estos coeficientes a la serie de olas cada 3 horas en la boca portuaria (isobata de 10 metros) son los siguientes:

Tabla 1 Coeficientes de Transformación

			Coeficientes		
Período	Dirección	Canal de Acceso zona protegida	Área de Maniobras	Contenedores (Dársena norte)	Futuro sitio de atraque (Dársena sur)
5	Norte	0,379	0,217	0,067	0,083
7	Norte	0,173	0,097	0,022	0,082
9	Norte	0,300	0,117	0,021	0,031
11	Norte	0,188	0,130	0,018	0,035
13	Norte	0,366	0,092	0,025	0,019
5	NNE	0,701	0,201	0,089	0,128
7	NNE	0,691	0,158	0,038	0,208
9	NNE	0,573	0,245	0,052	0,031
11	NNE	0,634	0,221	0,021	0,029
13	NNE	0,498	0,118	0,079	0,034
5	NE	1,085	0,298	0,105	0,241
7	NE	1,090	0,427	0,098	0,295
9	NE	0,859	0,561	0,080	0,078
11	NE	0,843	0,506	0,049	0,076
13	NE	0,971	0,466	0,127	0,092
5	ENE	1,222	0,982	0,196	0,373
7	ENE	1,150	1,008	0,135	0,282
9	ENE	1,071	0,858	0,085	0,168
11	ENE	1,016	0,784	0,178	0,127
13	ENE	0,961	0,676	0,165	0,145
5	Este	1,107	0,210	0,238	0,149
7	Este	1,019	0,409	0,253	0,108
9	Este	0,803	0,220	0,095	0,089
11	Este	0,875	0,311	0,143	0,131
13	Este	0,961	0,469	0,122	0,098
5	ESE	0,768	0,312	0,113	0,143
7	ESE	0,618	0,205	0,078	0,199
9	ESE	0,587	0,188	0,057	0,074
11	ESE	0,660	0,117	0,055	0,081
13	ESE	0,563	0,220	0,095	0,032

Las condiciones del área de Maniobras son representativas de la transecta que continúa el eje del canal de navegación; según los resultados en planta se puede apreciar que en ocasiones el buque se puede encontrar con oleajes más intensos hacia los laterales.

Las estadísticas de oleaje transformado se presentan a continuación:

Tabla 2 Estadística de olas en la zona del canal que está protegida por las obras de abrigo

Clase Hs (m)	*Frecuencia*	*Porcentaje Superación*
0,1	0,133%	70,404%
0,2	1,877%	70,271%
0,3	4,378%	68,393%
0,4	6,273%	64,015%
0,5	6,238%	57,741%
0,6	6,448%	51,503%
0,7	6,163%	45,055%
0,8	5,377%	38,892%
0,9	5,626%	33,515%
1,0	5,025%	27,889%
1,1	4,529%	22,864%
1,2	4,001%	18,335%
1,3	3,180%	14,334%
1,4	2,557%	11,154%
1,5	2,216%	8,597%
1,6	1,631%	6,381%
1,7	1,185%	4,750%
1,8	0,868%	3,565%
1,9	0,652%	2,696%
2,0	0,456%	2,045%
2,1	0,300%	1,588%
2,2	0,274%	1,288%
2,3	0,219%	1,014%
2,4	0,190%	0,795%
2,5	0,146%	0,605%
2,6	0,105%	0,459%
2,7	0,077%	0,354%
2,8	0,057%	0,276%
2,9	0,038%	0,219%
3,0	0,038%	0,181%
3,1	0,030%	0,143%
3,2	0,029%	0,113%
3,3	0,016%	0,084%
3,4	0,010%	0,067%
3,5	0,010%	0,057%
3,6	0,011%	0,047%
3,7	0,006%	0,035%
3,8	0,004%	0,029%
> 3,8	0,025%	0,025%

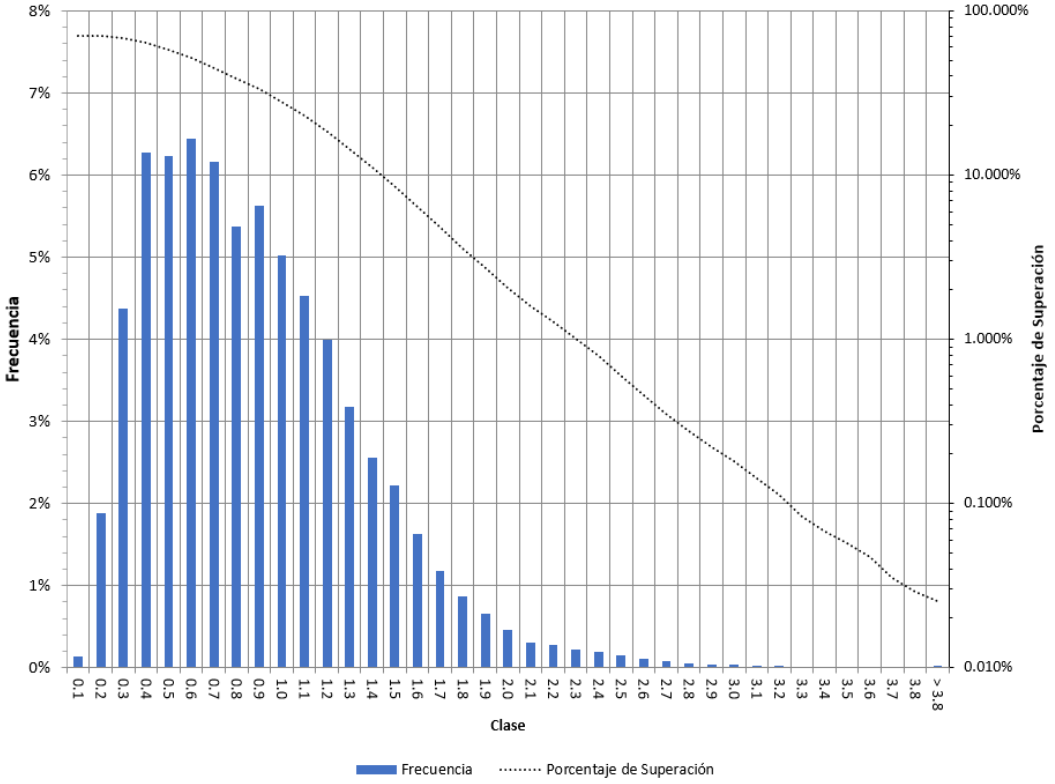


Figura 48: Histograma de alturas de ola en la zona del canal que está protegida por las obras de abrigo

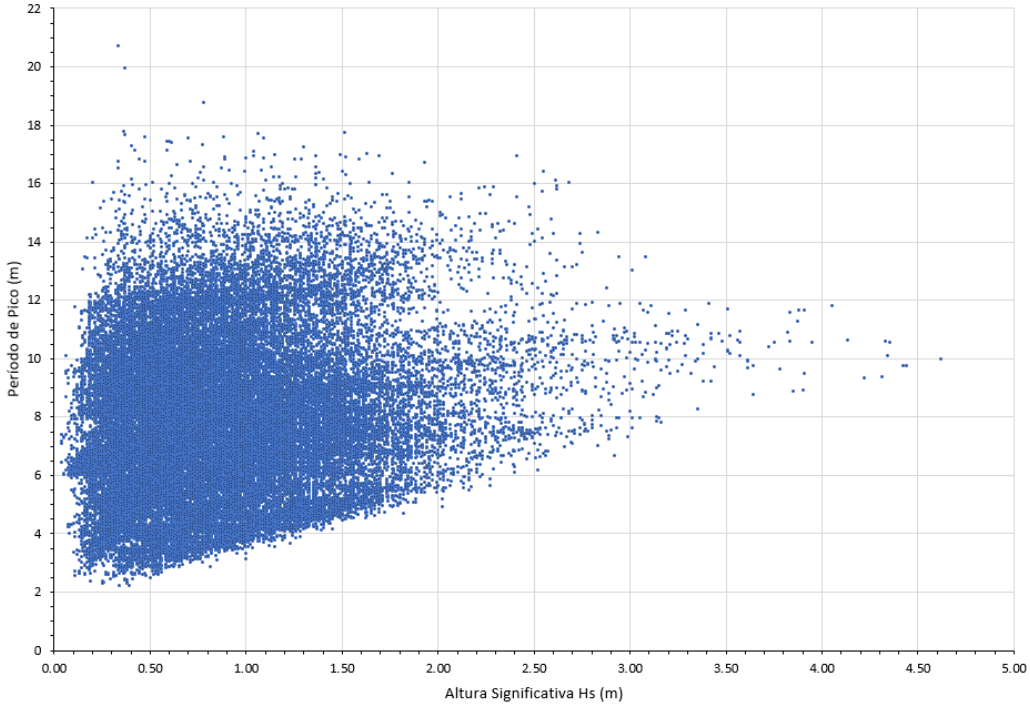


Figura 49: Diagrama de dispersión de alturas de ola en la zona del canal que está protegida por las obras de abrigo

Tabla 3 Estadística de olas en el Área de Maniobras

Clase Hs (m)	*Frecuencia*	*Porcentaje Superación*
0,1	4,963%	70,404%
0,2	18,299%	65,441%
0,3	16,456%	47,142%
0,4	9,389%	30,685%
0,5	5,823%	21,296%
0,6	4,435%	15,473%
0,7	3,221%	11,037%
0,8	1,985%	7,816%
0,9	1,630%	5,831%
1,0	1,265%	4,201%
1,1	0,828%	2,936%
1,2	0,636%	2,108%
1,3	0,394%	1,472%
1,4	0,266%	1,077%
1,5	0,189%	0,811%
1,6	0,150%	0,622%
1,7	0,113%	0,473%
1,8	0,091%	0,360%
1,9	0,062%	0,269%
2,0	0,042%	0,207%
2,1	0,034%	0,165%
2,2	0,034%	0,131%
2,3	0,016%	0,096%
2,4	0,015%	0,080%
2,5	0,016%	0,065%
2,6	0,013%	0,048%
2,7	0,006%	0,035%
2,8	0,008%	0,029%
2,9	0,004%	0,022%
3,0	0,003%	0,018%
3,1	0,003%	0,015%
3,2	0,003%	0,013%
3,3	0,000%	0,010%
3,4	0,005%	0,010%
3,5	0,001%	0,005%
3,6	0,003%	0,004%
3,7	0,001%	0,001%

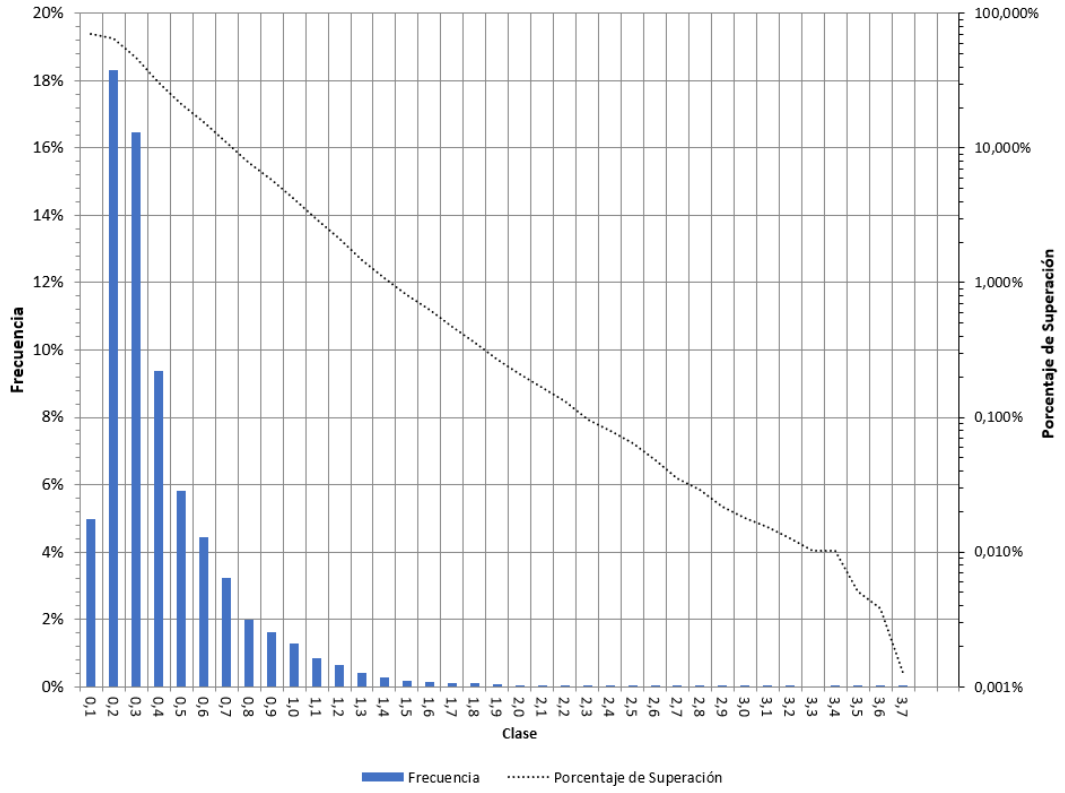


Figura 50: Histograma de alturas de ola en el área de Maniobras

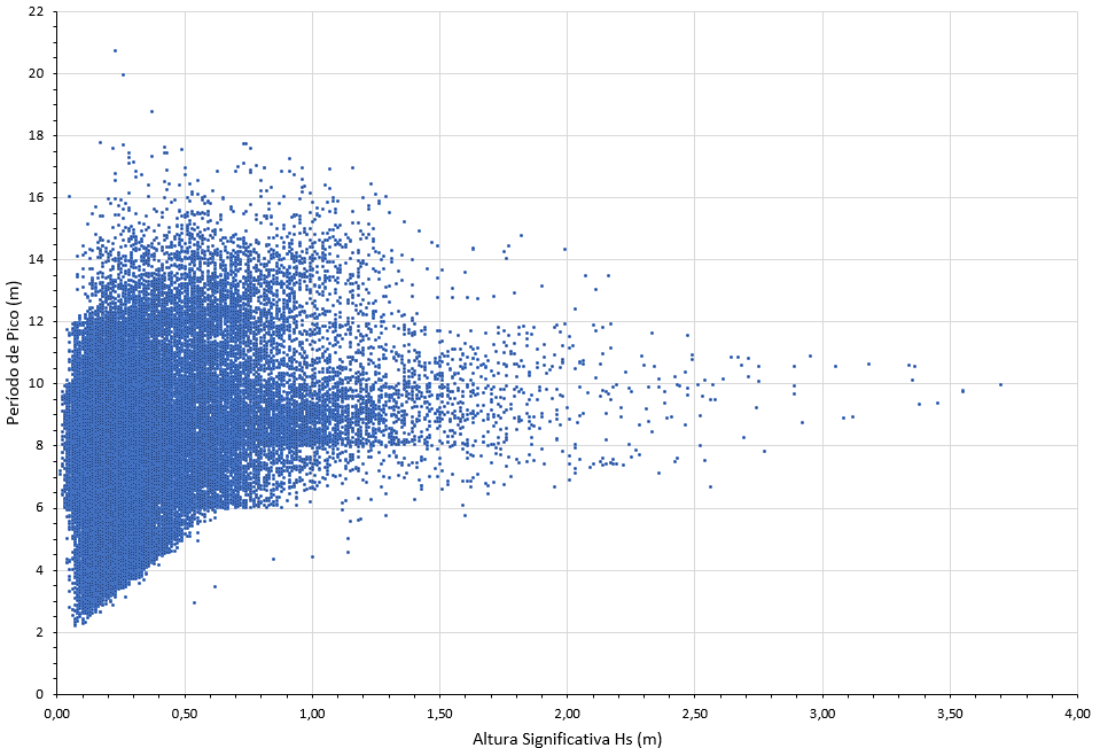


Figura 51: Diagrama de dispersión de alturas de ola en el área de Maniobras

Tabla 4 Estadística de olas en el Área de atraque del Portacontenedores (Dársena norte)

Clase Hs (m)	*Frecuencia*	*Porcentaje Superación*
0,1	48,653%	70,404%
0,2	17,565%	21,751%
0,3	3,167%	4,186%
0,4	0,797%	1,019%
0,5	0,141%	0,222%
0,6	0,046%	0,081%
0,7	0,029%	0,035%
0,8	0,006%	0,006%
0,9	0,000%	0,000%

La dirección de incidencia respecto del eje del buque será en ocasiones predominantemente longitudinal y en otras transversal especialmente en el sector más expuesto cercano al área de maniobras. Las condiciones de incidencia desde el Este y SSE tienden a generar olas longitudinales pues se originan en reflexiones.

Las Recomendaciones para Obras Marítimas Españolas (Norma ROM 3.1-99. Proyecto de la configuración marítima de los puertos, canales de acceso y áreas de flotación) indican que para que una terminal de contenedores pueda operar correctamente no debe superarse una altura significativa de ola de 0,5 metros en sentido longitudinal al atraque y 0,3 metros en sentido transversal. Los tiempos máximos de inoperatividad alcanzan 100 horas/año, 10 horas por mes y no más de 6 horas consecutivas. Estos requerimientos se reducen a la mitad (50 horas/año, 5 horas/mes y máximo 3 horas consecutivas) si los atraques se ocupan más del 40% del tiempo, lo cual no ocurriría en el presente caso.

El porcentaje de horas anuales máximo para alturas significativas de ola superiores 0,3 m es igual a un 1,1% del tiempo. Este valor se obtiene para una altura mayor a 0,4 m aproximadamente, intermedia entre los valores de 0,3 m y 0,5 m correspondientes a las incidencias transversal y longitudinal. Se considera que este resultado resulta aceptable.

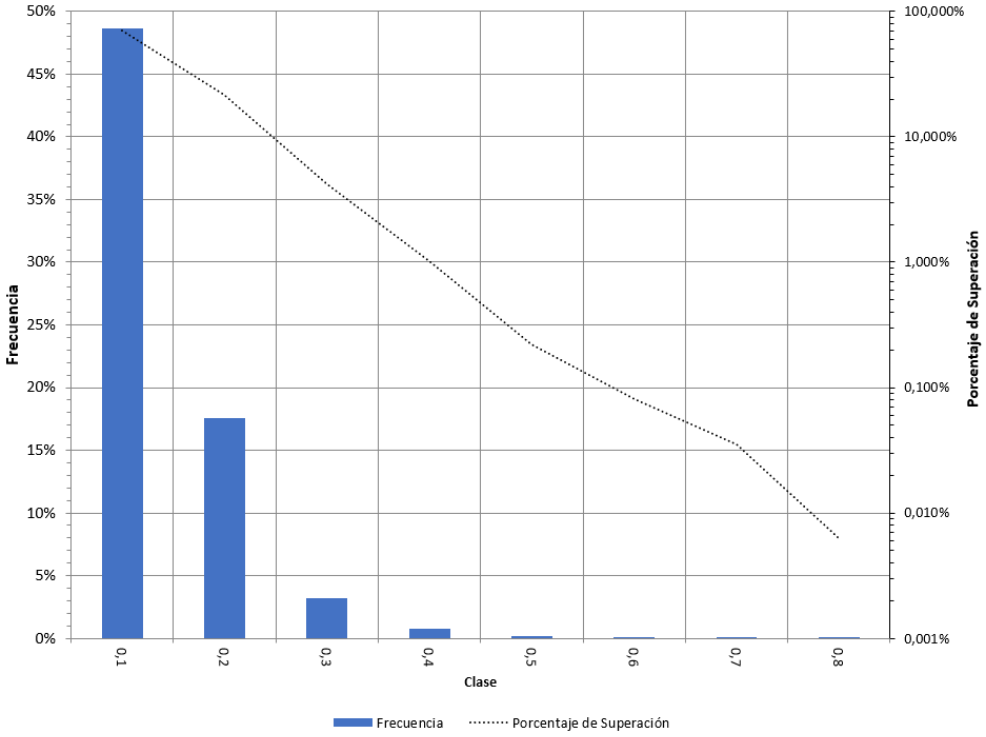


Figura 52: Histograma de alturas de ola en el área de Atraque de buques portacontenedores (Dársena norte)

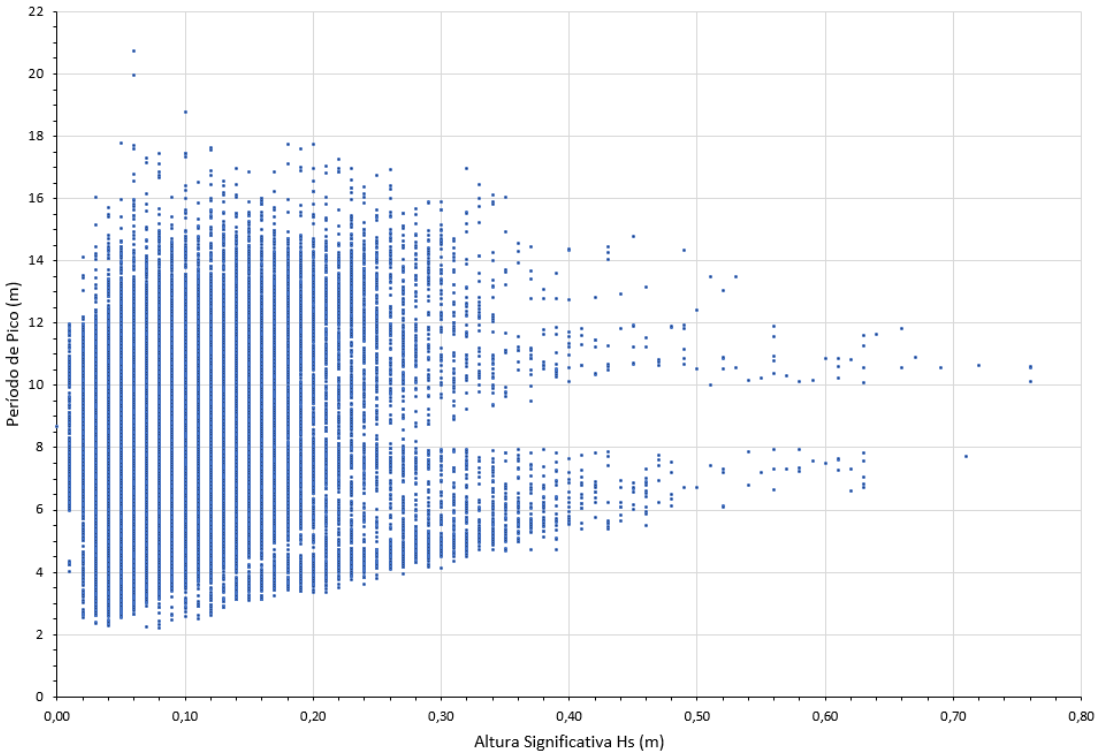


Figura 53: Diagrama de dispersión de alturas de ola en el área de atraque del Portacontenedores (Dársena norte)

En cuanto al futuro sitio de atraque en dársena sur, se obtuvo la siguiente estadística de oleaje:

Tabla 5 Estadística de olas en el futuro sitio de atraque en dársena sur.

Clase Hs (m)	*Frecuencia*	*Porcentaje Superación*
0,1	32,236%	70,404%
0,2	21,998%	38,168%
0,3	9,134%	16,170%
0,4	4,670%	7,035%
0,5	1,672%	2,365%
0,6	0,484%	0,693%
0,7	0,158%	0,209%
0,8	0,042%	0,051%
0,9	0,009%	0,009%
1,0	0,000%	0,000%

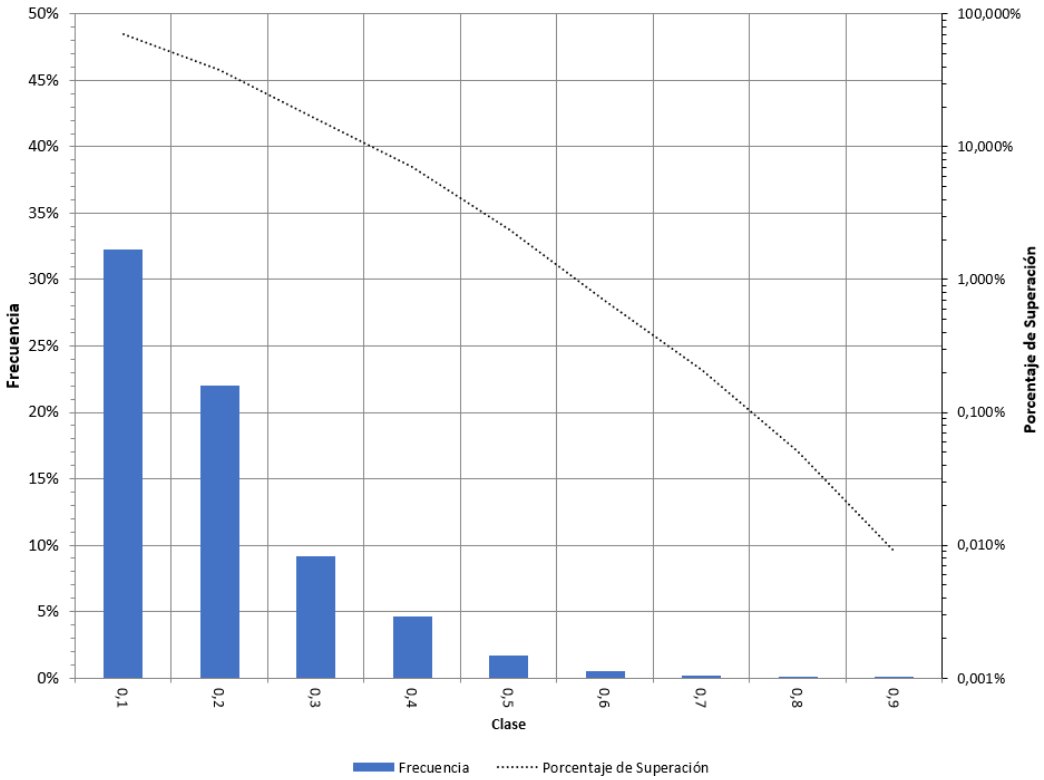


Figura 54: Histograma de alturas de ola en el futuro sitio de atraque en dársena sur

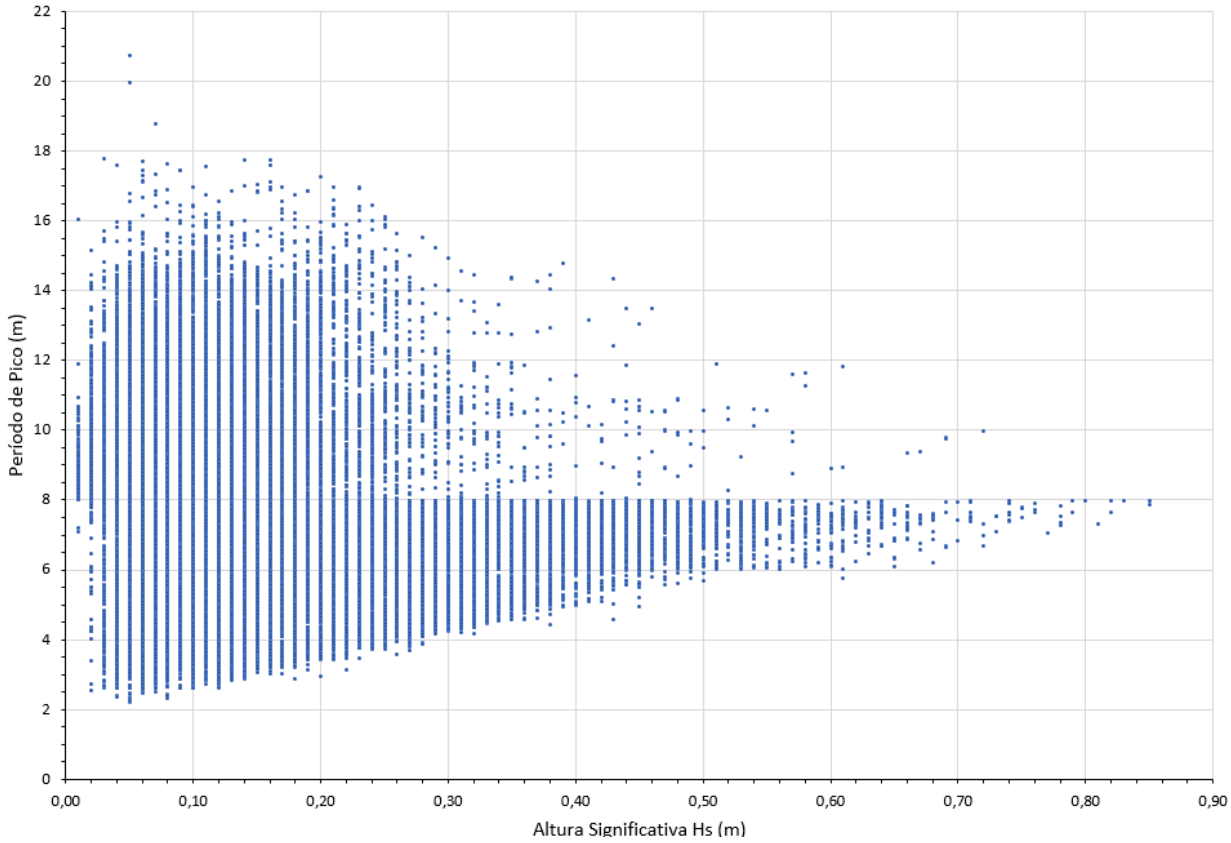


Figura 55: Diagrama de dispersión de alturas de ola en el futuro sitio de atraque en dársena sur

4 RESUMEN

El estudio de agitación interna, bajo las condiciones medioambientales descriptas en el informe 22044-PRG-IF-001 – Caracterización del clima marítimo y con el layout propuesto para las obras portuarias, demostraron que los niveles de agitación en el sitio de atraque en dársena norte (primera etapa de operación de buques portacontenedores) resultan compatibles con los límites operativos establecidos en las recomendaciones internacionales:

- No debe superarse una altura significativa de ola de 0,5 metros en sentido longitudinal al atraque y 0,3 metros en sentido transversal. Estos valores resultan compatibles con la estadística de oleaje incidente en este sitio de operación, la cual indica que una altura de ola de 30 cm se supera sólo el 4% del tiempo.

Clase Hs (m)	*Frecuencia*	*Porcentaje Superación*
0,1	48,653%	70,404%
0,2	17,565%	21,751%
0,3	3,167%	4,186%
0,4	0,797%	1,019%
0,5	0,141%	0,222%
0,6	0,046%	0,081%
0,7	0,029%	0,035%
0,8	0,006%	0,006%
0,9	0,000%	0,000%

- En cuanto a la dársena sur, se obtuvieron los siguientes porcentajes de superación de alturas de oleaje. En la planificación a largo plazo, deberá evaluarse la compatibilidad de la operación que se decida disponer en ese sector con los niveles de agitación aquí obtenidos.

Clase Hs (m)	*Frecuencia*	*Porcentaje Superación*
0,1	32,236%	70,404%
0,2	21,998%	38,168%
0,3	9,134%	16,170%
0,4	4,670%	7,035%
0,5	1,672%	2,365%
0,6	0,484%	0,693%
0,7	0,158%	0,209%
0,8	0,042%	0,051%
0,9	0,009%	0,009%
1,0	0,000%	0,000%

ESTUDIOS NÁUTICOS BÁSICOS E INGENIERÍA CONCEPTUAL PUERTO RÍO GRANDE, PROVINCIA DE TIERRA DEL FUEGO



ESTUDIO DE IMPACTO MORFOLÓGICO DE LAS OBRAS DE ABRIGO

22044-PRG-IF-005-Rev.B

Noviembre, 2022

Ing. Mauro Campos
Representante Técnico

Lic. Julio Cardini
Esp. en Modelación e Hidrosedimentología

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN 4

2 EVALUACIONES DE TRANSPORTE LITORAL 5

2.1 CONDICIONES DE OLEAJE 5
2.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS SEDIMENTOS COSTEROS 8
2.3 PERFIL DE EQUILIBRIO TRANSVERSAL A LA COSTA 13
2.4 FORMULACIONES DE CÁLCULO DEL TRANSPORTE LITORAL DE SEDIMENTOS 18

3 MODELACIÓN DEL IMPACTO MORFOLÓGICO SOBRE LA COSTA DE LA PRESENCIA DE LAS OBRAS DE ABRIGO 26

3.1 DESCRIPCIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO 26
3.2 IMPLEMENTACIÓN Y OPERACIÓN DEL MODELO 29

4 CONCLUSIONES 40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Estadística direccional de oleaje en el punto de grilla offshore 6
Tabla 2 Estadística direccional de oleaje transformada a 10 m de profundidad al cero y Nivel Medio del Mar 8
Tabla 3 Ubicación de muestras de sedimentos de playa 9
Tabla 4 Estimaciones teóricas del transporte litoral 24

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación del punto de grilla WAVERYS empleado como base para la estadística de oleaje 5
Figura 2 Histograma Altura Significativa de ola en la zona costera (profundidad 10 m) en altura de Marea Media 7
Figura 3 Histograma Altura Significativa de ola en la zona costera (profundidad 10 m) en Bajamar de Sicigias de Perigeo 7
Figura 4 Ubicación de las muestras de sedimento de playa 9
Figura 5 Zona de extracción y Granulometría de Muestra M4. Diámetro D_{50} = 0,27 mm 10
Figura 6 Zona de extracción y Granulometría de Muestra M5. Diámetro D_{50} = 1,6 mm ... 11
Figura 7 Zona de extracción y Granulometría de Muestra M6. Diámetro D_{50} = 0,60 mm. 12
Figura 8 Perfiles topobatimétricos relevados 16
Figura 9 Ajuste del Perfil de Equilibrio para los perfiles topobatimétricos relevados 17
Figura 10 Reducción del transporte litoral en función del diámetro D50 (Van Rijn, 2002) para un ángulo de incidencia offshore de 30°, una altura de ola significativa de 3 m en una profundidad de 15 m 21
Figura 11 Comparación de formulaciones de transporte versus datos medidos 23

Figura 12 Transporte litoral bruto acumulado según el método de Van Rijn con ángulo de la costa 45º y corrientes de marea 25
Figura 13 Esquema general del modelo 30
Figura 14 Detalle del esquema del modelo en el entorno del puerto 31
Figura 15 Transporte litoral neto y hacia cada dirección medio anual modelado 32
Figura 16 Cambio en la línea de costa modelado luego de 25 años 32
Figura 17 Evolución de la línea de costa luego de 5 años y evolución máxima alcanzada a los 25 años 33
Figura 18 Evolución de la línea de costa luego de 10 años y evolución máxima alcanzada a los 25 años 34
Figura 19 Evolución de la línea de costa luego de 15 años y evolución máxima alcanzada a los 25 años 35
Figura 20 Evolución máxima de la línea de costa en 25 años 36
Figura 21 Variación máxima de la línea de costa en 25 años con descarga de by-pass de arena de 350 m^3/día a unos 40 a 100 metros de la obra de abrigo Sudeste 38
Figura 22 Variación máxima de la línea de costa en 25 años con descarga de by-pass de arena de 500 m^3/día a unos 500 a 600 metros de la obra de abrigo Sudeste 39

ESTUDIO DE IMPACTO MORFOLÓGICO DE LAS OBRAS DE ABRIGO

1 INTRODUCCIÓN

La empresa privada Mirgor, con sedes en Buenos Aires y Río Grande (Tierra del Fuego) y dedicada a la fabricación y distribución de productos tecnológicos (entre otros), ha encarado el estudio de una terminal portuaria al norte de la ciudad de Río Grande. Se trata de un puerto multipropósito ubicado en los predios adquiridos por la empresa, a 25 km de dicha ciudad fueguina. En consecuencia, se realizan los estudios de base para el desarrollo de la ingeniería conceptual de la terminal.

En el presente documento se desarrollan los estudios realizados para estimar los posibles impactos morfológicos sobre la línea de costa de la interposición de las obras de abrigo en el transporte litoral de sedimentos causado por las olas y corrientes.

En el Capítulo 2 de desarrollan las estimaciones teóricas del transporte litoral, presentando en primer lugar la estadística de oleaje cercano a la costa que se adoptó como base de cálculo, y las características de los sedimentos costeros obtenidas de los muestreos y análisis granulométricos efectuados.

En el Capítulo 3 se describe el modelo de evolución de la línea de costa aplicado detallando su implementación para representar las obras de abrigo diseñadas, y los resultados obtenidos en cuanto a la evolución de la línea de costa.

Al obtenerse como era previsible un retroceso significativo de la línea de costa en el tramo ubicado al SE de las obras de abrigo, se efectúan diversos análisis para estimar las acciones de transferencia artificial de sedimentos desde el NW al SE de la zona portuaria (denominado by-pass), que permitan mitigar los impactos a un nivel aceptable.

Finalmente, en el Capítulo 4 se resumen las conclusiones alcanzadas.

2 EVALUACIONES DE TRANSPORTE LITORAL

2.1 CONDICIONES DE OLEAJE

Las condiciones de oleaje cada 3 horas provistas por el sistema WAVERYS, dentro de la iniciativa Copernicus Marine Service (o Copernicus Marine Environment Monitoring Service) , la componente marina del Programa Copernicus de la Unión Europea, para un período de 27 años (1993 – 2019), en el punto de la grilla del modelo más cercano, Latitud 53,6º y Longitud 67,8º, a unos 9,5 km de la costa con 30 metros de profundidad al cero, y frente a la zona de estudio (ver Figura 1), se presentan en el documento 22044-PRG-IF-001- Caracterización del Clima Marítimo.

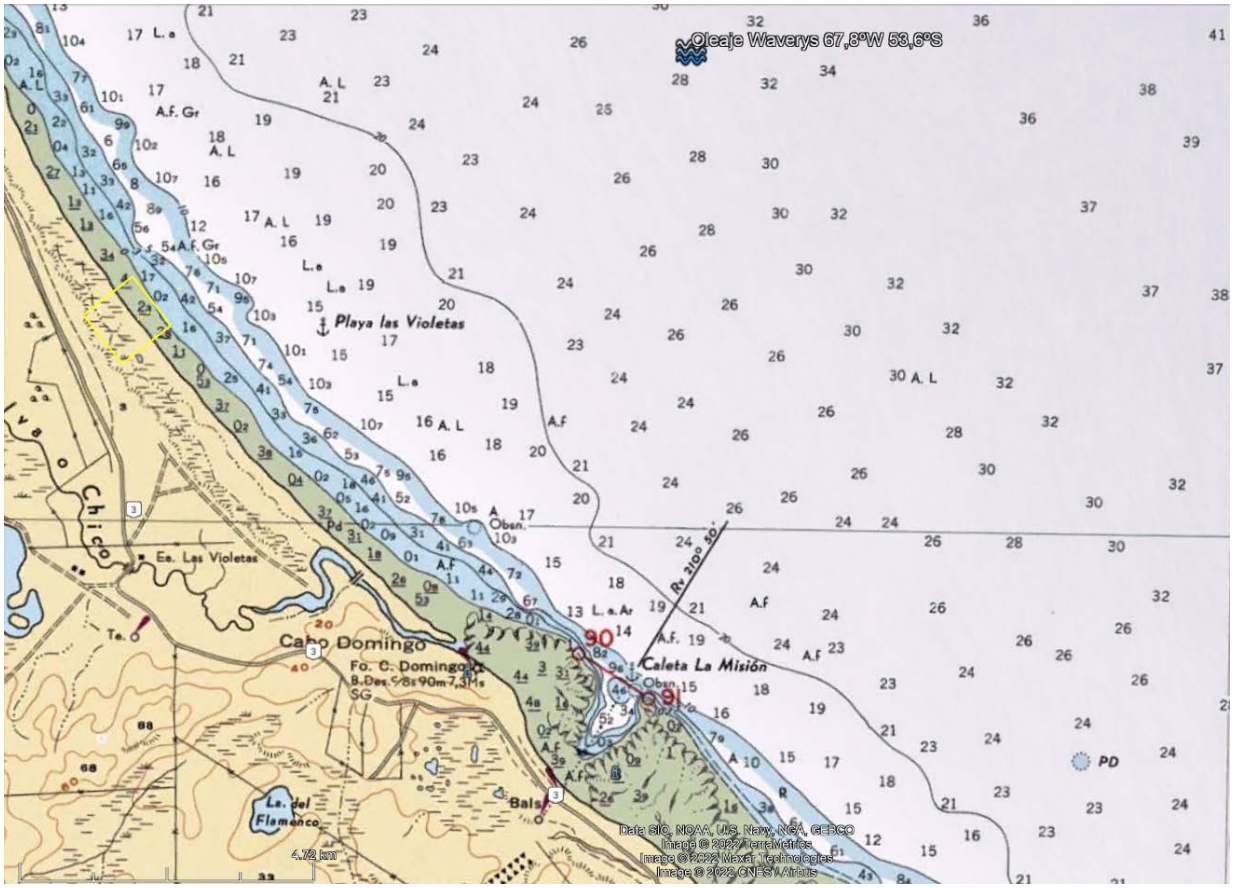


Figura 1 Ubicación del punto de grilla WAVERYS empleado como base para la estadística de oleaje

Los datos de oleaje se han trasladado hasta una profundidad de 10 metros al cero (aproximadamente 15 metros al Nivel Medio del Mar – NMM), considerando los efectos de refracción y bajío (shoaling o asomeramiento).

La orientación general de la costa es aproximadamente SE (135º) – NW (315º), por lo cual el rango de direcciones de incidencia de interés va del NNW al ESE.

En la siguiente Tabla se reproduce la estadística direccional de altura significativa de olas en el punto de grilla para ese rango de direcciones, que abarca más del 66% del tiempo.

Tabla 1 Estadística direccional de oleaje en el punto de grilla offshore

Hs (m)\Dir (º)	NNW	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	TOTAL	Acumulado	Coacumulado
0,0-0,25		0,011%	0,014%	0,060%		0,038%	0,030%	0,153%	0,153%	66,426%
0,25-0,5	0,023%	0,166%	0,717%	1,607%	0,001%	0,928%	0,887%	4,330%	4,484%	66,272%
0,5-0,75	0,099%	0,563%	2,592%	3,766%	0,005%	1,967%	1,402%	10,394%	14,878%	61,942%
0,75-1,0	0,196%	0,976%	3,922%	4,980%	0,005%	2,597%	1,190%	13,868%	28,746%	51,548%
1,0-1,25	0,212%	1,029%	4,039%	5,157%	0,015%	2,182%	0,710%	13,343%	42,089%	37,680%
1,25-1,5	0,232%	0,990%	2,983%	3,775%	0,014%	1,591%	0,345%	9,929%	52,018%	24,337%
1,5-1,75	0,176%	0,778%	1,948%	2,382%	0,015%	0,897%	0,193%	6,390%	58,408%	14,408%
1,75-2,0	0,118%	0,502%	1,014%	1,296%	0,019%	0,423%	0,106%	3,478%	61,886%	8,018%
2,0-2,25	0,089%	0,281%	0,614%	0,646%	0,003%	0,237%	0,052%	1,922%	63,808%	4,539%
2,25-2,5	0,037%	0,189%	0,371%	0,387%	0,008%	0,127%	0,033%	1,151%	64,959%	2,618%
2,5-2,75	0,009%	0,095%	0,196%	0,212%	0,003%	0,067%	0,010%	0,592%	65,551%	1,467%
2,75-3,0	0,009%	0,047%	0,091%	0,134%	0,008%	0,065%	0,009%	0,363%	65,914%	0,875%
3,0-3,25	0,001%	0,034%	0,053%	0,085%	0,003%	0,041%	0,005%	0,222%	66,136%	0,512%
3,25-3,5	0,001%	0,018%	0,033%	0,037%	0,001%	0,015%	0,004%	0,109%	66,245%	0,290%
3,5-3,75	0,003%	0,005%	0,010%	0,027%	0,003%	0,013%		0,060%	66,304%	0,181%
3,75-4,0		0,005%	0,020%	0,019%	0,001%	0,008%	0,001%	0,055%	66,359%	0,122%
4,0-4,25		0,006%	0,005%	0,009%	0,006%	0,009%	0,001%	0,037%	66,395%	0,067%
4,25-4,5		0,004%	0,001%	0,005%	0,001%	0,003%		0,014%	66,409%	0,030%
4,5-4,75		0,004%		0,001%		0,001%	0,001%	0,008%	66,417%	0,016%
4,75-5,0		0,003%	0,001%			0,003%		0,006%	66,423%	0,009%
5,0-5,25						0,001%		0,001%	66,425%	0,003%
5,25-5,5									66,425%	0,001%
5,5 <							0,001%	0,001%	66,426%	0,001%
TOTAL	1,204%	5,707%	18,626%	24,584%	0,110%	11,212%	4,982%	66,426%		

La Figura 2 muestra el histograma de altura significativa Hs transformada para el Nivel Medio del Mar, mientras que la Figura 3 lo presenta para una condición de Bajamar de Sicigias de Perigeo (0,7 m al cero del SHN).

La Tabla 2 muestra la estadística de las alturas significativas de ola transformadas en una profundidad de 10 m al cero y para condiciones de nivel medio clasificadas por dirección.

.

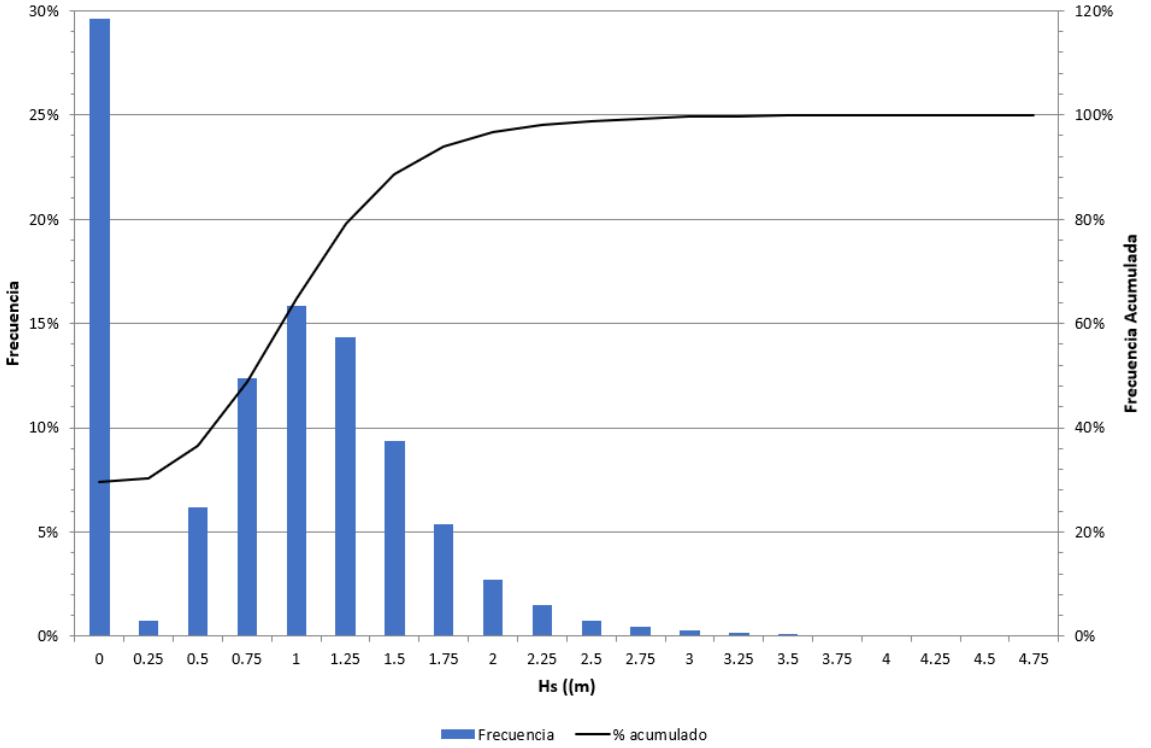


Figura 2 Histograma Altura Significativa de ola en la zona costera (profundidad 10 m) en altura de Marea Media

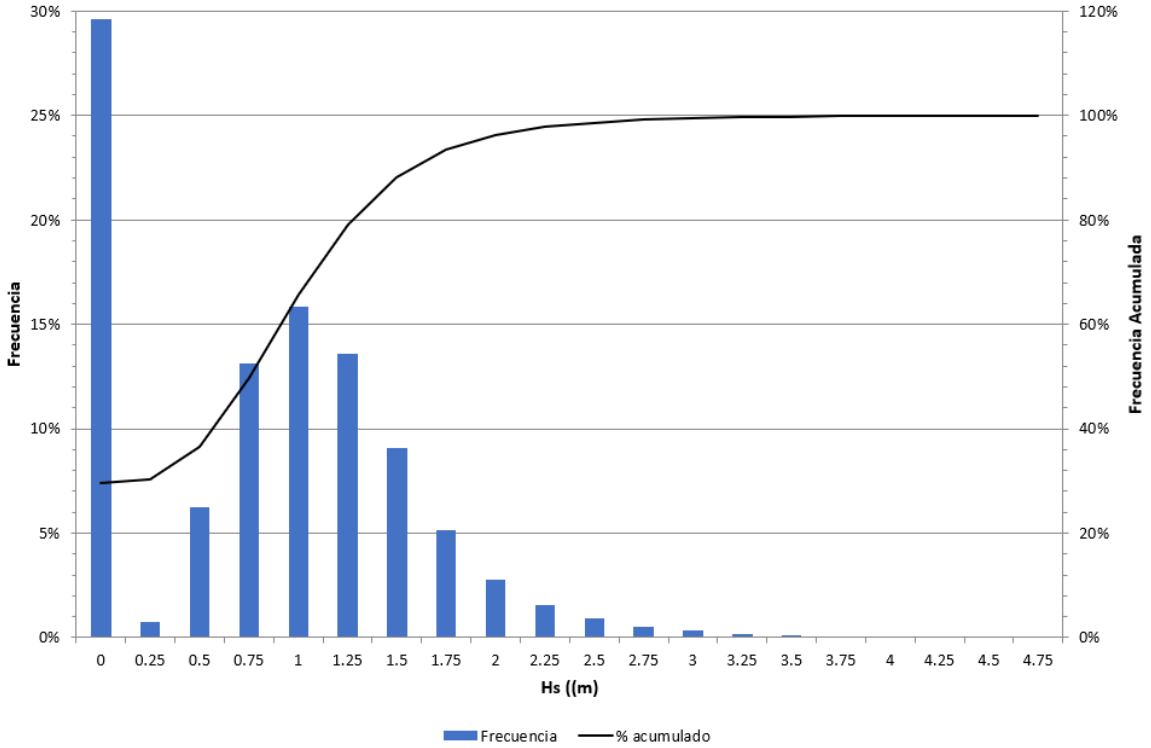


Figura 3 Histograma Altura Significativa de ola en la zona costera (profundidad 10 m) en Bajamar de Sicigias de Perigeo

Tabla 2 Estadística direccional de oleaje transformada a 10 m de profundidad al cero y Nivel Medio del Mar

Hs (m)\Dir (º)	NNW	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	TOTAL	Acumulado	Coacumulado
0,0-0,25	0,005%	0,014%	0,032%	0,093%	0,004%	0,491%	0,089%	0,726%	0,726%	69,523%
0,25-0,5	0,065%	0,200%	0,967%	1,789%	0,254%	2,487%	0,371%	6,133%	6,859%	68,796%
0,5-0,75	0,265%	0,631%	3,116%	4,031%	0,593%	3,016%	0,434%	12,085%	18,945%	62,664%
0,75-1,0	1,192%	0,987%	4,288%	5,269%	0,761%	2,505%	0,393%	15,395%	34,340%	50,578%
1,0-1,25	1,198%	0,996%	4,263%	5,226%	0,606%	1,794%	0,232%	14,315%	48,655%	35,183%
1,25-1,5	0,335%	0,832%	3,033%	3,573%	0,515%	1,008%	0,079%	9,374%	58,029%	20,868%
1,5-1,75	0,171%	0,442%	1,866%	2,103%	0,285%	0,459%	0,023%	5,349%	63,378%	11,494%
1,75-2,0	0,039%	0,133%	1,055%	1,093%	0,164%	0,238%	0,004%	2,725%	66,104%	6,144%
2,0-2,25	0,004%	0,051%	0,660%	0,606%	0,095%	0,077%	0,000%	1,493%	67,597%	3,419%
2,25-2,5	0,001%	0,011%	0,356%	0,304%	0,048%	0,057%	0,000%	0,778%	68,375%	1,926%
2,5-2,75	0,000%	0,005%	0,200%	0,200%	0,035%	0,037%	0,000%	0,478%	68,853%	1,147%
2,75-3,0	0,000%	0,004%	0,108%	0,122%	0,025%	0,022%	0,000%	0,280%	69,133%	0,669%
3,0-3,25	0,000%	0,000%	0,053%	0,072%	0,015%	0,005%	0,000%	0,146%	69,279%	0,389%
3,25-3,5	0,000%	0,001%	0,034%	0,038%	0,011%	0,006%	0,000%	0,091%	69,370%	0,243%
3,5-3,75	0,000%	0,000%	0,014%	0,025%	0,006%	0,008%	0,000%	0,053%	69,424%	0,152%
3,75-4,0	0,000%	0,000%	0,019%	0,020%	0,004%	0,001%	0,000%	0,044%	69,468%	0,099%
4,0-4,25	0,000%	0,000%	0,010%	0,013%	0,005%	0,001%	0,000%	0,029%	69,497%	0,055%
4,25-4,5	0,000%	0,000%	0,003%	0,003%	0,005%	0,004%	0,000%	0,014%	69,511%	0,025%
4,5-4,75	0,000%	0,000%	0,006%	0,004%	0,000%	0,001%	0,000%	0,011%	69,523%	0,011%
TOTAL	1,204%	5,707%	18,626%	24,584%	0,110%	11,212%	4,982%	69,523%		

2.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS SEDIMENTOS COSTEROS

La zona de estudio forma parte de la costa atlántica septentrional de la isla, caracterizada por la presencia de extensas y amplias geoformas litorales conformadas por grava y arena gruesa, generadas a partir de la erosión y el retrabajo de acantilados constituidos por sedimentitas cenozoicas y depósitos glacigénicos. La gran energía disponible en la zona litoral, a partir de su régimen macromareal y de la acción del oleaje, ha facilitado el desarrollo de extensas planicies de cordones litorales y espigas (Montes, 2015)[1]. En el intermareal medio y alto se reconocen depósitos de arena gruesa y grava, en general bimodales y mal seleccionados.

[1] Morfología y evolución de depósitos litorales del Holoceno en la zona del río Chico, Tierra del Fuego. Tesis Doctoral. Autor: Alejandro Montes. Director: Gustavo Gabriel Bujalesky. CoDirector: José Matildo Paredes. Año 2015. Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. Facultad de Ciencias Naturales. Departamento de Geología

Por otro lado, la planicie de baja marea posee una pendiente muy suave (≈1°) y puede ser completamente plana o presentar suaves irregularidades generadas por canales que se activan durante las bajantes o por el desarrollo de formas de lecho (generalmente óndulas de crestas sinuosas. Los canales mareales se alinean con el quiebre de pendiente generado entre el intermareal medio y bajo, o se distribuyen de manera perpendicular a la línea de costa. La planicie de baja marea está constituida principalmente por arena fina bien seleccionada, la cual se hace más fina y con mayor selección hacia la zona distal (Montes, 2015).

Para caracterizar la granulometría de los materiales que conforman la playa se obtuvieron tres muestras de sedimentos superficiales en las siguientes posiciones:

Tabla 3 Ubicación de muestras de sedimentos de playa

MUESTRA	FECHA	HORA	Geodésicas datum WGS'84		G.K. marco POSGAR 2007	
			LATITUD	LONGITUD	NORTE [m]	ESTE [m]
M4	08-10-2022	13:15	53°38'01.26895"S	67°56'06.77287"O	4056294	2570434
M5	08-10-2022	13:30	53°38'03.47344"S	67°56'12.09299"O	4056227	2570336
M6	08-10-2022	18:00	53°38'05.08659"S	67°56'15.58232"O	4056178	2570271

La muestra M4 se obtuvo en el punto más bajo posible accesible en bajamar, la Muestra M5 en el quiebre de pendiente donde se encuentran depósitos de grava y la muestra M6 en la duna costera, como se indica en las figuras siguientes:

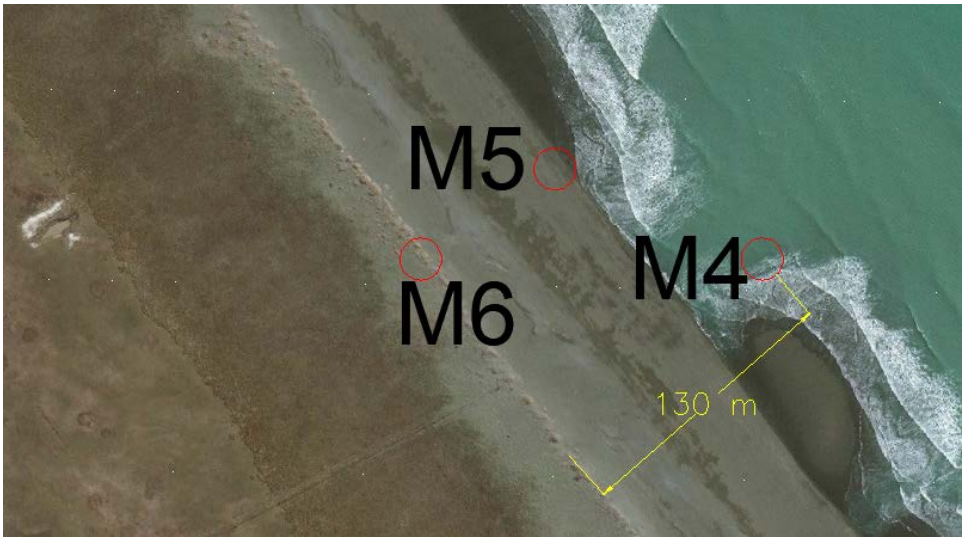


Figura 4 Ubicación de las muestras de sedimento de playa

La información granulométrica de estas muestras se presenta a continuación:

El diámetro D_{50} del material que compone la playa de baja pendiente que permanece siempre bajo el nivel del mar es del orden de 0,3 mm. La zona de mayor pendiente presenta una componente de gravas por lo cual su diámetro es mayor.

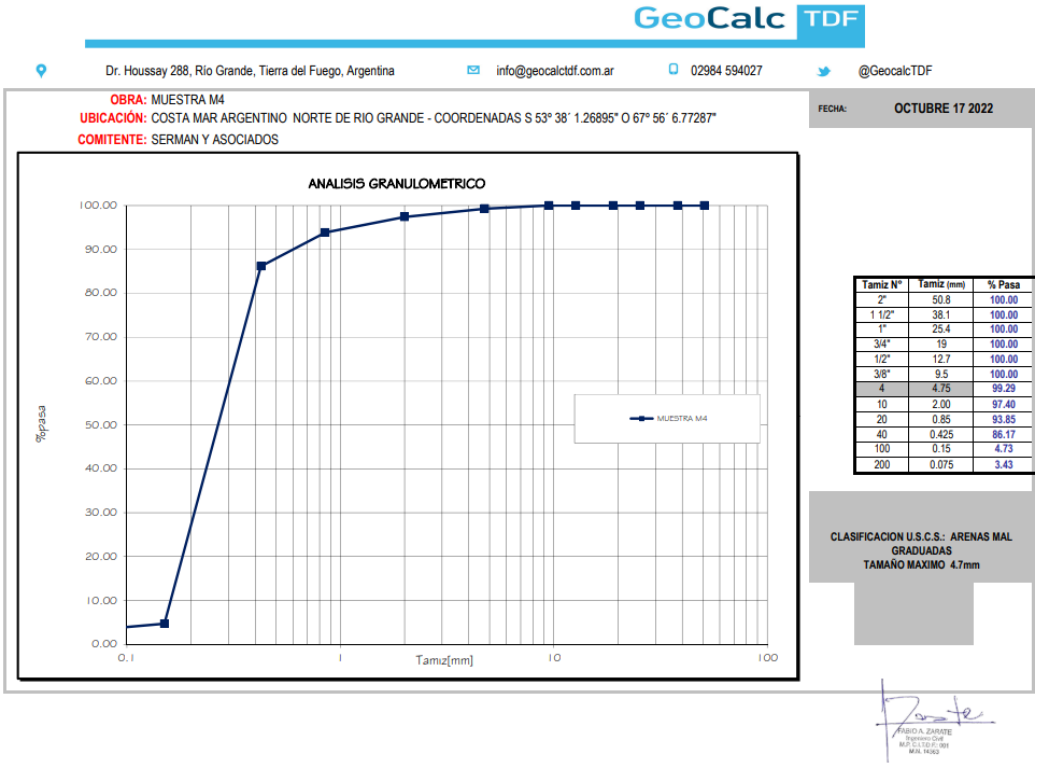




Figura 5 Zona de extracción y Granulometría de Muestra M4. Diámetro D_{50} = 0,27 mm

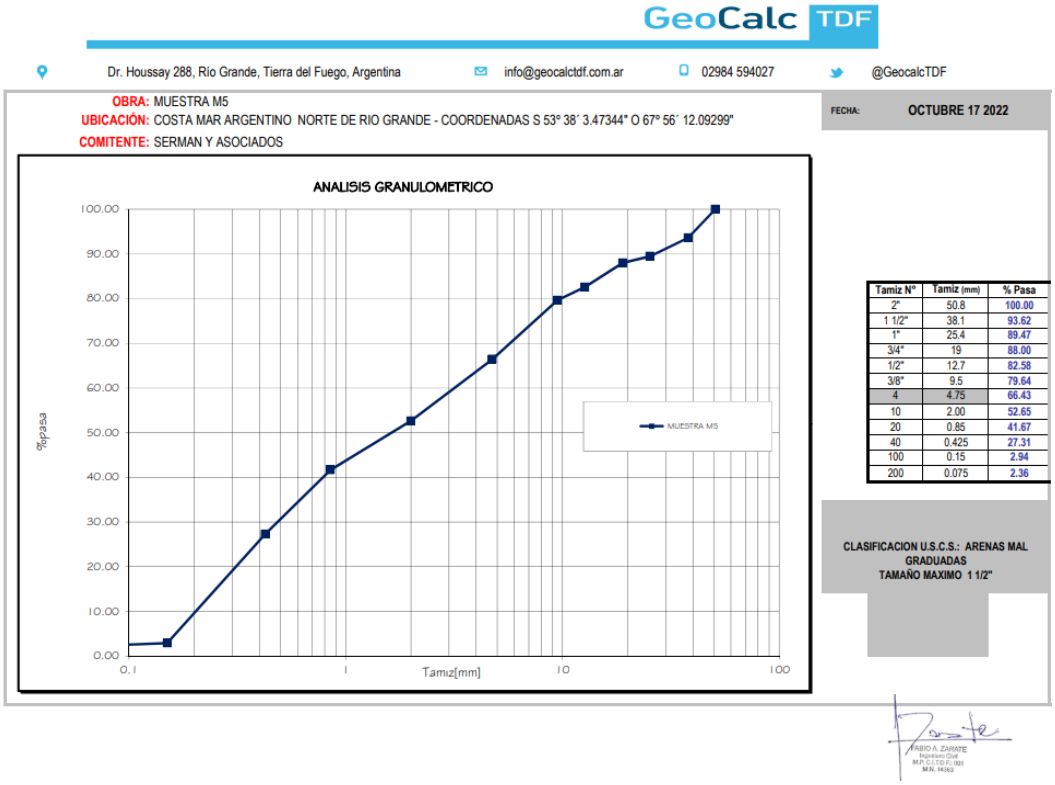
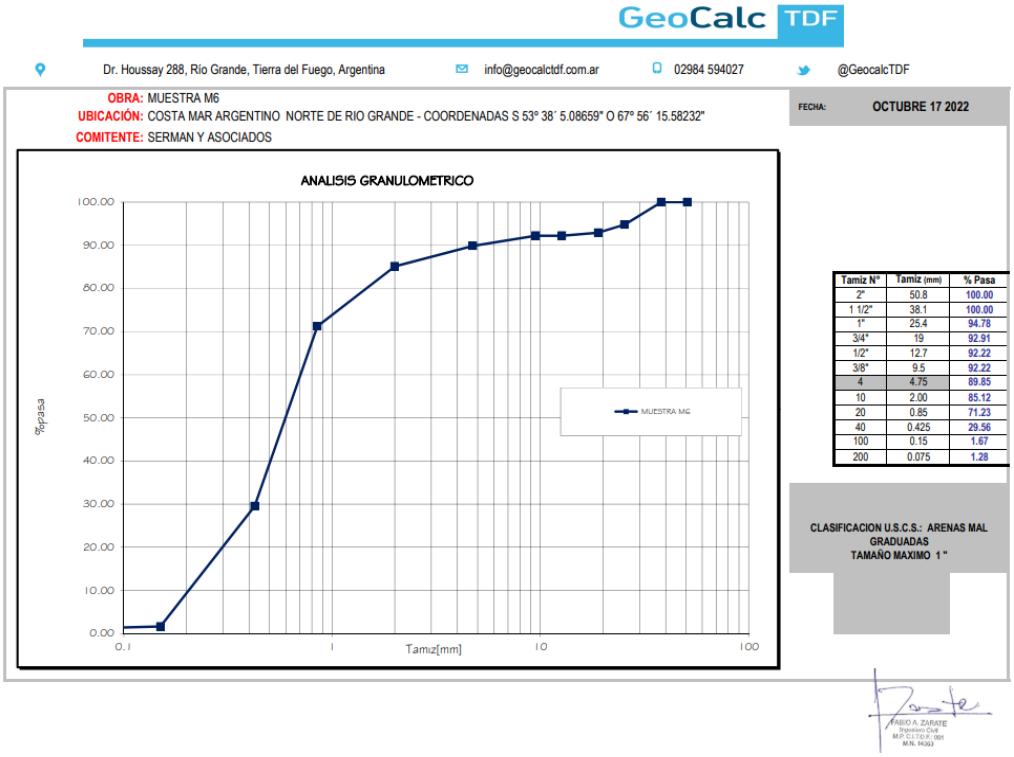




Figura 6 Zona de extracción y Granulometría de Muestra M5. Diámetro D_{50} = 1,6 mm



Tamiz N°	Tamiz (mm)	% Pasa
2"	50.8	100.00
1 1/2"	38.1	100.00
1"	25.4	94.78
3/4"	19	92.91
1/2"	12.7	92.22
3/8"	9.5	92.22
4	4.75	89.85
10	2.00	85.12
20	0.85	71.23
40	0.425	29.56
100	0.15	1.67
200	0.075	1.28



Figura 7 Zona de extracción y Granulometría de Muestra M6. Diámetro D_{50} = 0,60 mm

2.3 PERFIL DE EQUILIBRIO TRANSVERSAL A LA COSTA

El transporte de sedimentos en la zona costera está compuesto del transporte transversal a la costa y del transporte a lo largo de la misma, ambos regidos por parámetros tales como tamaño del grano del material de la playa, energía de olas, niveles del mar, morfología costera, etc...

Ambos transportes son responsables de las variaciones, estacionales o con tendencias definidas, de la línea de costa.

En general, se puede considerar que las distintas fuerzas que actúan sobre la zona costera afectando el movimiento de los sedimentos y la respuesta del perfil de playa están en equilibrio y el perfil permanece aproximadamente estático, con un transporte en dirección transversal a la costa que ocurre cuando cambian las condiciones hidrodinámicas de la zona costera. Esto es una aproximación pues en la naturaleza las fuerzas que afectan el equilibrio están cambiando permanentemente en función de los cambios de mareas, olas, corrientes y vientos.

En general, los métodos que se aplican para estudiar los cambios en el perfil se basan en el concepto de conservación del sedimento a través del mismo, esto es que cuando no existen gradientes a lo largo de la costa del transporte litoral, el transporte transversal a la costa causa una redistribución del sedimento en el perfil pero no permite la ganancia o pérdida netas de sedimento: la erosión/deposición de la cara expuesta del perfil requiere una deposición/erosión aguas adentro. Para los casos en que existan gradientes a lo largo de la costa del transporte litoral, es común asumir que el perfil avanza o retrocede uniformemente manteniendo su forma.

La forma general del perfil de equilibrio puede cuantificarse en función del tamaño del grano y de parámetros básicos de las olas.

Hellermeier (1988)[2] propuso la siguiente zonificación del perfil de playa:

Zona Exterior: En la cual no se detectan cambios del perfil.

Zona de asomeramiento: en la cual existen pequeños cambios en el perfil a lo largo del año, fundamentalmente debido al transporte transversal.

Zona litoral: en la cual se producen grandes cambios del perfil debido tanto a transporte longitudinal como a transporte transversal.

El límite oceánico de la fluctuación del perfil, denominado “profundidad de clausura o límite” delimita la zona sujeta a los cambios morfológicos de la zona exterior, y puede estimarse conociendo características básicas del clima de olas a través de ecuaciones derivadas empíricamente:

$h_c = 2{,}28\ H_e - 68{,}5\ (H_e^2/(g\ T^2))$

Dónde:

[2] Hallermeier, R.J., (1978). *Uses for a Calculated Limit Depth to Beach Erosion*. Proc. Int. Coastarl Engr. Conf. ASCE pp 1493-1512

Ing. Mauro Campos
Representante Técnico
Lic. Julio Cardini
Esp. en Modelación e Hidrosedimentología

h_c = profundidad de clausura

H_e = altura de ola significativa efectiva (correspondiente a las condiciones excedidas durante 12 horas en un año, o sea un 0,14% del tiempo).

T = periodo asociado a H_e

Birkemeier (1985)[3] obtuvo una expresión modificada a través del ajuste de numerosos perfiles de playa:

$h_c = 1{,}75\ H_e - 57{,}9\ (H_e^2/(g\ T^2))$

que puede ser aproximada, adoptando un valor medio de T = 5,7 $H_e^{(1/2)}$ *(R.O.M. 03.91), por:*

$h_c = 1{,}57\ H_e$

A través de la estadística de olas transformadas a una profundidad de 10 m se estima que H_e en condiciones de Bajamar de Sicigias de Perigeo es del orden de 3,7 m con un periodo asociado del orden de 11 segundos, resultando:

H_e	3,70	m	
T asociado	11	Seg (entre 9 y 12)	
h_c	7,7	m	Hallermeier (1978)
h_c	5,8	m	Birkemeier (1985)
Aproximación Ts	11,0	seg (R.O.M. 03.91)	
h_c	5,8	m	
Nivel de Bajamar	0,7	m (Sicigias Perigeo)	
Profundidad	-7,0	m al cero de mareas	Hallermeier (1978)
Profundidad	-5,1	m al cero de mareas	Birkemeier (1985)

La diferencia en el valor de H_e para el cálculo de transformación al nivel medio es muy leve pues resulta 3,57 m, pero el nivel de clausura queda mucho más elevado, lo cual es característico de una zona con régimen macromareal.

H_e	3,57	m	
T asociado	11	Seg (entre 9 y 12)	
h_c	7,4	m	Hallermeier (1978)
h_c	5,6	m	Birkemeier (1985)
Aproximación Ts	10,8	seg (R.O.M. 03.91)	
h_c	5,6	m	
Nivel Medio del mar	5,1	m	
Profundidad	-2,3	m al cero de mareas	Hallermeier (1978)
Profundidad	-0,5	m al cero de mareas	Birkemeier (1985)

[3] Birkemeier, W.A., (1985). *Field Data on Seaward Limit of Profile Change.* Journal of Waterway, Port Coastal an Ocean Engr. Vol. 111 No. 3

El resultado obtenido indica que la franja probable de transporte donde se pueden esperar cambios morfológicos durante eventos de oleaje en bajamar oscila entre los 5 y los 7 metros al cero local, según la formulación que se considere.

Los perfiles transversales a la playa se pueden caracterizar en función de la formulación de perfil de equilibrio deducida por Bruun (1954) y Dean (1977), aplicable a una gran variedad de playas:

$Y = A\, x^{2/3}$

Donde Y es la profundidad del agua en metros, x es la progresiva transversal contada a partir de la cresta de berma en metros y A es un parámetro empírico que depende del tamaño de grano medio de los sedimentos (Moore, 1982):

$A = 0{,}41\, d_{50}^{\,0{,}94}$ (para $d_{50} < 0{,}4$ mm)

$A = 0{,}23\, d_{50}^{\,0{,}32}$ (para 10 mm > d_{50} >= 0,4 mm)

$A = 0{,}23\, d_{50}^{\,0{,}28}$ (para 40 mm > d_{50} >= 10 mm)

$A = 0{,}46\, d_{50}^{\,0{,}11}$ (para d_{50} >= 40 mm)

Se han relevado 8 perfiles transversales a la costa cuya ubicación se ilustran en la **Figura 8**, para todos los cuales se han generado progresivas a partir del límite del predio, coincidente en forma aproximada con la cresta de la duna costera, resultando longitudes entre 2,2 y 2,7 km.

Se ajustó la ecuación de perfil de equilibrio desde aproximadamente el nivel medio del mar (5,1 m) hasta la isobata de 10 m ubicada a 1,3 km de distancia del origen. Considerando como indicador de ajuste el perfil Nº 7 (si bien son todos similares como se puede apreciar en la), utilizando un valor de D_{50} = 0,3 mm se obtiene un promedio del valor absoluto de las diferencias de 0,15 m con un desvío estándar de 0,17 m.

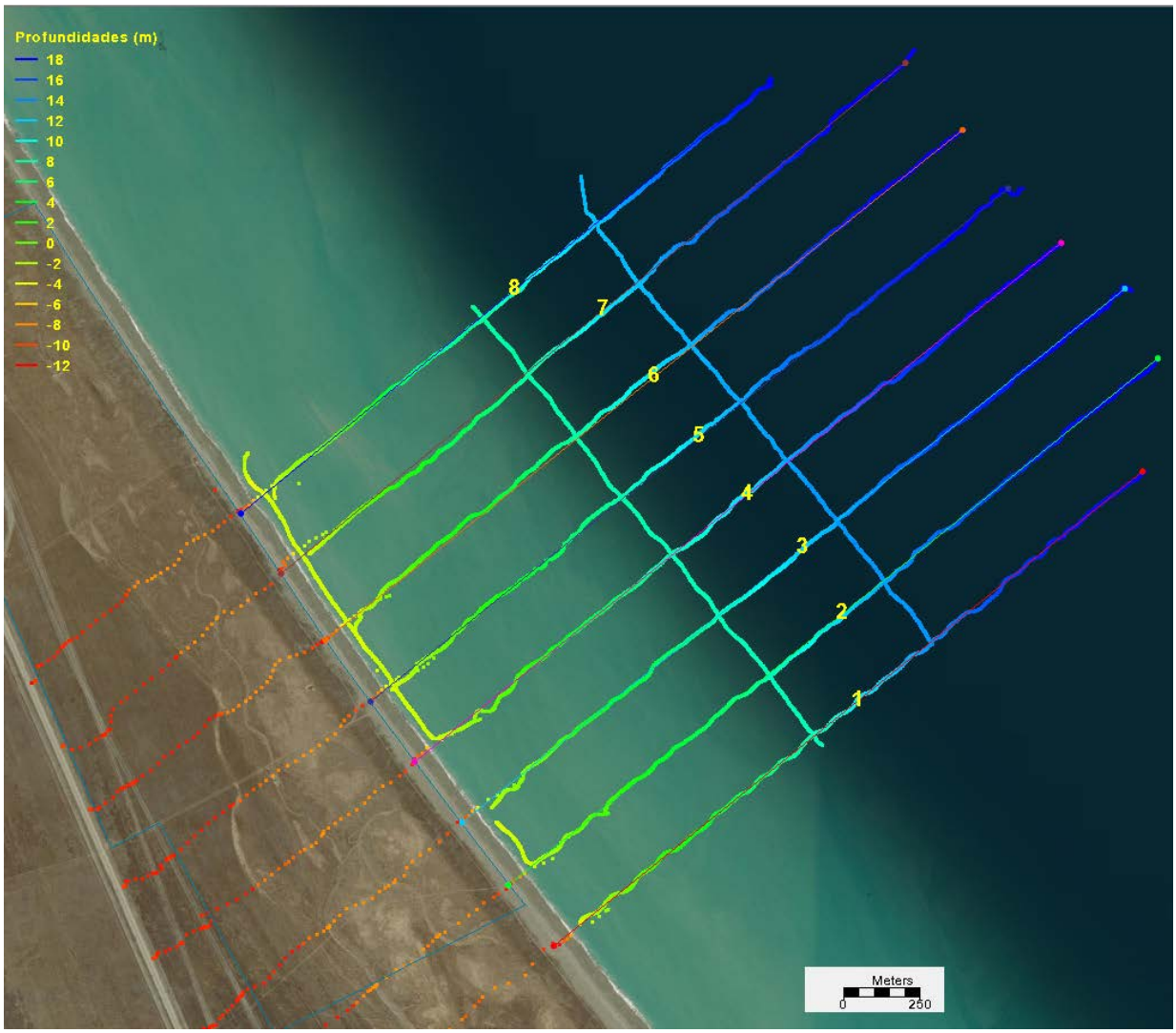


Figura 8 Perfiles topobatimétricos relevados

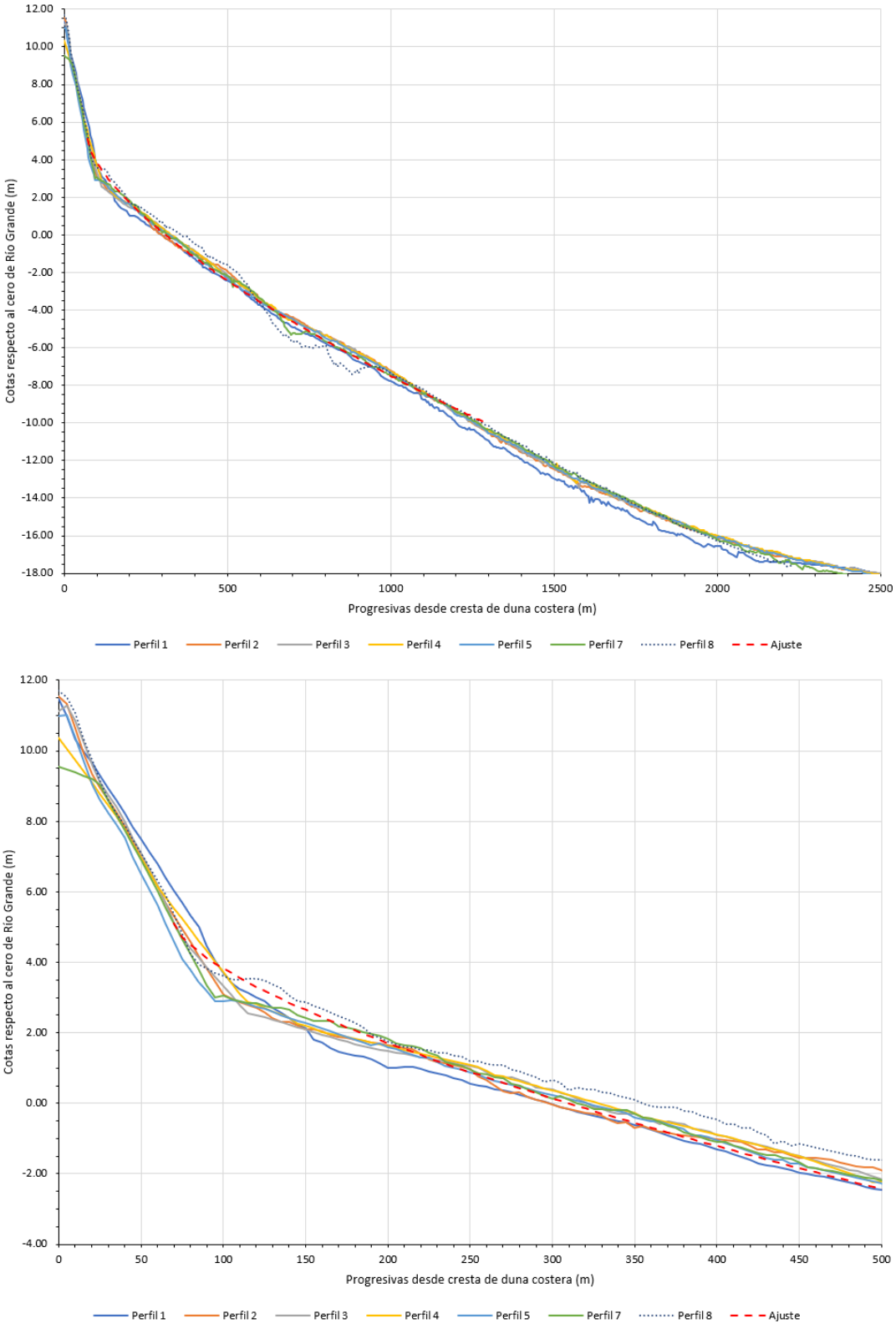


Figura 9 Ajuste del Perfil de Equilibrio para los perfiles topobatimétricos relevados

Ing. Mauro Campos
Representante Técnico

Lic. Julio Cardini
Esp. en Modelación e Hidrosedimentología

2.4 FORMULACIONES DE CÁLCULO DEL TRANSPORTE LITORAL DE SEDIMENTOS

La turbulencia generada por las olas rompientes posee una importante influencia sobre la magnitud del transporte. En un flujo fluvial, la distribución vertical de la concentración de sedimentos *c* tiene su máximo en el fondo y decrece exponencialmente hacia la superficie (sin llegar a anularse).

Dicha distribución es consecuencia de la distribución de la velocidad *U la cual presenta* su máximo en superficie y se anula en el fondo, de manera que el producto *c.U* (transporte) presenta un máximo cerca del lecho. En el caso de olas rompientes en cambio la turbulencia provocada por la rotura hace que el fluido tenga mayor capacidad de mantener el sedimento en suspensión, por lo cual el decaimiento de la curva de concentración con la altura *c(z)* es menos pronunciado, resultando en un mayor transporte de sedimentos en suspensión.

El transporte se produce normalmente porque el sedimento puesto en suspensión por la rompiente, es arrastrado por la corriente litoral, así como por las corrientes marinas y de marea.

La magnitud del transporte aumenta en general cuando lo hacen la altura de ola *H*, su período *T*, la velocidad de la corriente *U*, y cuando decrecen la profundidad *d*, el diámetro del material *D*, y el ángulo θ que forman la dirección de propagación de las olas con la corriente.

La formulación principalmente utilizada para estimar el transporte litoral paralelo a la costa (LST) es comúnmente conocida como la ecuación de CERC (Shore Protection Manual, US Army Corps of Engineers, 1984). Este método se basa en el principio que indica que la tasa de transporte litoral (LST, incluyendo cargas de fondo y en suspensión) es proporcional a la potencia del oleaje sobre la costa, P, por unidad de longitud de la playa; LST=K P, con K = coeficiente de calibración.

La fórmula de CERC ha sido calibrada utilizando datos de campo de playas de arena. Los efectos del diámetro de las partículas y de la pendiente de fondo han sido estudiados sistemáticamente por Kamphuis (1991), resultando en una ecuación para trasporte litoral de sedimentos más refinada. Se encontró que esta última ecuación provee el mejor ajuste entre tasas de transporte calculadas y medidos (Schoonees and Theron, 1993).

Fórmula del CERC

La fórmula original del CERC desarrollada por US Army Corps of Engineers es la siguiente:

$$Q_{t,mass} = 0{,}023\,(1-p)\,\rho_s\, g^{0,5}\,(\gamma_{br})^{-0,5}\,(H_{s,br})^{2,5}\,\sin(2\theta_{br}) \qquad (1)$$

con :

$Q_{t,mass}$ = transporte litoral de arena (Kg/s),

p = factor de porosidad del material de fondo (-),

Ing. Mauro Campos
Representante Técnico

Lic. Julio Cardini
Esp. en Modelación e Hidrosedimentología

ρ_s = densidad de sedimentos (kg/m^3),

γ_{br} = coeficiente de rotura (=$H_{s,br}/h_{br}$),

$H_{s,br}$ = altura de ola significativa en la línea de rompiente (m),

h_{br} = columna de agua en la línea de rompiente,

θ_{br} = ángulo de ola en la línea de rompiente (º).

Los parámetros más importantes son la altura de ola y el ángulo. Un error del 10% en la altura de ola en la línea de rompiente produce un error del 25 % en la tasa de transporte. De acuerdo con la ecuación (1), el transporte es lineal con θ_{br} para ángulos pequeños.

Según Van Rijn (*Principles of sedimentation and erosion engineering in rivers, estuaries and coastal seas*, 2012) la ecuación (1), es una fórmula tosca, que no tiene en cuenta la influencia del diámetro de la partícula y de la pendiente de la playa dentro de la zona de rompiente. Por lo tanto, la fórmula CERC es válida únicamente para un rango reducido de condiciones que representan los datos de calibración

De acuerdo con Kamphuis (1991), la fórmula CERC estándar sobreestima considerablemente las tasas de trasporte medidas para tamaños de grano en el rango de 0,2 a 0,6 mm y pendientes de playa en el rango tanβ= 0,01 to 0,1. La fórmula CERC no puede ser aplicada cuando las velocidades de corriente de marea son significativas. Dado que todos estos factores se encuentran presentes en la zona de estudio, se concluye que esa fórmula, que es la base de modelos de evolución de la línea de costa tales como el GENESIS (del U.S. Army Corps), no es aplicable en este caso particular sin que sea ajustada.

Fórmula de Kamphuis (1991)

Basado en análisis dimensional y calibración utilizando una gran cantidad de datos de laboratorio y de campo, el transporte litoral como masa sumergida (en kg/s) está dado por (Kamphuis, 2002):

$$Q_{t,im}=2{,}33\,(T_p)^{1,5}\,(\tan\beta)^{0,75}\,(d_{50})^{-0,25}\,(H_{s,br})^{2}\,[\sin(2\theta_{br})]^{0,6} \qquad (2)$$

con:

$Q_{t,\,im}$ = transporte litoral de sedimento (masa sumergida) (kg/s); la masa seca está relacionada con la masa sumergida por $Q_{t,mass}=\rho_s/(\rho_s-\rho_w)\ Q_{t,immersed\ mass}$; el factor de conversión es aproximadamente 1,64

$H_{s,br}$ = altura de ola significativa en la línea de rompiente (m);

θ_{br} = ángulo de ola en la línea de rompiente (º);

d_{50} = tamaño medio de partícula en la zona de rompiente (m);

tanβ = pendiente de playa definida como la relación entre la columna de agua en la línea de rompiente y la distancia desde la línea de aguas calmas (nivel medio del mar) a la línea de rompiente;

T_p = periodo de pico de la ola.

El valor 2,33 es un coeficiente adimensional relacionado con el sistema de unidades SI asumiendo agua salada (densidad 1030 kg/m^3).

De acuerdo con Dean (2002), los cambios de la línea de costa basados en este método son bastante sensibles al ángulo de incidencia del oleaje en la línea de rompiente para valores muy pequeños de este ángulo (<10º) debido al valor del exponente 0,6 en comparación con el método CERC (exponente 1).

Utilizando el método de Kamphuis, el gradiente del trasporte litoral y los cambios de la línea de costa asociados son proporcionales a: $1,2\ \cos(2\theta_{br})/(\sin(2\theta_{br}))^{0,4}\ (\partial\theta_{br}/\partial x)$.

Fórmula de Van Rijn (2001)

La fórmula simplificada para el trasporte litoral de arena (incluyendo todos los efectos) desarrollada por Van Rijn es la siguiente:

$$Q_{t,mass} = 42\ K_{swell}\ K_{grain}\ K_{slope}\ (H_{s,br})^{2,5}\ V_{eff,L} \qquad (3)$$

con:

$Q_{t,mass}$ = transporte litoral de arena (en kg/s, masa seca);

$H_{s,br}$ = altura de ola significativa en la línea de rompiente (m);

$V_{eff,L}$ = $V_{wave,L}+V_{tide,L}$= velocidad litoral efectiva en la mitad de la zona de rompiente (m/s) para velocidad de marea y velocidad inducida por oleaje; para cálculos de largo plazo puede asumirse que cada velocidad de marea (flujo y reflujo) está presente durante el 50 % del tiempo resultando en: $V_{eff,L} = V_{wave,L} + 0,5\ V_{tide,pos} + 0,5\ V_{tide,neg}$ (la velocidad de marea litoral es positiva para una corriente que viene desde la izquierda de la normal a la costa para un observador en la playa que mira hacia el mar; y negativa para una corriente proveniente de la derecha de la normal a la playa);

$V_{wave,\ L}$ = $0,3\ (gH_{s,br})^{0,5}\ \sin(2\theta_{br})$ = velocidad litoral inducida por oleaje en la mitad de la zona de rompiente (incluye efectos del viento);

$V_{tide,L}$ = velocidad litoral en la mitad de la zona de rompiente debido al forzado de la marea (= 0 para casos sin marea; y generalmente 0,1 a 0.3 m/s para micro-mareas, 0,3 a 0,5 m/s para meso-mareas, y 0,5 a 1 m/s para casos de macro-mareas);

θbr = ángulo de incidencia de ola en la línea de rompiente (en grados respecto a la normal a la costa; el ángulo de incidencia es positivo para olas provenientes de la izquierda de la normal a la costa para un observador en la playa mirando hacia el mar; el ángulo es negativo para olas provenientes de la derecha de la normal a la costa);

K_{swell} = T_{swell}/T_{ref} = factor de corrección de oleaje para ondas oceánicas (Swell) < 2 m, con T_{ref} = período de referencia de ola = 6 s ; K_{swell} = 1 para olas producidas por viento;

K_{grain} = $(d_{50,ref}/d_{50})$ = factor de corrección del tamaño de partícula ($d_{50,ref}$ = 0,2 mm), con $K_{grain,min}$=0,1 para d_{50}>2 mm;

Ing. Mauro Campos
Representante Técnico
Lic. Julio Cardini
Esp. en Modelación e Hidrosedimentología

K_{slope} = $(\tan\beta/\tan\beta_{ref})^{0.5}$= factor de corrección de pendiente ($K_{slope,max}$=1.25, $K_{slope,min}$=0.75); tanβ = pendiente actual del fondo, $\tan\beta_{ref}$ =0.01(pendiente de referencia); el perfil general de la pendiente se define como la pendiente entre la línea de aguas calmas y el contorno de profundidad de 8 m; tanβ=8/B con B = distancia entre la línea de aguas calmas y la ubicación del contorno de profundidad 8 m en el lecho del mar sobre la línea de rompiente externa); la pendiente de playa correspondiente a la zona de rompiente interior, no debe ser utilizada en el factor de corrección de pendiente.

Los coeficientes fueron derivados de una base de datos de tasas de transporte litoral generada por un modelo detallado basado en procesos de perfiles transversales a la costa (CROSMOR2000) para un amplio rango de condiciones (**Van Rijn, 2001**).

Los análisis realizados con el modelo para diámetros de arena entre 0,2 y 0,4 mm muestran que el transporte litoral decrece en un factor de 2 a 3, siendo el mayor valor de reducción correspondiente a las olas más altas (Hs>3 m). El transporte litoral decrece fuertemente en un factor al pasar de tamaños de partículas de 0,15 a 10 mm, como se puede apreciar en la figura siguiente. De acuerdo con Van Rijn el transporte de gravas es unas 10 veces menos intenso que el de arenas en las mismas condiciones de oleaje.

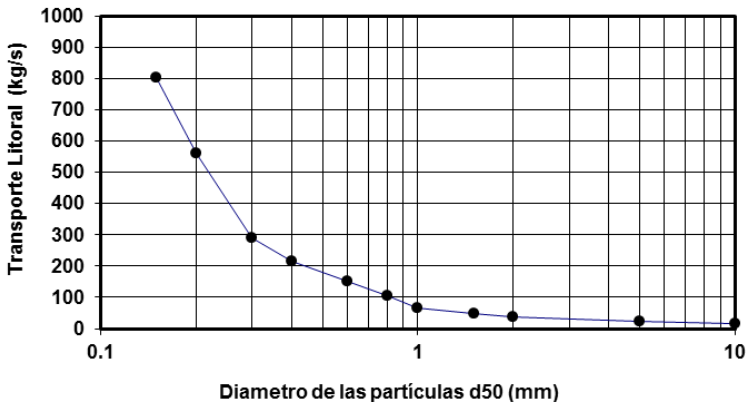


Figura 10 Reducción del transporte litoral en función del diámetro D50 (Van Rijn, 2002) para un ángulo de incidencia offshore de 30°, una altura de ola significativa de 3 m en una profundidad de 15 m

El método de Van Rijn es válido para olas en un rango entre 0,5 y 4 m y para condiciones sin marea hasta meso-mareas. El perfil de fondo puede ser una playa con pendiente monótona o un perfil con barras. El rango de aplicabilidad del rango de tamaño de partícula es entre 0,15 y 20 mm (arena fina a guijarros gruesos). El efecto de la velocidad de la marea es importante en especial para un ángulo pequeño de incidencia de las olas (<5º), debido a que la velocidad de la marea es de la misma magnitud de la corriente litoral inducida por oleaje para estas condiciones.

En el presente caso, la altura de las olas está en el rango de validez (sólo un 0,1% supera los 4 metros).

El efecto de la pendiente de la playa está en línea con los hallazgos de **Dean (2002)**. Él asume que la fuerza litoral total ejercida por la rompiente de olas en forma oblicua es igual a $S_{xy,br}$ (componente litoral del vector de fuerza de radiación en la línea de rompiente).

El promedio del esfuerzo litoral ejercido en el fondo en la zona de rompiente (de ancho B) es: $\tau_b = S_{xy,br}/B$.

Asumiendo que: $Q_t = B\, q_t$ con $q_t = \alpha(\tau_b)^n$, resulta que: $Q_t = \alpha\, (S_{xy,br})^n\, B^{1-n}$.

Asumiendo: $B = h_{br}/\tan\beta$ y n = 1.5, resulta que: $Q_t = \alpha(h_{br})^{-0.5}\, (\tan\beta)^{0.5}\, (S_{xy,br})^{1.5}$.

Entonces, el transporte litoral es proporcional a $(\tan\beta)^{0.5}$.

Asumiendo una costa lisa y uniforme con contornos de profundidad paralelos, la profundidad de agua en la línea de rompiente (ubicación donde 5 % de las olas rompen) puede ser estimada como:

$$hbr = [(H_{s,o}^2\, c_o\, \cos\theta_o) / (\alpha\, \gamma^2\, g^{0,5})]^{0,4} \qquad (4)$$

El ángulo de incidencia en la línea de rompiente (θbr) puede ser determinado como:

$$\sin\theta_{br} = (c_{br}/c_o)\, \sin\theta_o \qquad (5)$$

con:

$H_{s,o}$ = altura de ola significativa en aguas profundas,

c_o, c_{br} = velocidad de propagación de la ola en aguas profundas y en la línea de rompiente,

θ_o, θ_{br} = ángulo de incidencia de la ola (relativo a la normal a la costa) en aguas profundas y en la línea de rompiente,

$\gamma = H_s,b_r/h_{br}$= coeficiente de rotura basado en un 5% de rompiente = 0,4,

α = 1,8, coeficiente de calibración,

$L_o = (g/2\pi)Tp^2$ = longitud de onda en aguas profundas.

La fórmula del CERC, como se mencionó, no tiene en cuenta la granulometría del sedimento y sobreestima el transporte en los casos en que el mismo no es muy fino, como ocurre en este caso. La fórmula de Kamphuis, tiene una dependencia fuerte con la pendiente de playa, lo cual lleva a una sobreestimación si la misma es empinada, como ocurre en la zona de estudio.

La siguiente figura permite visualizar el rango de dispersión de las diferentes formulaciones, comparadas con datos medidos. Se puede apreciar que cuando el transporte litoral es relativamente bajo (hasta 5 kg/s), lo cual aproximadamente sucede cuando las olas no son muy altas y la granulometría es gruesa, las fórmulas del CERC y de Kamphuis sobreestiman el transporte litoral incluso en un orden de magnitud, mientras que la de Van Rijn, aún con cierta dispersión experimental, ajusta mucho mejor a los datos medidos.

Asimismo, esta última formulación, es la única que permite considerar la influencia de una corriente marina en el transporte.

En consecuencia, se empleará la formulación de Van Rijn, y se ajustará la fórmula del CERC para que los resultados sean similares a los de Van Rijn. Sin embargo, se debe apreciar que no se puede esperar, en este tipo de evaluaciones, una precisión superior a la que indican los márgenes de incertidumbre del gráfico, que muestra que el transporte calculado puede ser la mitad o el doble del valor real, aún conociendo bien la altura de ola, su período y dirección. La única forma de mejorar esa estimación es contar con datos de evolución de la línea de costa ante alguna obra artificial implantada (espigones, puertos), que permita cuantificar los volúmenes de arena acumulados y erosionados y ajustar un modelo matemático que los represente.

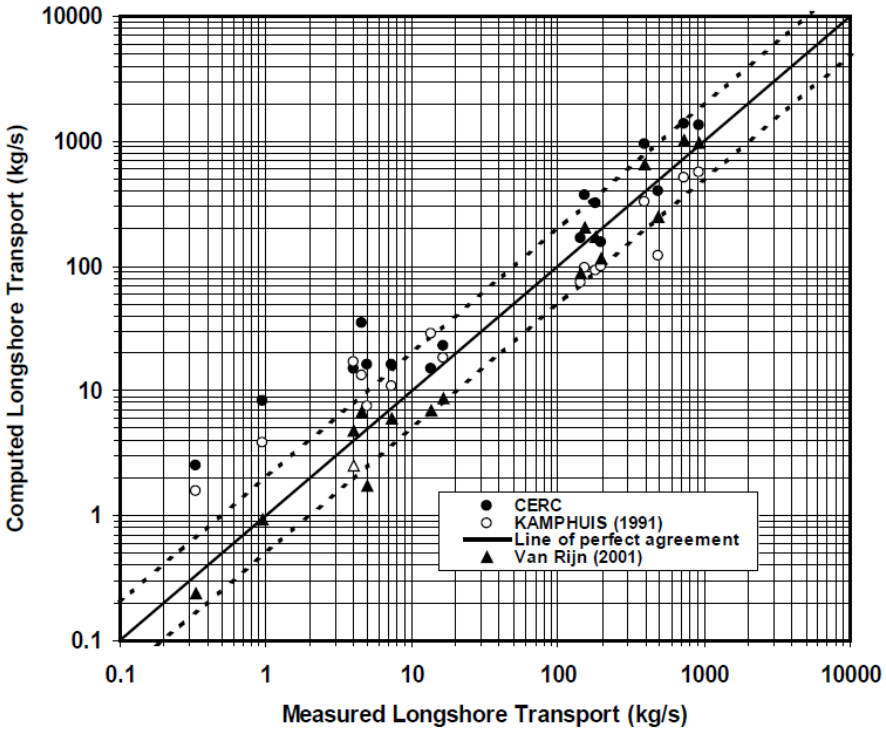


Figura 11 Comparación de formulaciones de transporte versus datos medidos

Se aplicó la formulación de Van Rijn considerando la serie de 27 años de olas cada 3 horas transformada a la isobata de 10 metros al cero, considerando el nivel medio del mar.

Se realizó un análisis de sensibilidad considerando un ángulo global de la línea de costa de 45º respecto del Este y un ángulo local de la zona del puerto de 54º, y también se analizó la sensibilidad de la ecuación de Va Rijn a la velocidad de la corriente de marea, aplicando valores medios iguales a 42 cm/s hacia el Sur y 28 cm/s hacia el Norte.

Se ajustó la ecuación del C.E.R.C. para obtener resultados similares a los obtenidos mediante la ecuación de Van Rijn, aplicando un coeficiente de reducción del 30%.

Los resultados que se presentan a continuación muestran la importante variabilidad del transporte litoral en función del ángulo de la costa.

Tabla 4 Estimaciones teóricas del transporte litoral

Transporte Litoral ángulo de costa 45º al Este (miles de m^3 incl. poros)			
D50 = 0.3 mm	Van Rijn con corrientes de marea	Van Rijn sin corrientes de marea	C.E.R.C. ajustado al 30%
Neto	**-140**	**-73**	**-125**
Bruto	**318**	**295**	**358**
Hacia el Sur	**-229**	**-184**	**-242**
Hacia el Norte	**89**	**111**	**116**

Transporte Litoral ángulo de costa 54º al Este (miles de m^3 incl. poros)			
D50 = 0.3 mm	Van Rijn con corrientes de marea	Van Rijn sin corrientes de marea	C.E.R.C. ajustado al 30%
Neto	**-248**	**-182**	**-251**
Bruto	**388**	**353**	**430**
Hacia el Sur	**-318**	**-268**	**-340**
Hacia el Norte	**70**	**85**	**90**

El transporte bruto acumulado para alturas de ola significativas inferiores o superiores a un valor dado se presenta en la Figura 12. Se puede apreciar que un 50% del transporte litoral bruto se genera por olas de altura significativa superior a 1,6 m, que ocurren aproximadamente un 10'% del tiempo.

Si no hubiese escolleras protegiendo el canal de acceso, una parte significativa del transporte litoral bruto (suma del material que arriba desde la dirección Sur y la Norte) se depositaría en el canal, originando una necesidad de mantenimiento permanente que podría variar entre un orden de magnitud de 300 a 400 mil m^3 anuales.

Las obras de abrigo impiden que ese material ingrese al canal durante un periodo de tiempo hasta que, si no se realizan operaciones de by-pass del material desde el Norte hacia el Sur, el sedimento llegaría hasta la boca del puerto.

El desequilibrio de transporte Neto, al ser interrumpido por las obras de abrigo, generará una acreción de la costa hacia el Norte, y erosión hacia el Sur, situación que será evaluada en el siguiente punto.

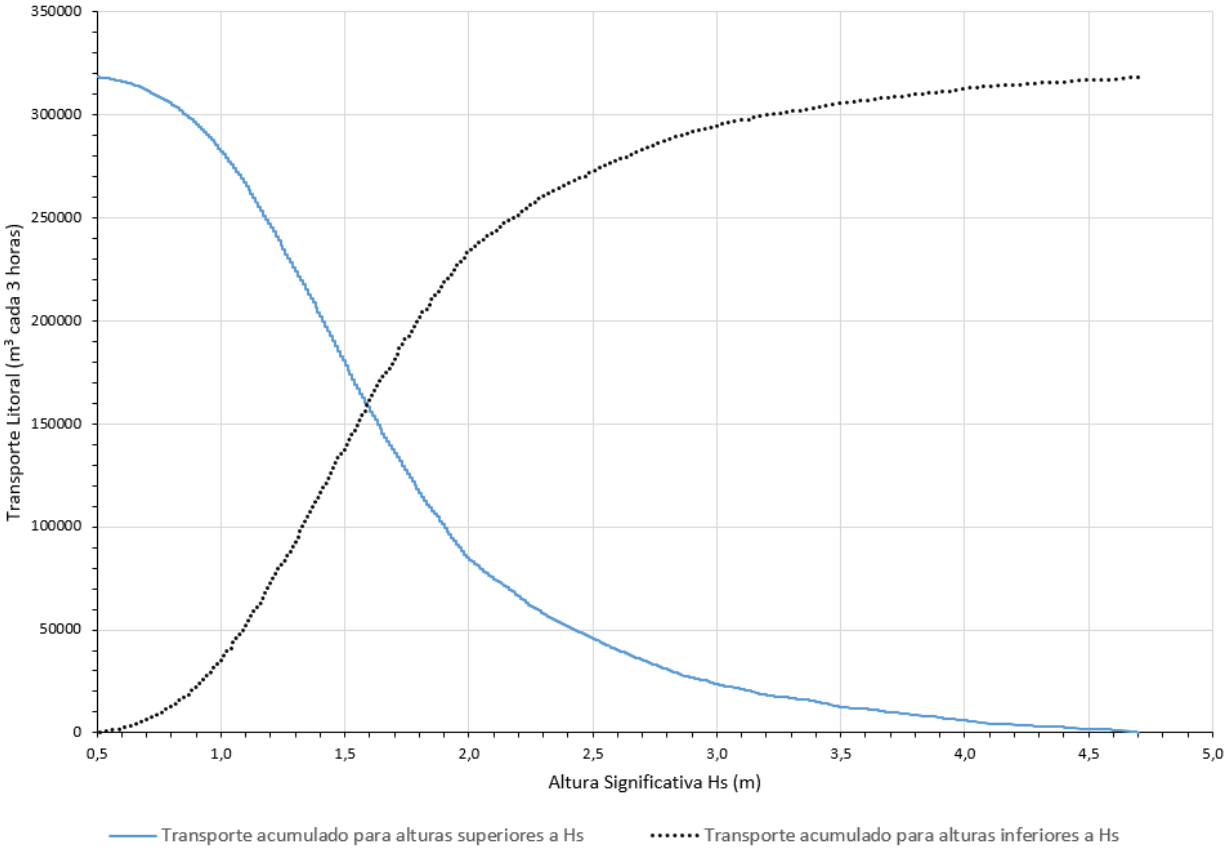


Figura 12 Transporte litoral bruto acumulado según el método de Van Rijn con ángulo de la costa 45º y corrientes de marea

3 MODELACIÓN DEL IMPACTO MORFOLÓGICO SOBRE LA COSTA DE LA PRESENCIA DE LAS OBRAS DE ABRIGO

3.1 DESCRIPCIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO

Para estimar el impacto morfológico de la interposición de las obras de abrigo en la zona litoral se empleó un modelo de evolución de la línea de costa.

El modelo fue desarrollado para calcular el transporte de sedimentos, el cambio de morfología a lo largo de las regiones costeras, la evolución volumétrica de los bancos de arena y el by-pass de arena en las desembocaduras y estructuras de ingeniería. Está basado en el modelo GENESIS (Hanson y Kraus, 1989) [4].

Se realiza un balance sedimentario, que es una valoración del volumen de transporte de material de arena para una determinada celda litoral. Por lo tanto, para un volumen de control dado, se cuantifica el transporte de sedimentos, la erosión y acreción; según USACE (1984)[5], las cantidades de sedimentos se clasifican según las fuentes, sumideros y procesos costeros que ocasionan retroceso o avance en la línea de costa. En este capítulo se emplea la metodología propuesta por USACE (1984) para estimar el balance de sedimentos con el objetivo de i) identificar procesos relevantes de afectación de la línea de costa; ii) estimar las tasas de volumen requeridas para el planteamiento de soluciones. Dentro de la definición de criterios a considerar para determinar si existe un déficit o superávit asociado a cantidad de material sedimentario se tiene: cualquier proceso que aumente la cantidad de arena en el volumen de control definido se denomina fuente. Por otra parte, cualquier proceso que disminuya la cantidad de arena en el volumen de control se denomina sumidero.

Según la dirección del transporte de sedimento causado por el oleaje, éste se clasifica en transporte longitudinal (que se realiza a lo largo de la línea de costa) y transporte transversal, (perpendicular a la misma).

En las predicciones a largo plazo, la mayor parte del cambio de la línea de costa viene originado por el transporte longitudinal. Por ello, en los modelos de una línea, o modelos de evolución de la planta de las playas en el largo plazo, la evolución de la playa se representa por el cambio de la línea de costa debido a variaciones del transporte longitudinal de sedimento a lo largo de la costa y en el tiempo.

La base de los modelos de una línea es asumir que el perfil de playa no cambia de forma y sólo se traslada paralelamente a sí mismo hasta la profundidad de cierre.

Esto hace que no sean eficientes en escalas temporales más pequeñas, en las que es necesario tener en cuenta la variabilidad experimentada por el perfil de playa.

---

[4] Hanson, H., Kraus, N.C., 1989. GENESIS: Generalized model for simulating shoreline change. Report 1, Reference Manual and Users Guide. Technical Report CERC-89-19, Coastal Engineering Research Center, US Army Corps of Engineers.

[5] USACE. (1984). SHORE PROTECTION MANUAL. In Coastal Engineering Research Center (Vol. 1, Issues 4th ed., 2 Vol).

El modelo de línea de costa es un modelo de predicción numérica basado en la ecuación de continuidad del sedimento y en una ecuación para el transporte longitudinal de éste.

La mayoría de los modelos de una línea emplean las siguientes hipótesis básicas (Hanson y Kraus, 1989):

- Se considera que el perfil de playa adopta una forma invariable en el tiempo y en el espacio, por lo que, como ya se ha indicado, estos modelos no se pueden emplear en escalas de medio plazo al no considerar la variabilidad experimentada por el perfil. Como consecuencia, no se pueden reproducir las variaciones estacionales de la línea de costa de invierno-verano, entre otros fenómenos. Estos modelos son, por tanto, aplicables en zonas de estudio donde el perfil de playa se ajusta a su forma de equilibrio (puede haber variaciones estacionales, pero los cambios transversales deben compensarse a largo plazo). Asimismo, es fundamental considerar la variabilidad espacial del perfil en zonas donde los fenómenos de refracción-difracción son los predominantes, para poder representarlos adecuadamente.
- Los límites entre los que se traslada el perfil de playa también son invariables en el tiempo y en el espacio. Según Hanson and Kraus (1989), el límite en la costa depende de la elevación de la berma y en el mar por la profundidad de cierre. Las consecuencias de esta hipótesis son las mismas que las del punto anterior.
- La arena es transportada a lo largo de la costa por la acción de la rotura del oleaje y las corrientes longitudinales.
- No se tiene en cuenta la estructura detallada de la circulación costera.
- Hay una tendencia a largo plazo en la evolución de la línea de costa.
- Existe cantidad suficiente de arena, asumiendo que el suministro de arena es infinito.

El modelo representa de una manera simplificada el oleaje en las zonas donde los procesos de refracción-difracción, conjuntamente, son importantes dando lugar en estos casos, a una predicción de la línea de costa no del todo realista.

El modelo se puede emplear entonces en estudios tanto de escala regional como de escala local, y en escalas temporales que van desde los años a las centenas de años.

El modelo no puede simular el cambio de la línea de costa producido por el transporte transversal de sedimento, como por ejemplo el asociado a tormentas y variaciones estacionales y solamente se puede considerar un único tamaño de grano para todo el dominio de estudio, lo cual es una limitante en el presente caso, en el cual existe una franja superior del perfil transversal de la costa con predominio de gravas.

La versión modificada de la fórmula del CERC, desarrollada por Ozasa and Brampton (1980), considera el transporte de sedimento asociado al gradiente longitudinal de altura de ola en rotura, adicionalmente al transporte de sedimento por incidencia oblicua del oleaje en rotura estimado en la fórmula inicial, convirtiéndose, de esta manera, en la siguiente ecuación:

$$Q = H_{bs}^2 C_{gb} \left(a_1 sin(2\theta_{bs}) - a_2 cos\theta_{bs} \frac{\partial H_{bs}}{\partial x} \right)$$

Con

$$a_1 = \frac{K_1}{16\left(\frac{\rho_s}{\rho} - 1\right)(1-p)(1.416)^{\frac{5}{2}}}$$

$$a_2 = \frac{K_2}{8\left(\frac{\rho_s}{\rho} - 1\right)(1-p)\tan\delta(1.416)^{\frac{7}{2}}}$$

siendo K_1 y K_2 coeficientes empíricos tratados como parámetros de calibración, H_{bs} la altura de ola significativa en rotura, C_{gb} la celeridad de grupo en rotura, θ_{bs} el ángulo del frente del oleaje en rotura con respecto a la línea de costa, tan δ la pendiente del perfil en el tramo de éste donde se produce el principal transporte longitudinal de sedimento, ρ_s la densidad del sedimento (definida como 2650 kg/m^3 para arenas), ρ la densidad del agua (con un valor por defecto en el modelo de 1025 kg/m^3 para agua salada) y p la porosidad del sedimento (un valor típico de este parámetro es 0,4). Los valores 1,416 se emplean para convertir la altura de ola significativa en altura de ola cuadrática media.

En casos de playas abiertas, la contribución del transporte de sedimento asociado al gradiente longitudinal de altura de ola en rotura es mucho menor que el transporte longitudinal por incidencia oblicua del oleaje en rotura. Sin embargo, en la proximidad de las estructuras, donde la difracción produce un cambio considerable en la altura de ola en rotura sobre una longitud de playa importante, la implementación del término de gradiente longitudinal de altura de ola en rotura en la formulación del CERC mejora considerablemente los resultados del modelo, puesto que, de esta manera, se incorporan los efectos de la difracción.

Aunque los valores de K_1 y K_2 han sido estimados empíricamente, estos coeficientes son tratados como parámetros de calibración del modelo, debido a la gran cantidad de hipótesis y aproximaciones que se han considerado en la formulación de los modelos de una línea, así como en los modelos de oleaje, y a la baja exactitud de las actuales formulaciones predictivas del transporte longitudinal de sedimento.

El parámetro K_1 controla la escala temporal del cambio de línea de costa simulado, así como la magnitud del transporte longitudinal de sedimento. El valor de K_2 es típicamente del orden de 0,5 a 1,0 veces el valor de K_1, no siendo recomendable variar el valor de K_2 más allá de 1,0 K1, puesto que se obtendría un cambio de la línea de costa en la proximidad de la estructura exagerado y se originaría un problema de inestabilidad numérica. De este modo, el parámetro K_1 se calibra normalmente primero, para obtener la escala apropiada de tiempos, calibrándose posteriormente el parámetro K_2, de manera que se ajusten las líneas de costa calculadas con las medidas en las áreas de difracción predominante.

En el presente caso, al no existir antecedentes de obras interpuestas en la zona litoral, no es posible efectuar tal calibración, por lo que se ajustó el coeficiente K_1 para obtener un transporte litoral neto del mismo orden que el obtenido previamente por medio de la ecuación de van Rijn, y se consideró el coeficiente K_2 como 0,5 K_1.

3.2 IMPLEMENTACIÓN Y OPERACIÓN DEL MODELO

Se implementó el modelo para la zona de estudio con una longitud de 16,6 km paralela a la costa y celdas de 20 metros de longitud. El azimut de la línea de grilla que representa el modelo unidimensional (eje-1D) es igual a 145º respecto al Norte en sentido horario.

Se especificó la línea de costa actual siguiendo la forma que la misma posee en las imágenes satelitales.

Se incluyeron las dos obras de abrigo en el modelo conceptual, las cuales parten de los puntos de intersección con la línea de costa, perpendicularmente a la misma (es decir, no representan con precisión la apertura de la boca portuaria, por lo que este modelo no es válido para analizar en detalle lo que sucede dentro del recinto portuario abrigado.

Se incluyó además una obra de protección de costa a ambos lados de las obras de abrigo, en la zona correspondiente a las obras portuarias, si bien la única que es estrictamente necesaria para limitar el retroceso de la costa sin invadir el recinto portuario es la ubicada al Sudeste.

La configuración del modelo resultante se ilustra en las siguientes figuras:



Figura 13 Esquema general del modelo

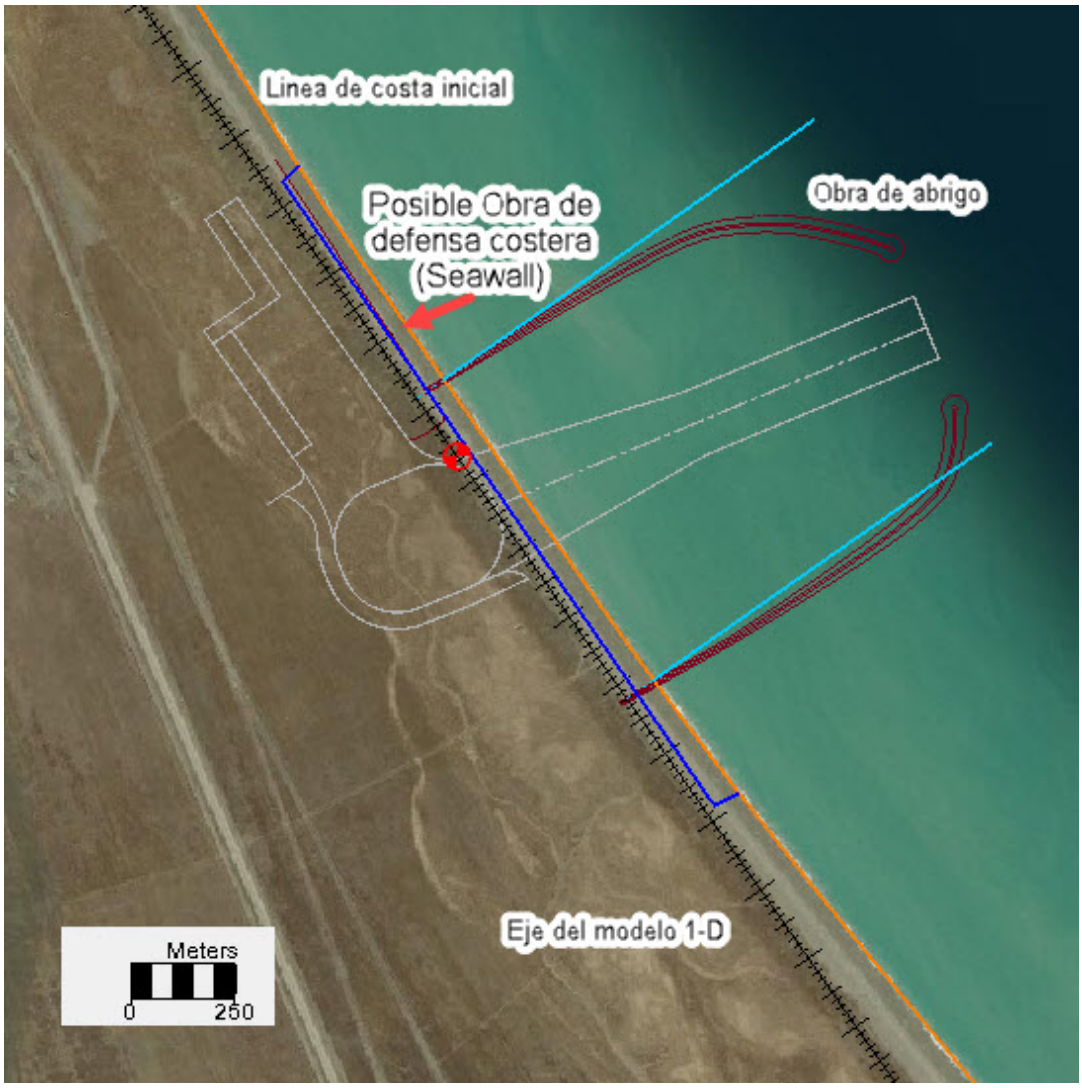


Figura 14 Detalle del esquema del modelo en el entorno del puerto.

Se simularon 25 años de evolución de la línea de costa con base en el oleaje transformado en la isobata de 10 metros (período 1/1/1995 a 30/12/2019), considerando el nivel medio del mar como una altura de 5 metros sobre el cero de mareas.

Se consideró un diámetro D_{50} del sedimento igual a 0,3 mm conforme a los resultados obtenidos para la zona de la playa bajo el nivel del mar, y especificó una altura de berma promedio de 2 metros por encima del nivel medio del mar (esto es solamente una aproximación del sector intermareal de mayor pendiente donde se encuentra sedimentos con grava).

Los coeficientes ajustados para obtener un transporte neto similar al calculado mediante la ecuación de Van Rijn son K_1 = 0,13 y K_2 = 0,07. Se obtiene así un transporte litoral medio anual de 179 mil m^3 dirigido hacia el SE, 50 mil m^3 dirigido hacia el NW, y un neto de 129 mil m^3, como se puede apreciar en la siguiente figura.

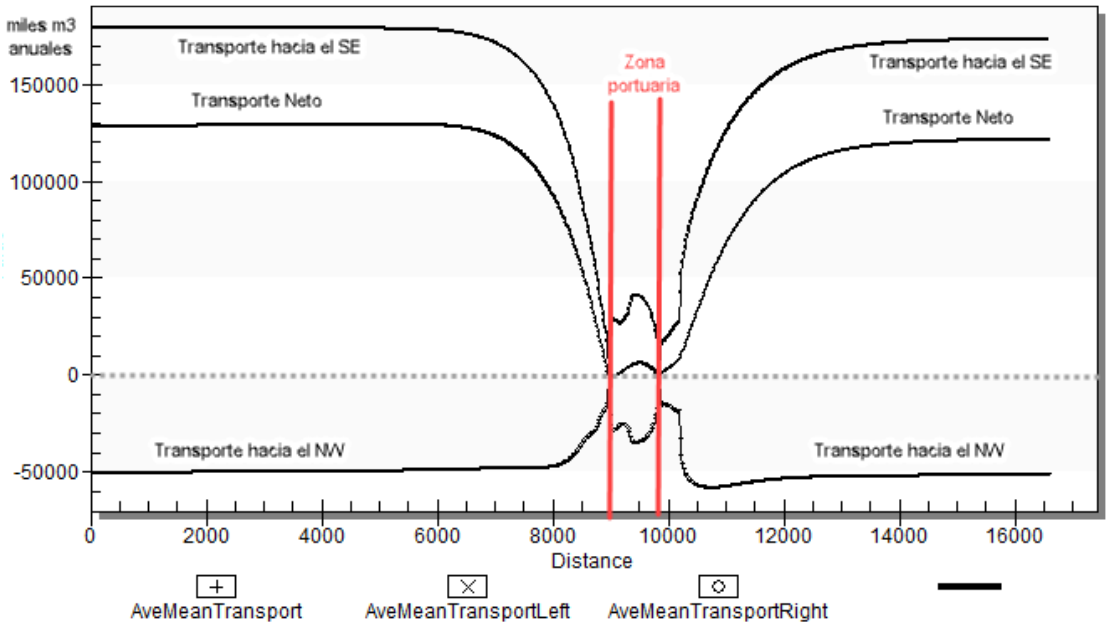


Figura 15 Transporte litoral neto y hacia cada dirección medio anual modelado

La variación máxima de la línea de costa obtenida se presenta en la siguiente figura.

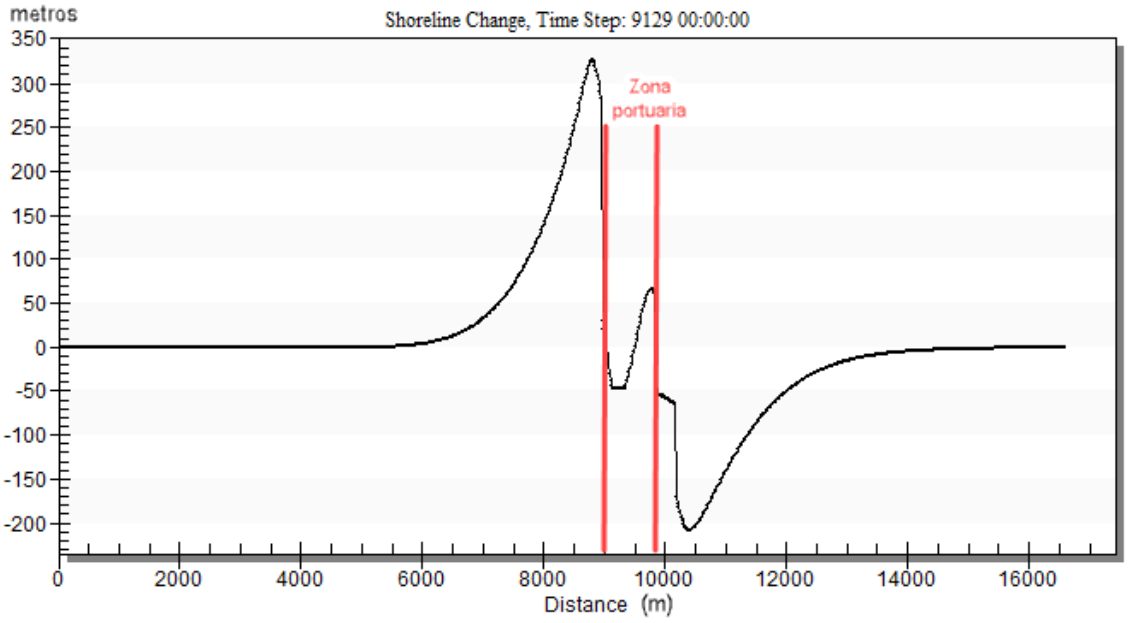


Figura 16 Cambio en la línea de costa modelado luego de 25 años

En las siguientes figuras se ilustra la evolución de la línea de costa luego de 5 años, 10 años, 15 años y la condición final luego de 25 años. Se obtuvo un avance máximo de 330 metros en el sector Norte y un retroceso máximo de 210 metros en el sector Sur, decreciendo con la distancia a las obras. La zona afectada abarca hasta unos 3,0 km a ambos lados del puerto. Los resultados dentro del sector portuario no son válidos como se indicó previamente.

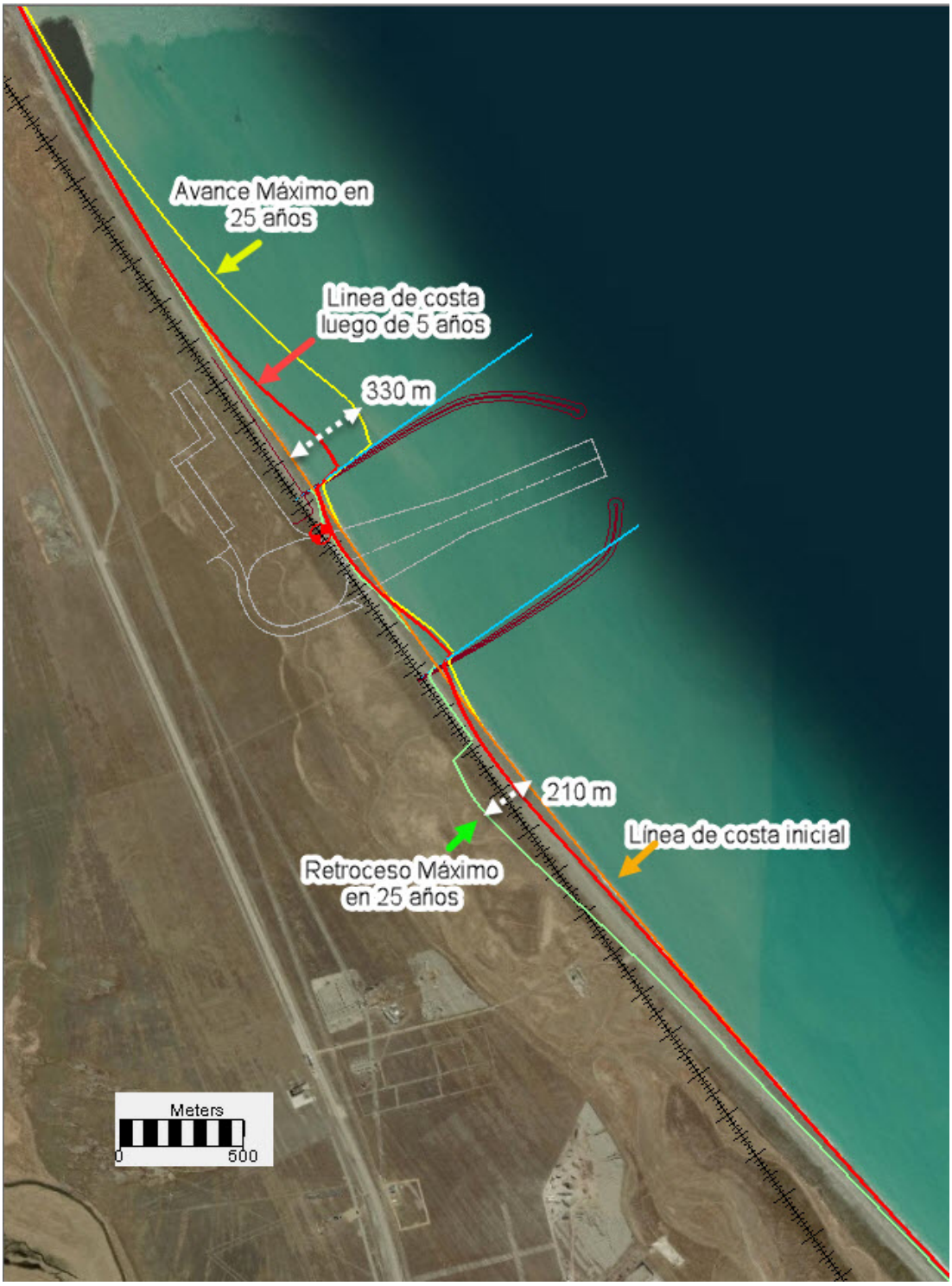


Figura 17 Evolución de la línea de costa luego de 5 años y evolución máxima alcanzada a los 25 años

Ing. Mauro Campos
Representante Técnico
Lic. Julio Cardini
Esp. en Modelación e Hidrosedimentología

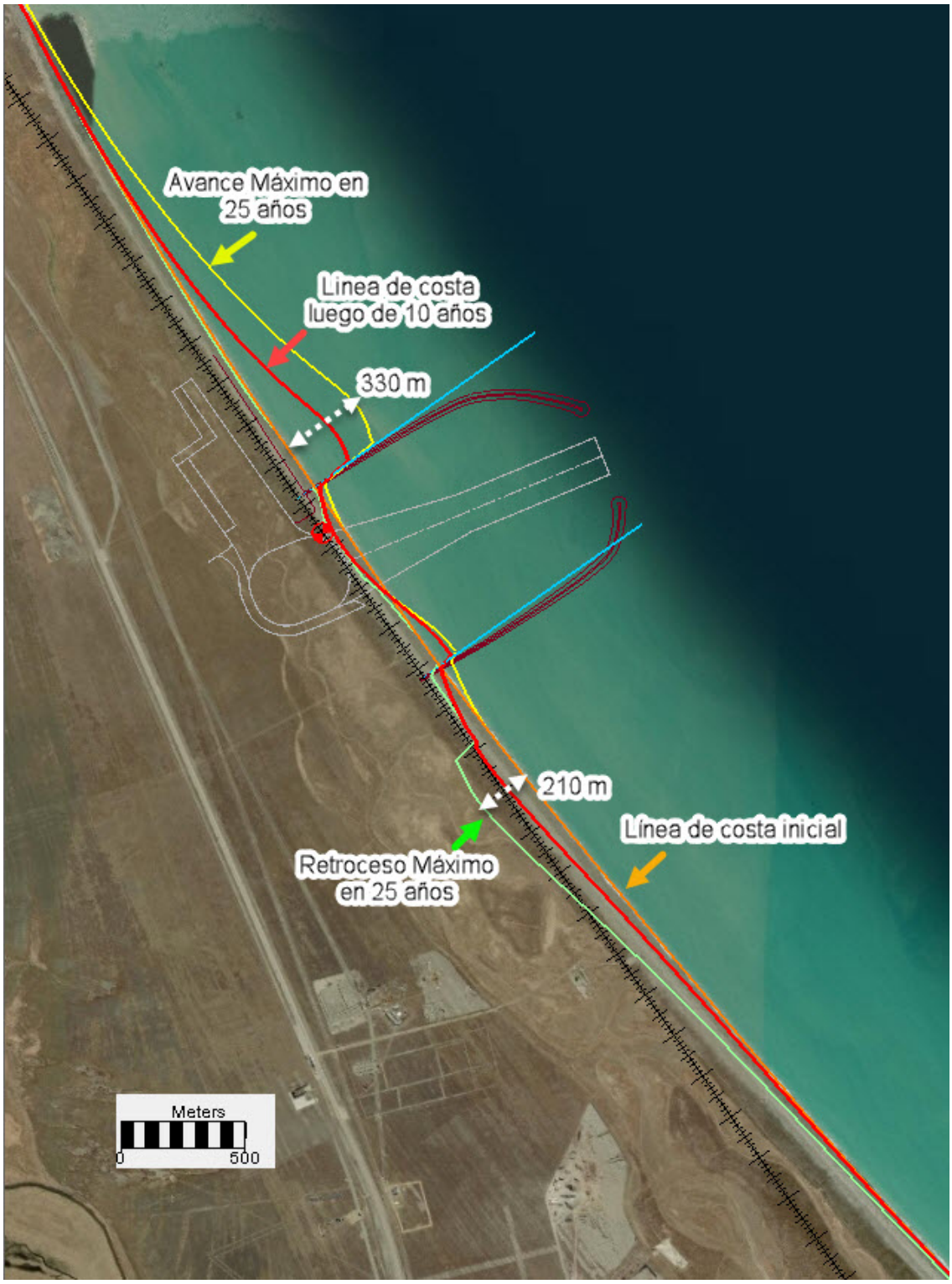


Figura 18 Evolución de la línea de costa luego de 10 años y evolución máxima alcanzada a los 25 años

Ing. Mauro Campos
Representante Técnico
Lic. Julio Cardini
Esp. en Modelación e Hidrosedimentología

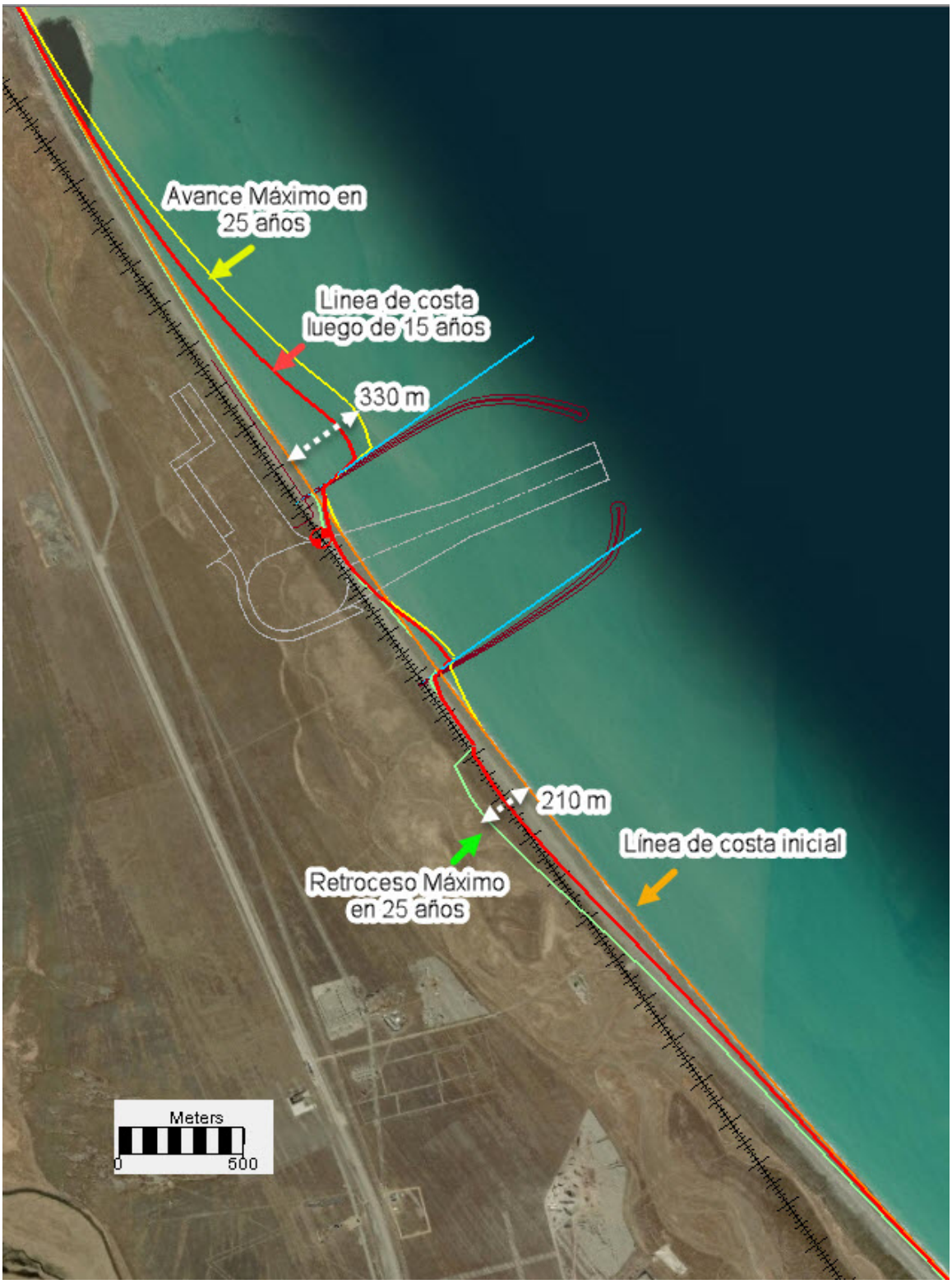


Figura 19 Evolución de la línea de costa luego de 15 años y evolución máxima alcanzada a los 25 años

Ing. Mauro Campos
Representante Técnico

Lic. Julio Cardini
Esp. en Modelación e Hidrosedimentología



Figura 20 Evolución máxima de la línea de costa en 25 años

Ing. Mauro Campos
Representante Técnico
Lic. Julio Cardini
Esp. en Modelación e Hidrosedimentología

A fin de controlar la erosión de la costa será necesario implementar algún sistema de transporte artificial de la arena que se acumula al NW de las obras hacia el SE de las mismas (by-pass). Si bien este sistema no tiene porqué ser permanente y la intensidad del transporte puede regularse en función de las necesidades realizando monitoreos de la línea de costa, a los efectos de su modelización se consideró una operación permanente que traslade un volumen diario equivalente al desequilibrio de transporte neto anual de 129.000 m3 (unos 350 m^3/día).

El material se extrae en un tramo de unos 60 metros de extensión (3 celdas) ubicado a unos 40 a 100 metros de la obra de abrigo NW, especificándose un sumidero lineal en esta zona.

En primer lugar se ensayó realizar la descarga como una fuente de 60 metros de extensión ubicada a partir de 40 metros de la obra de abrigo SE. Los resultados que se presentan en la siguiente figura indicaron una acumulación de parte de este material a la sombra de la obra de abrigo SE, mientras que si bien se ha controlado la mayor parte de la erosión costera, subsiste un retroceso que alcanza un máximo de unos 45 metros como se puede apreciar en la Figura 21), y va decreciendo hacia el SE, desapareciendo la afectación detectable de la costa a unos 3 km de distancia de las obras.

En consecuencia, se ensayó alejar la zona de descarga de la obra de abrigo SE, distribuyendo el material dentro de la zona litoral entre unos 500 y 600 metros de distancia de ésta.

Los resultados que se presentan en la Figura 22 muestran que se suaviza la variabilidad de la línea de costa al SE de las obras, resultando no obstante un retroceso máximo de unos 20 metros con las hipótesis de descarga adoptadas.

Si bien como se expresó previamente la real tasa de by-pass debería surgir de los monitoreos de la línea de costa, se verificó el efecto de considerar una transferencia de volumen mayor, igual a unos 500 m^3/día, cuyo resultado se presenta en la Figura 22, alcanzándose un retroceso máximo del orden de sólo 10 metros.



Figura 21 Variación máxima de la línea de costa en 25 años con descarga de by-pass de arena de 350 m^3/día a unos 40 a 100 metros de la obra de abrigo Sudeste

Ing. Mauro Campos
Representante Técnico

Lic. Julio Cardini
Esp. en Modelación e Hidrosedimentología



Figura 22 Variación máxima de la línea de costa en 25 años con descarga de by-pass de arena de 500 m³/día a unos 500 a 600 metros de la obra de abrigo Sudeste

Ing. Mauro Campos
Representante Técnico

Lic. Julio Cardini
Esp. en Modelación e Hidrosedimentología

4 CONCLUSIONES

Los estudios realizados permitieron concluir que habiendo en la zona de implantación del puerto un transporte litoral neto hacia el Sudeste generado por el oleaje y secundariamente por las corrientes de marea con una magnitud significativa (estimado como mínimo entre 130 y 140 mil m^3 anuales en promedio), la interposición de las obras de abrigo del canal de acceso provoca na acumulación de sedimentos al NW y una erosión con retroceso de la línea de costa al SE, dado que generan una interrupción prácticamente total del transporte.

Cabe destacar que no existen elementos antecedentes en la costa bajo estudio que permitan realizar una calibración de las ecuaciones de cálculo del transporte litoral y del modelo matemático aplicado, por lo cual las estimaciones se basan en la aplicación de las formulaciones modernas disponibles debidas a Van Rijn, y a un ajuste de las ecuaciones propuestas por el CERC (US Army Corps of Engineers, Waterways Experiment Station) para obtener valores similares del transporte litoral, pero ello implica que existe un margen de incerteza importante en los resultados, que típicamente pueden llegar a variar en un factor 2 por encima o por debajo de los valores obtenidos.

El retroceso de la línea de costa modelado en un período de 25 años superaría los 200 metros hacia el Sur de la zona protegida por las obras, desapareciendo en forma prácticamente total el impacto recién a unos 3 km al SE del puerto.

La forma de mitigar este impacto normalmente es efectuar un traslado artificial de la arena desde un lado al otro de las obras portuarias (by-pass de arenas). Se ensayaron distintos volúmenes diarios y formas de distribución del by-pass, encontrándose que un volumen promedio de entre 350 y 500 m^3/día en forma continua sería adecuado a tal efecto, quedando un retroceso residual de la línea de costa de entre 20 y 10 metros como máximo en 25 años, el cual se considera que podría ser compensado con una distribución más homogénea del sedimento descargado.

No obstante, la metodología de ejecución del by-pass y la intensidad y frecuencia de este proceso deberían ser ajustados una vez que se haya construido las obras de abrigo, mediante la ejecución monitoreos periódicos de la evolución de los perfiles de playa, a fin de realizar las acciones necesarias para controlar el impacto sobre la línea de costa con el mínimo costo posible.

Cabe mencionar que los cálculos efectuados consideran la zona con material arenoso por debajo del nivel medio del mar, pero en la zona intermareal alta se encuentra sedimentos con gravas. Estos materiales presentan normalmente tasas de transporte bajas, que se activan particularmente durante la incidencia de oleajes intensos, pero también deberán ser by-paseados en caso de acumularse en ese sector del perfil de playa.

Por otro lado, tal como se indica en el Informe 22044-PRG-IF-006 “Estudio Hidrosedimentológico del Canal de Acceso”, la adecuada realización del by-pass de arena es necesaria para que la acumulación de sedimento al Norte de la obra de abrigo Norte no llegue a la boca portuaria, lo cual podria provocar sedimentación en el canal de acceso, aunque su cota de solera sea igual a la del lecho marino actualmente.

Ing. Mauro Campos
Representante Técnico

Lic. Julio Cardini
Esp. en Modelación e Hidrosedimentología

ESTUDIOS NÁUTICOS BÁSICOS E INGENIERÍA CONCEPTUAL PUERTO RÍO GRANDE, PROVINCIA DE TIERRA DEL FUEGO



Serman & asociados s.a. Consultora
SOLUCIONES QUE GENERAN CONFIANZA

Mirgor

ESTUDIO HIDROSEDIMENTOLÓGICO DEL CANAL DE ACCESO

22044-PRG-IF-006-Rev.A

Noviembre, 2022

Ing. Mauro Campos
Representante Técnico

Lic. Julio Cardini
Esp. en Modelación e Hidrosedimentología

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN 3

2 ANÁLISIS SEMIEMPÍRICO DEL TRANSPORTE LITORAL EN LA BOCA DEL PUERTO 4

3 DESCRIPCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE LA MODELACIÓN 8

3.1 DESCRIPCIÓN DE LOS MODELOS DE CORRIENTES Y OLEAJE 8
3.2 IMPLEMENTACIÓN DE LOS MODELOS 8

4 RESULTADOS DE LA MODELACIÓN MATEMÁTICA 11

5 CONCLUSIONES 19

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Cálculo del transporte litoral de sedimentos en la isobata de 8 metros total anual. 7
Figura 3 Esquema y Modelo Digital del Lecho del modelo de oleaje 9
Figura 4 Esquema y Modelo Digital del Lecho del modelo de oleaje local y modelo de corrientes y transporte de sedimentos 10
Figura 5 Oleaje extremo en Nivel Medio. 11
Figura 6 Concentración de sedimentos promediada en profundidad para oleaje extremo en Nivel Medio. 12
Figura 7 Oleaje extremo en Bajamar de Sicigias de Perigeo. 13
Figura 8 Concentración de sedimentos promediada en profundidad para oleaje extremo en bajamar de Sicigias de Perigeo. 14
Figura 9 Mapa de Velocidades típico de norte a sur para marea bajante 15
Figura 10 Mapa de Velocidades típico de norte a sur para marea creciente 16
Figura 11 Sedimentación durante 1 día para oleaje extremo en Nivel Medio. 17
Figura 12 Sedimentación durante 1 día para oleaje extremo en Bajamar de Sicigias de Perigeo. 18

ESTUDIO HIDROSEDIMENTOLÓGICO DEL CANAL DE ACCESO

1 INTRODUCCIÓN

La empresa privada Mirgor, con sedes en Buenos Aires y Río Grande (Tierra del Fuego) y dedicada a la fabricación y distribución de productos tecnológicos (entre otros), ha encarado el estudio de una terminal portuaria al norte de la ciudad de Río Grande. Se trata de un puerto multipropósito ubicado en los predios adquiridos por la empresa, a 25 km de dicha ciudad fueguina. En consecuencia, se realizan los estudios de base para el desarrollo de la ingeniería conceptual de la terminal.

En el presente documento se desarrollan los estudios realizados para estimar la posible sedimentación en el canal de navegación debido al transporte litoral de sedimentos causado por las olas y corrientes.

Este documento se apoya en los desarrollos presentados en el documento 22044-PRG-IF-005-Rev.B, referido al impacto morfológico de las obras de abrigo.

En dicho documento se evaluó que la cota del lecho marino correspondiente a la profundidad de “cierre o clausura”, a partir de la cual prácticamente no hay transporte de sedimentos, para un nivel de bajamar igual a 0,7 m (Sicigias de Perigeo), es igual a -7 m al cero de mareas.

Dado que la boca del puerto se encuentra en profundidades mayores a los 8 m con respecto al cero de mareas, se ha estimado inicialmente que el transporte litoral en la boca del puerto debe ser muy pequeño, y siendo que la cota del lecho del canal de navegación es similar a la del lecho natural, no se espera que ocurra una sedimentación significativa.

No obstante ello, considerando que puede haber un transporte de menor entidad incluso en profundidades mayores a la de cierre, se realiza una verificación mediante un modelo matemático detallado del entorno portuario, de la posible magnitud del transporte litoral y la sedimentación en la boca del puerto en condiciones de oleaje extraordinario. También se analiza como la presencia de las obras de abrigo influye en las corrientes de marea.

En el Capítulo 2 se presenta un cálculo del transporte litoral anual frente a la boca del puerto, basado en fórmulas semiempíricas.

En el Capítulo 3 se describen brevemente los modelos aplicados y su implementación.

En el Capítulo 4 se presentan los resultados obtenidos.

Finalmente, en el Capítulo 5 se resumen las conclusiones alcanzadas.

2 ANÁLISIS SEMIEMPÍRICO DEL TRANSPORTE LITORAL EN LA BOCA DEL PUERTO

A fin de evaluar el transporte litoral que anualmente estaría pasando en la isobata frente a la boca del canal se aplicó la siguiente formulación.

Van Rijn (1984)[1] resolvió las ecuaciones de movimiento de una partícula individual cargada en el lecho y calculó las características de saltación y la velocidad de la partícula en función de las condiciones de flujo y el diámetro de la partícula para condiciones de lecho plano.

Los resultados de los cálculos de sensibilidad muestran que el transporte de la carga del fondo solo se ve afectado débilmente por el diámetro de las partículas. Una variación del 25 % del diámetro de las partículas (d_m = 0,8 ± 0,2 mm) da como resultado una variación del 10 % de la tasa de transporte.

Se puede obtener una estimación aproximada del transporte de fondo de la arena relacionado con la corriente en flujo constante (con o sin olas) utilizando la siguiente función:

$q_{b,c}$= 0,015 (1-p_{mud}) f_{silt} u h $M_e^{1.5}$(d_{50}/h)$^{1.2}$

con: $q_{b,c}$= transporte volumétrico de carga de fondo (m2/s); h= profundidad del agua, d_{50}= tamaño de partícula (m), p_{mud}= porcentaje de limo/arcilla en el lecho (0 a 0,3);

M_e= (u_e-u_{cr})/((s-1)gd_{50})^{0,5}= parámetro de movilidad;

u_e= u + γU_w= velocidad efectiva con γ=0,4 a 0,5 para oleaje irregular y 0,7 a 0,9 para oleaje regular (casos de laboratorio u oleaje de mar de fondo - swell); γ se puede utilizar como factor de calibración; γ=0,4K se usa como valor estándar con K= valor de calibración (predeterminado=1); U_w=0 para si no hay oleaje.

u= velocidad de flujo promediada en profundidad; s= ρs/ρw= densidad relativa;

U_w= πH_s/(T_p sinh(kh))= velocidad orbital máxima (basada en la teoría de ondas lineales), H_s=altura de ola significativa, T_p=período de pico del oleaje, kh=$Y^{0,5}$ [1+0,166Y+0,031Y^2] e Y =4,02 h/Tp^2;

u_{cr}= α $u_{cr,c}$ + (1-α) $u_{cr,w}$ con α=u/(u+U_w); U_w=0 sin oleaje;

[1] Van Rijn, L.C., 1984a. Sediment Transport, Part I: Bed Load Transport. Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol. 110, No. 10.

Van Rijn, L.C., 1984b. Sediment Transport, Part II: Suspended Load Transport. Journal of Hydraulic Engi-neering, ASCE, Vol. 110, No. 11.

Van Rijn, L.C., 1984c. Sediment Transport, Part III: Bed Forms and Alluvial Roughness. Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol. 110, No. 12.

$u_{cr,c}$= velocidad crítica para corrientes en base a Shields (inicio de movimiento); $u_{cr,w}$= velocidad crítica para las olas con base en Komar y Miller (Van Rijn, 1993)[2]; con efecto de lodo incluido (Van Ledden, 2003)[3].

$u_{cr,c}= 0,19\ (1+p_{mud})^{1,5}\ (d_{50})^{0,1}\ \log(12h/3d_{90})$ para $0,0001<d_{50}<0,0005$ m;

$u_{cr,c}= 8,5\ (1+p_{mud})^{1,5}\ (d_{50})^{0,6}\ \log(12h/3d_{90})$ para $0,0005<d_{50}<0,002$ m;

$u_{cr,w}= 0,24\ (1+p_{mud})^{1,5}\ ((s-1)g)^{0,66}\ d50^{0,33}\ (Tp)^{0,33}$ para $0,0001<d_{50}<0,0005$ m;

$u_{cr,w}= 0,95\ (1+p_{mud})^{1,5}\ ((s-1)g)^{0,57}\ d50^{0,43}\ (Tp)^{0,14}$ para $0,0005<d_{50}<0,002$ m.

$f_{silt}= d_{sand}/d50$=factor que representa los efectos del limo fino; f_{silt}=1 si $d_{50}>d_{sand}$ (d_{sand}=0,000062 m)

Se encontró que los coeficientes originales de la ecuación anterior eran α=0,005 y n=2,4 (Van Rijn, 1984). Sin embargo, estos valores arrojan tasas de transporte de carga de fondo, que son sistemáticamente demasiado grandes para velocidades >1 m/s y demasiado pequeños para velocidades <1 m/s. Por lo tanto, ambos coeficientes se recalibraron utilizando datos de transporte de carga de fondo medidos, lo que arrojó α=0,015 y n=1,5 (Van Rijn, 2012)[4].

Se puede obtener una estimación aproximada del transporte de carga suspendida relacionado con la corriente en flujo constante (con o sin olas) utilizando la siguiente función:

$q_{s,c}= 0,012\ (1-p_{mud})\ f_{silt}\ u\ h\ M_e^{2.4}\ (d_{50}/h)\ (D_*)^{-0.6}$

con: $q_{s,c}$=transporte volumétrico de carga suspendida (m^2/s); h=profundidad del agua, d_{50}=tamaño de partícula (m), p_{mud}=porcentaje de lodo en el lecho (0 a 0,5);

$D^*=d_{50}[(s-1)g/v^2]$=tamaño de partícula adimensional; v = coeficiente de viscosidad cinemática;

Se implementó una planilla Excel que realiza todos los cálculos correspondientes. Se consideró una profundidad en la boca igual a 8 metros respecto al cero local, aproximadamente 13 metros considerando el nivel medio del mar en la zona.

Se consideró en primer lugar una condición de oleaje extrema, con H_s = 4 metros, T_p = 11 segundos, y se verificó el orden de magnitud del transporte que se produciría para diferentes velocidades de la corriente, y la concentración media en la vertical de los sedimentos correspondiente.

Se consideraron diámetros típicos del sedimento d_{50} = 0,3 mm y d_{90} = 0,6 mm.

---

[2] Van Rijn, L.C., 1993. Principles of sediment transport in rivers, estuaries and coastal seas. Aqua Publications, Amsterdam, The Netherlands (WWW.AQUAPUBLICATIONS.NL)

[3] Van Ledden, M. , 2003. Sand-mud segregation in estuaries and tidal basins. Doctoral Thesis, Department of Civil Engineering, Delft University of Technology, Delft, The Netherlands

[4] Van Rijn, L.C., 2012. Principles of sediment transport in rivers, estuaries and coastal seas. Aqua Publications, Amsterdam, The ,Netherlands (*WWW.AQUAPUBLICATIONS.NL*). ISBN 90- 800356-6-1

Los resultados para velocidades en el orden de las medias hacia el Sur (0,4 a 0,5 m/s) resultan en el orden de 40 a 60 mg/lt, mientras que la influencia del oleaje solamente con baja velocidad apenas supera los 10 mg/lt..

Tabla 1 Cálculo del transporte litoral de sedimentos en la isobata de 8 metros, con nivel medio del mar y condiciones extremas de oleaje, en función de la velocidad de la corriente.

	Transporte de sedimentos				
Velocidad (m/s)	De Fondo (kg/s/m)	Suspensión (kg/s/m)	Total (kg/s/m)	Suspensión (%)	Concentración (kg/m3)
0,05	1,004E-03	6,614E-03	7,618E-03	87%	1,17E-02
0,10	2,343E-03	1,692E-02	1,926E-02	88%	1,48E-02
0,15	4,045E-03	3,179E-02	3,583E-02	89%	1,84E-02
0,20	6,139E-03	5,214E-02	5,828E-02	89%	2,24E-02
0,25	8,651E-03	7,896E-02	8,761E-02	90%	2,70E-02
0,30	1,161E-02	1,133E-01	1,249E-01	91%	3,20E-02
0,35	1,503E-02	1,562E-01	1,712E-01	91%	3,76E-02
0,40	1,895E-02	2,089E-01	2,278E-01	92%	4,38E-02
0,45	2,339E-02	2,725E-01	2,959E-01	92%	5,06E-02
0,50	2,836E-02	3,482E-01	3,766E-01	92%	5,79E-02

Nota: E-03 = Notación científica * 10-3

También se efectuó un cálculo para una condición de oleaje frecuente, con H_s = 1,25 metros y T_p = 6 segundos. En este caso, la concentración pasa a ser del orden de 4 mg/lt incluso para velocidades relativamente altas, es decir, aproximadamente 10 veces menos. No obstante, dado que la frecuencia de ocurrencia es mayor, esta condición aporta más que la extrema.

Tabla 2 Cálculo del transporte litoral de sedimentos en la isobata de 8 metros, con nivel medio del mar y condiciones frecuentes de oleaje, en función de la velocidad de la corriente.

	Transporte de sedimentos				
Velocidad (m/s)	De Fondo (kg/s/m)	Suspensión (kg/s/m)	Total (kg/s/m)	Suspensión (%)	Concentración (kg/m3)
0,05	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00		0,00E+00
0,10	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00		0,00E+00
0,15	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00		0,00E+00
0,20	8,420E-05	5,454E-05	1,387E-04	39%	5,34E-05
0,25	3,436E-04	4,526E-04	7,962E-04	57%	2,45E-04
0,30	8,166E-04	1,621E-03	2,438E-03	66%	6,25E-04
0,35	1,547E-03	4,105E-03	5,652E-03	73%	1,24E-03
0,40	2,574E-03	8,559E-03	1,113E-02	77%	2,14E-03
0,45	3,935E-03	1,573E-02	1,966E-02	80%	3,36E-03
0,50	5,664E-03	2,645E-02	3,212E-02	82%	4,94E-03

Nota: E-03 = Notación científica * 10-3

En la siguiente tabla y figura se ilustran los resultados de transporte litoral anual obtenidos para una velocidad pico de marea típica hacia el Sur de magnitud igual a 0,65 m/s, y hacia el Norte de magnitud 0,45 m/s.

Estos valores resultan en velocidades medias en el ciclo de mareas iguales a 0,42 m/s hacia el Sur y 0,28 m/s hacia el norte. Se consideran diferentes alturas y períodos pico, con sus porcentajes asociados. Se esquematiza la marea en 10 condiciones de nivel y velocidad, desde niveles pico de la onda de + 4 m a – 4 m respecto al nivel medio del mar.

La diferencia entre la suma de porcentajes (69,5%) y el 100%, corresponde a momentos en que el oleaje predominante viene del Oeste (de la costa hacia el mar).

Tabla 3 Cálculo del transporte litoral de sedimentos en la isobata de 8 metros total anual.

			Transporte anual total		
Hs	Tp	Porcentaje	m3/año (excluyendo poros)		
(m)	(s)	Ocurrencia	Positivo	Negativo	Netos
0,25	2	6,859	23	0	23
0,75	4	27,48	103	-21	82
1,25	6	23,689	317	-189	127
1,75	7	8,074	218	-154	65
2,25	8	2,271	106	-80	26
2,75	9	0,758	55	-44	11
3,25	10	0,237	24	-20	4
3,75	11	0,097	14	-12	2
4,00	12	0,043	7	-6	1
		69,508	867	-526	341

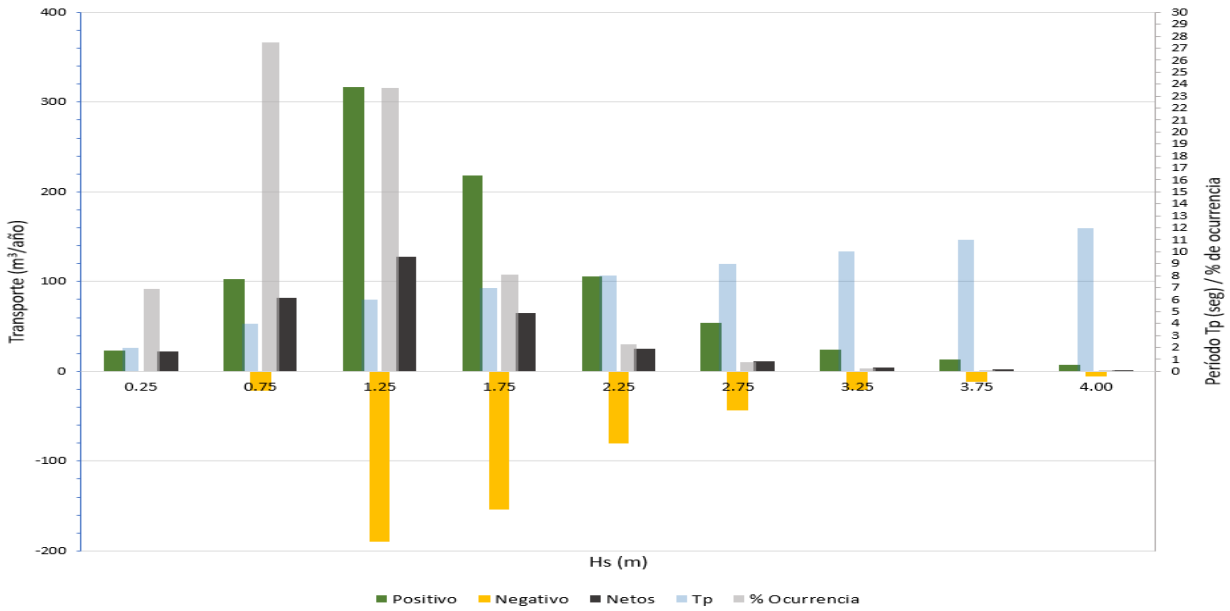


Figura 1 Cálculo del transporte litoral de sedimentos en la isobata de 8 metros total anual.

Los resultados obtenidos muestran que el transporte litoral en la isobata de 8 metros es muy bajo (del orden de 1.400 m^3/año bruto y 340 m^3/año neto como diferencia entre el transporte hacia el Sur y hacia el Norte). Los mayores transportes anuales se producen por las condiciones más frecuentes de oleaje. Estos sedimentos pasan frente a la boca portuaria sin depositarse en el canal puesto que su cota de fondo es igual a la del lecho natural.

3 DESCRIPCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE LA MODELACIÓN

3.1 DESCRIPCIÓN DE LOS MODELOS DE CORRIENTES Y OLEAJE

Para la modelación del transporte de sedimentos se ha utilizado un sistema integrado que comprende:

- Un modelo hidrodinámico y de transporte de sedimentos acoplado capaz de simular la circulación promediada en profundidad, salinidad y transporte de sedimentos debido a mareas, viento y olas. El modelo hidrodinámico resuelve la forma conservativa de las ecuaciones de aguas someras e incluye términos para la fuerza de Coriolis, la tensión del viento, la tensión de las olas, la tensión del fondo, el arrastre del flujo de vegetación, y la difusión turbulenta. Todas las ecuaciones se resuelven utilizando el método de volumen finito en una cuadrícula cartesiana no uniforme.
- Un modelo de transformación de onda espectral y resuelve la ecuación de equilibrio de la acción de las olas en estado estacionario en una cuadrícula cartesiana no uniforme. Incluye procesos físicos como *shoaling*, refracción, difracción, reflexión, interacción ola-ola y ola-corriente, *run-up*, *set-up* y rotura del oleaje, la generación de olas de viento, *whitecapping* de las olas, y considera la influencia de estructuras costeras

3.2 IMPLEMENTACIÓN DE LOS MODELOS

La geometría y el modelo digital del lecho del modelo de propagación del oleaje se presenta en la Figura 3. El dominio llega hasta la isobata de 24,5 metros respecto al nivel medio del mar, aproximadamente 19,5 metros considerados al cero local. La grilla de cálculo es una grilla uniforme de celdas de 20mx20m.

A su vez se implementó un modelo de propagación de oleaje más local vinculado al modelo anterior que toma sus resultados a lo largo del borde paralelo a la costa. El modelo local tiene una grilla de 10mx10m y llega hasta la isobata de 23 metros respecto al nivel medio del mar, aproximadamente 18 metros considerados al cero local. El dominio del modelo se presenta en la Figura 4 y coincide con el correspondiente al modelo que calcula las corrientes de marea y las generadas por el oleaje, y que permite calcular el transporte litoral y sus desequilibrios.

Cabe señalar que ambos modelos consideran las profundidades referidas al nivel medio del mar en la zona.

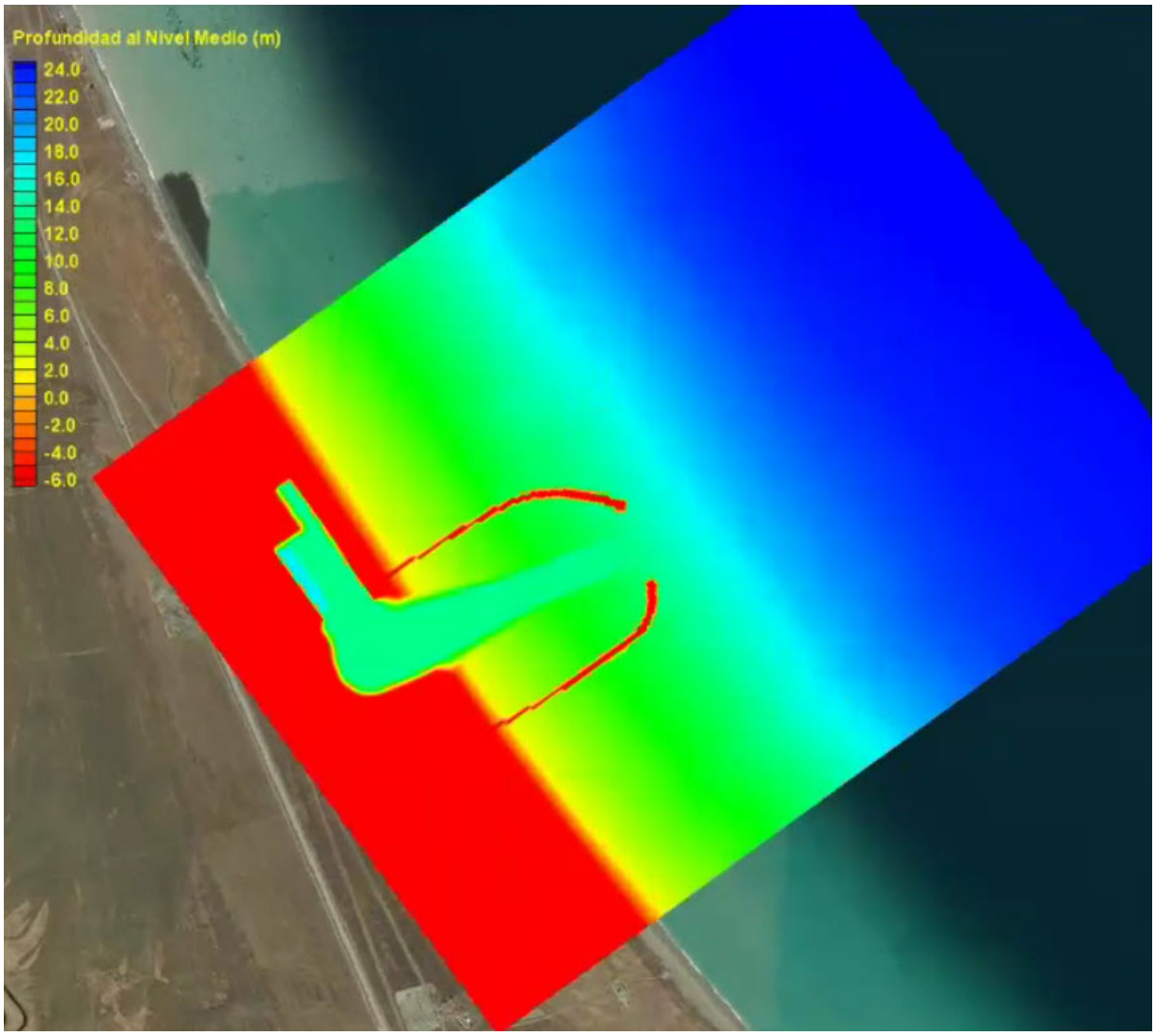


Figura 2 Esquema y Modelo Digital del Lecho del modelo de oleaje

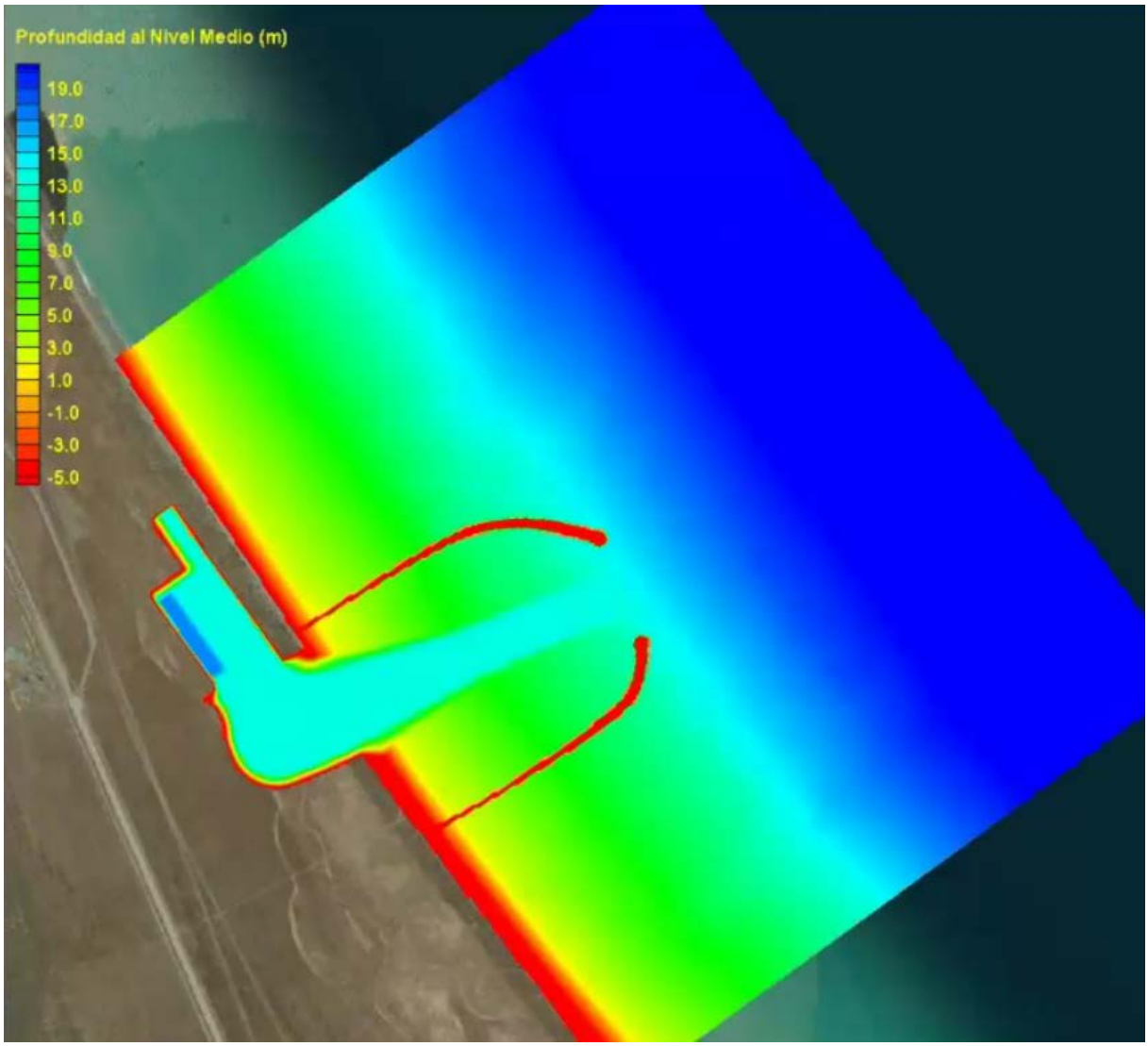


Figura 3 Esquema y Modelo Digital del Lecho del modelo de oleaje local y modelo de corrientes y transporte de sedimentos

Se consideró una condición de oleaje extrema en la boca del puerto, con H_s = 4 metros, T_p = 11 segundos proveniente del NE. Dicho oleaje se impuso sobre una condición de nivel medio del mar (5,1 m al cero local) y también sobre una condición de Bajamar de Sicigias de Perigeo (0,7 m al cero local) para evaluar el transporte de sedimentos. A tal fin, se consideraron diámetros típicos del sedimento d_{50} = 0,3 mm y d_{90} = 0,6 mm. Y de acuerdo con el propósito de la modelación, se evalúa exclusivamente la capacidad de sedimentación sin tener en cuenta erosión.

Por otro lado, se impuso una serie temporal de niveles de marea para evaluar los campos de velocidades en la zona del puerto.

4 RESULTADOS DE LA MODELACIÓN MATEMÁTICA

En la Figura 5 se presenta el mapeo de altura significativa de olas para la condición de nivel medio. Se observan valores de 4 metros en la zona de la boca del puerto y la difracción del oleaje provocada por las escolleras. También se observa la disminución de altura por rotura a lo largo de la línea de costa.

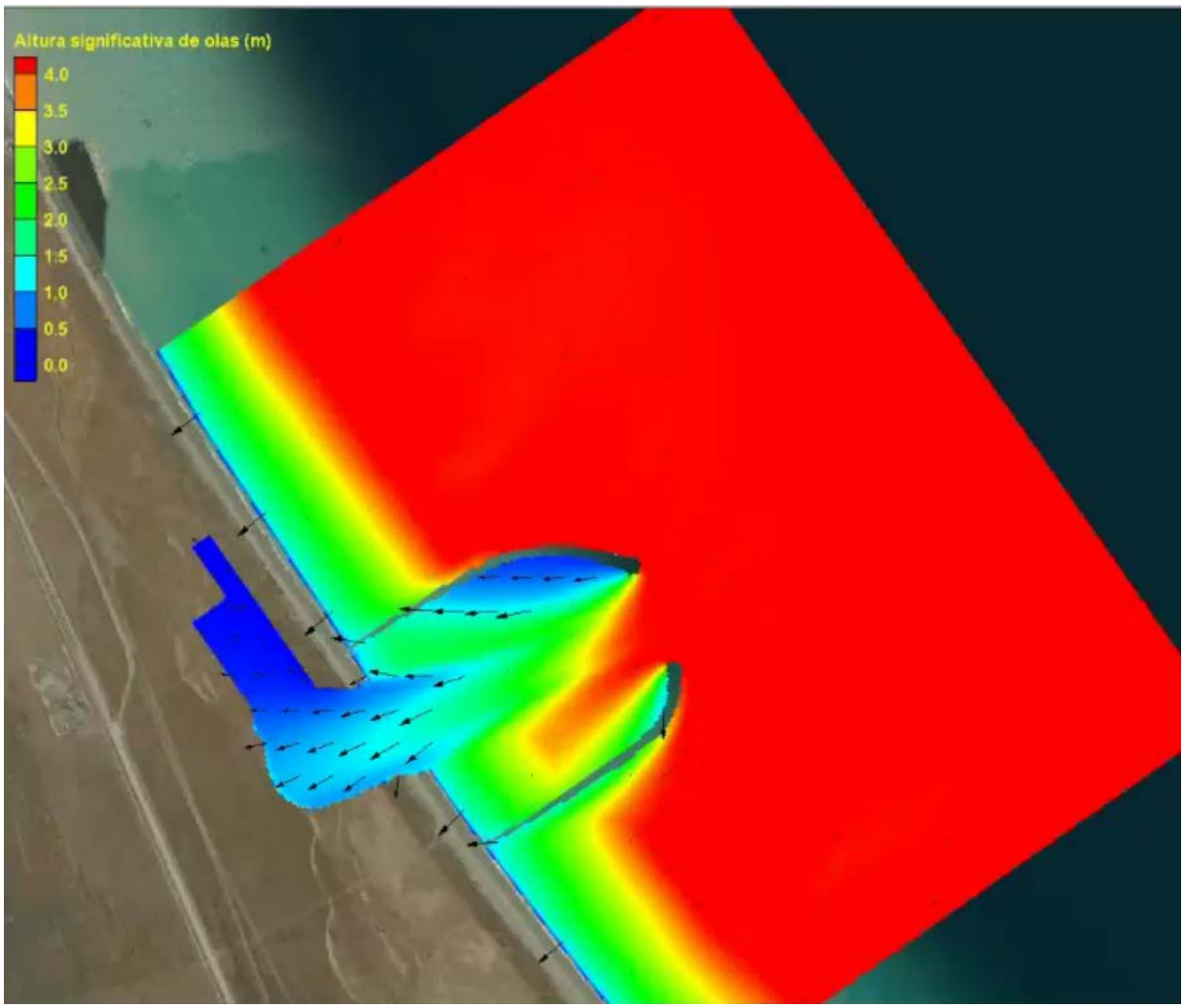


Figura 4 Oleaje extremo en Nivel Medio.

Para la condición de oleaje recién descripta, se obtuvo el mapa de Concentración de sedimentos promediada en profundidad que se presenta en la Figura 6, donde los vectores representan el campo de Transporte de sedimentos. En la boca del puerto se observan valores máximos de Concentración de alrededor de 0,015 kg/m^3.

Los vectores (flechas) indican la dirección del transporte de sedimentos inducido por el oleaje. Se puede apreciar que la penetración dentro de la zona abrigada es mínima, dado que el flujo pasa por delante de la boca prácticamente en forma paralela a la misma.

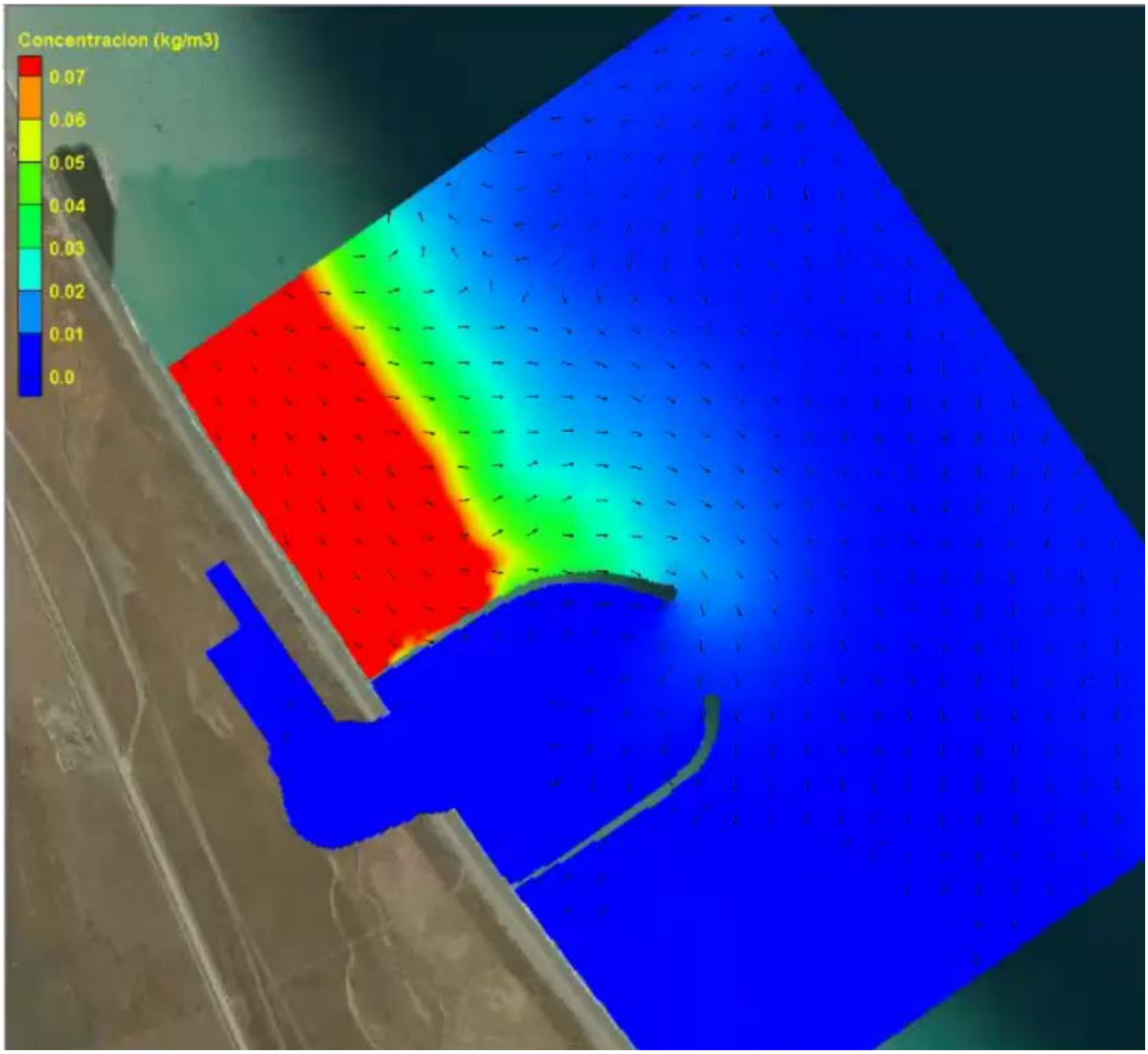


Figura 5 Concentración de sedimentos promediada en profundidad para oleaje extremo en Nivel Medio.

En la Figura 7 se presenta el mapa de altura significativa de olas para la condición de bajamar de Sicigias de Perigeo. Se observa la menor penetración entre escolleras.

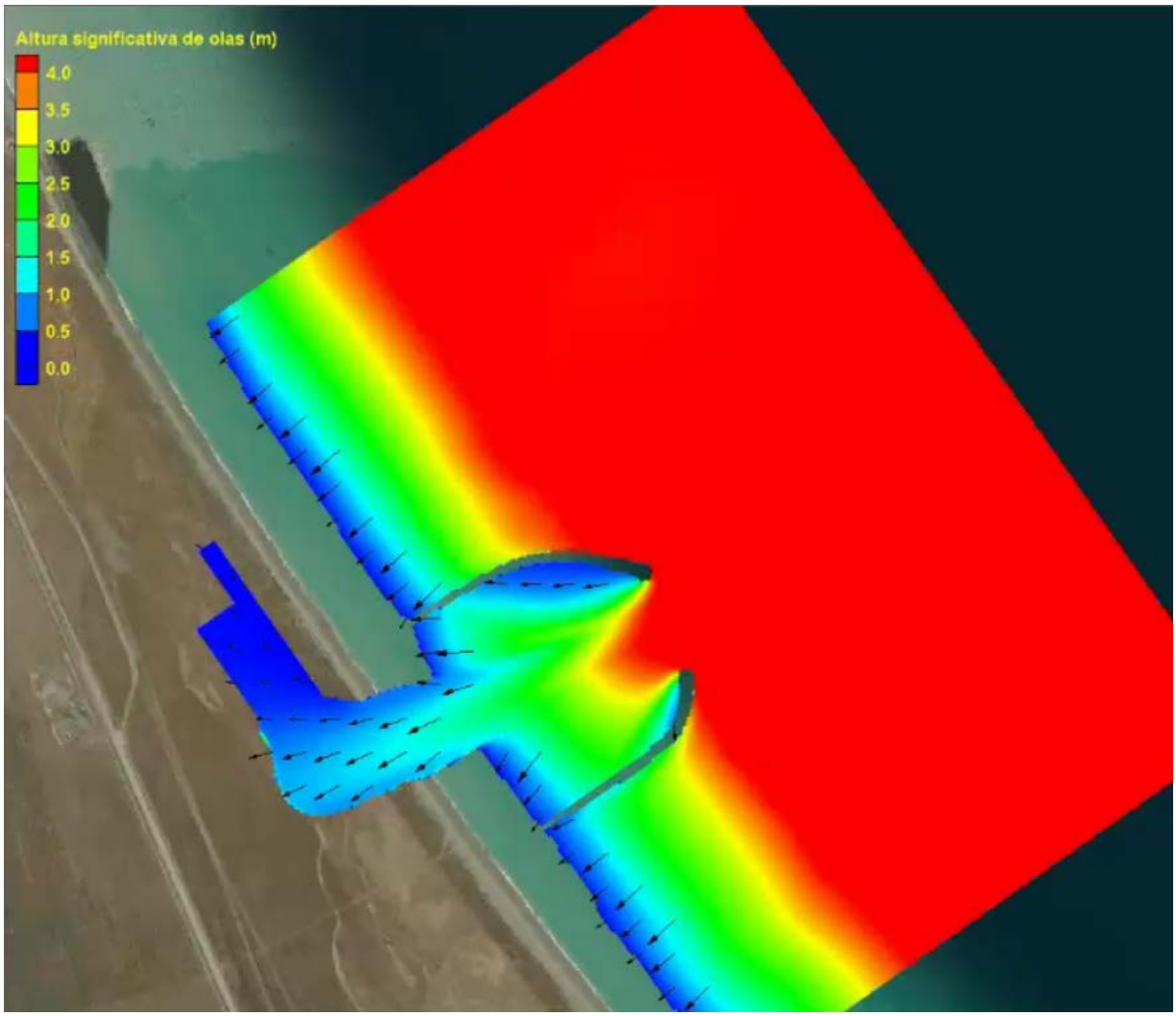


Figura 6 Oleaje extremo en Bajamar de Sicigias de Perigeo.

Para esta condición de oleaje se obtuvo el mapa Concentración de sedimentos promediada en profundidad que se presenta en la Figura 8, donde los vectores representan el campo de Transporte de sedimentos. En la boca del puerto se observan valores máximos de Concentración de alrededor de 0,07 kg/m^3.

Con respecto a la dirección del transporte de sedimentos inducido por el oleaje, valen los mismos comentarios previos para la modelación con el nivel medio del mar.

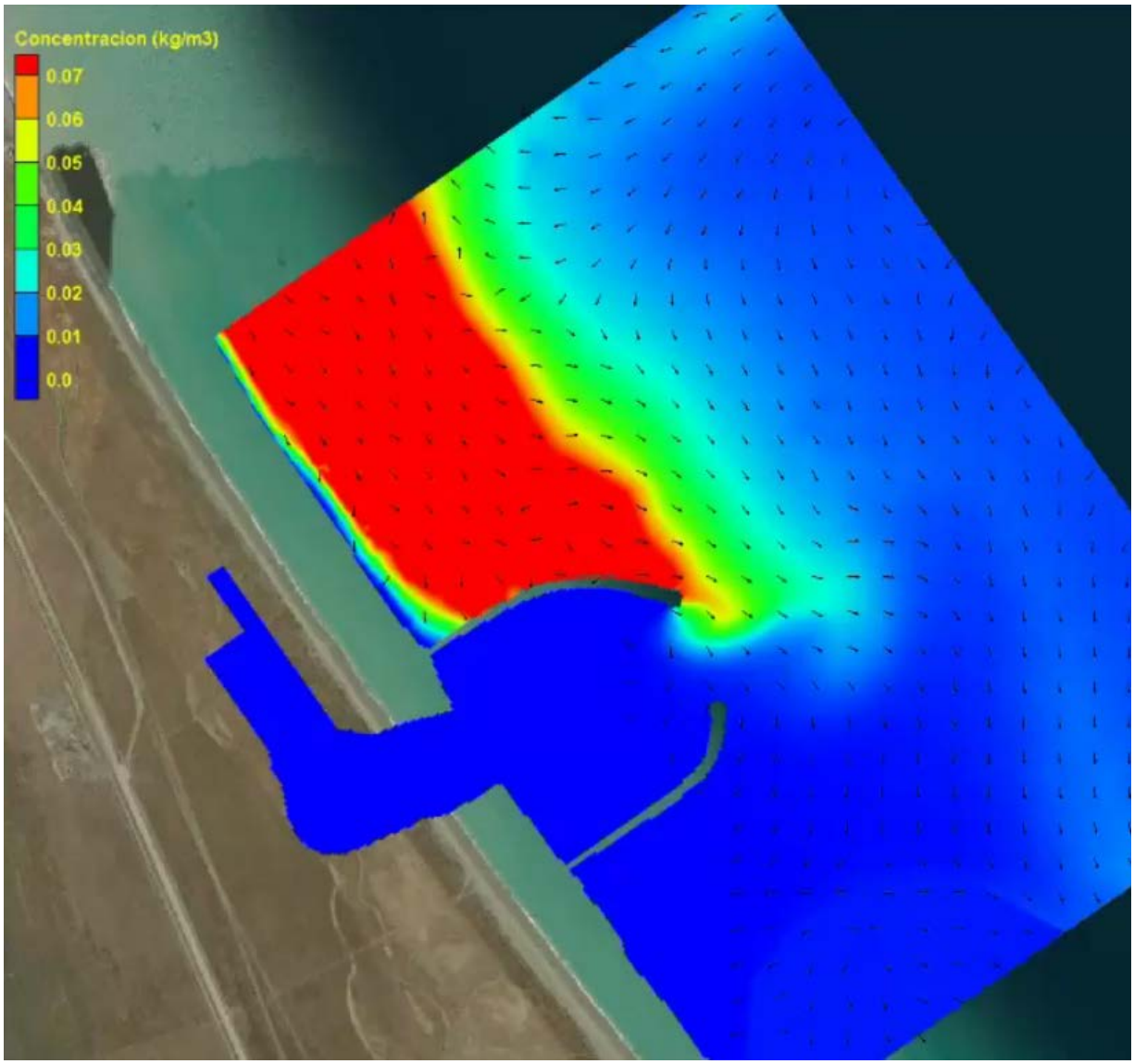


Figura 7 Concentración de sedimentos promediada en profundidad para oleaje extremo en bajamar de Sicigias de Perigeo.

Como resultado de simular una serie temporal de niveles de marea sin influencia del oleaje, se obtiene el mapa de velocidades presentado en la Figura 9, que representa un campo de velocidades típico de norte a sur para marea bajante. En general se obtuvieron velocidades entre 0,4 y 0,5 m/s en la zona de acceso al puerto, mientras que en la boca del puerto la velocidad máxima es de 0,6 m/s.

En la Figura 10 se representa un campo de velocidades típico de sur a norte para marea creciente. Se observa que en la boca del puerto la velocidad máxima presenta valores de orden similar (alrededor de 0,6 m/s).

Se aprecia que se produce un ingreso de agua en la boca portuaria generándose en algunos momentos un patrón de recirculación.

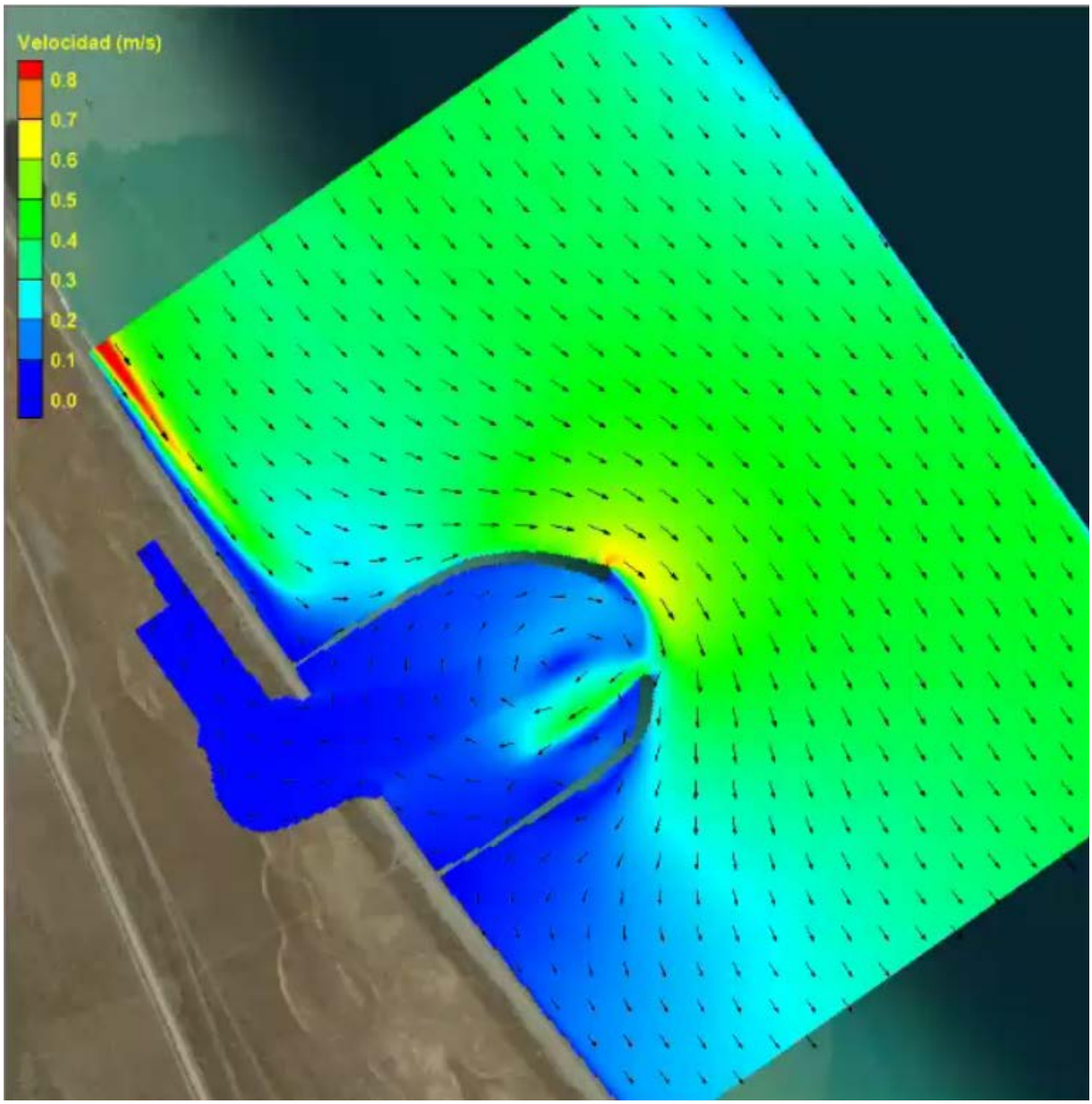


Figura 8 Mapa de Velocidades típico de norte a sur para marea bajante

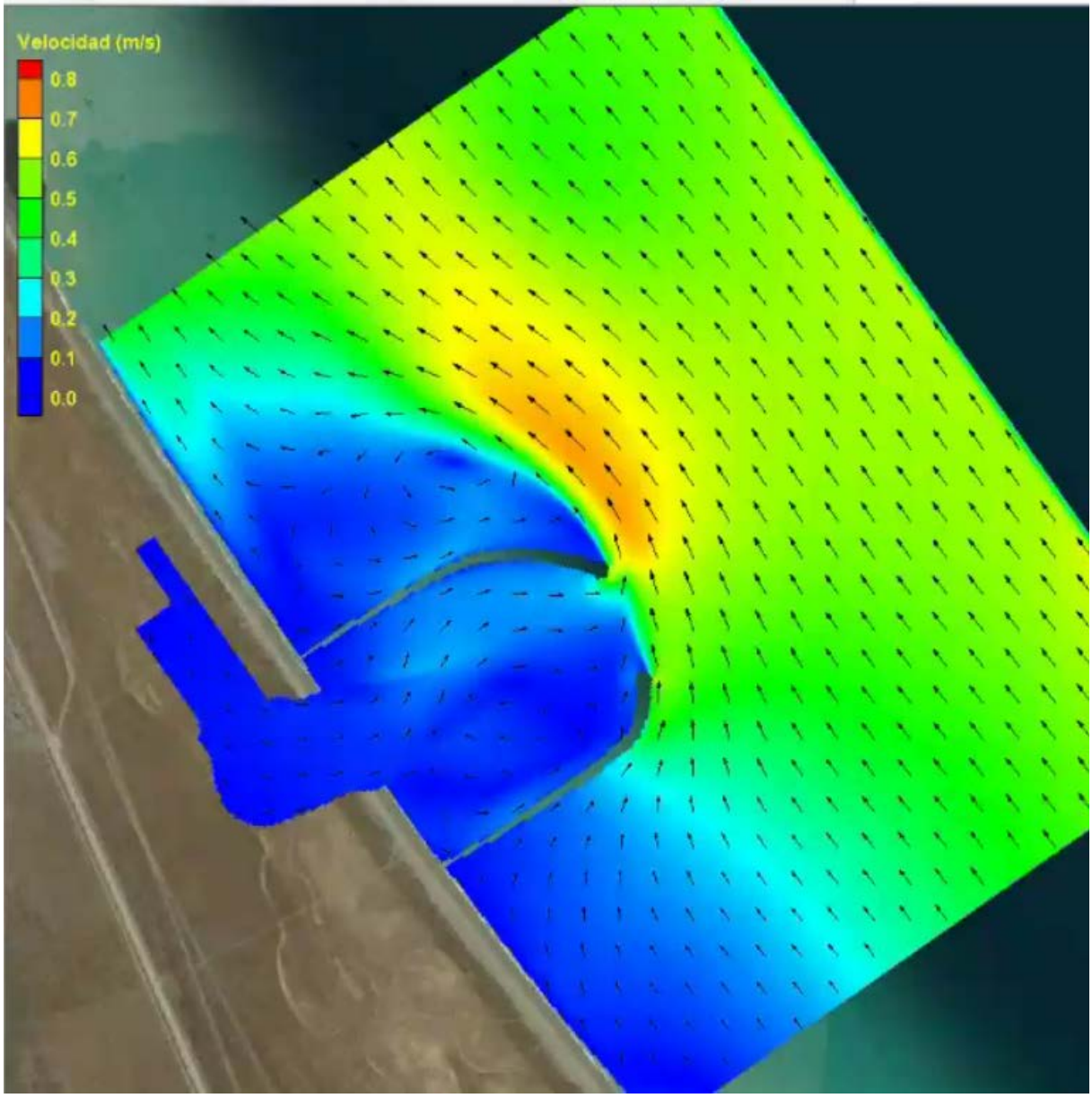


Figura 9 Mapa de Velocidades típico de norte a sur para marea creciente

Mediante el modelo se exploraron las tendencias sedimentológicas de corto plazo (1 día) asumiendo que durante todo ese día actúa el oleaje de cálculo mencionado, y con un nivel de marea constante. La Figura 11 y la Figura 12 ilustran los patrones de sedimentación (no se consideró erosión) para cada escenario.

Para la condición de nivel medio se puede observar una línea de máxima sedimentación que coincide con la zona donde las olas extremas modeladas comienzan a romper, y un inicio de acumulación de sedimentos contra la obra de abrigo, al Norte de ésta. No se produce deposición de sedimentos en la boca del puerto.

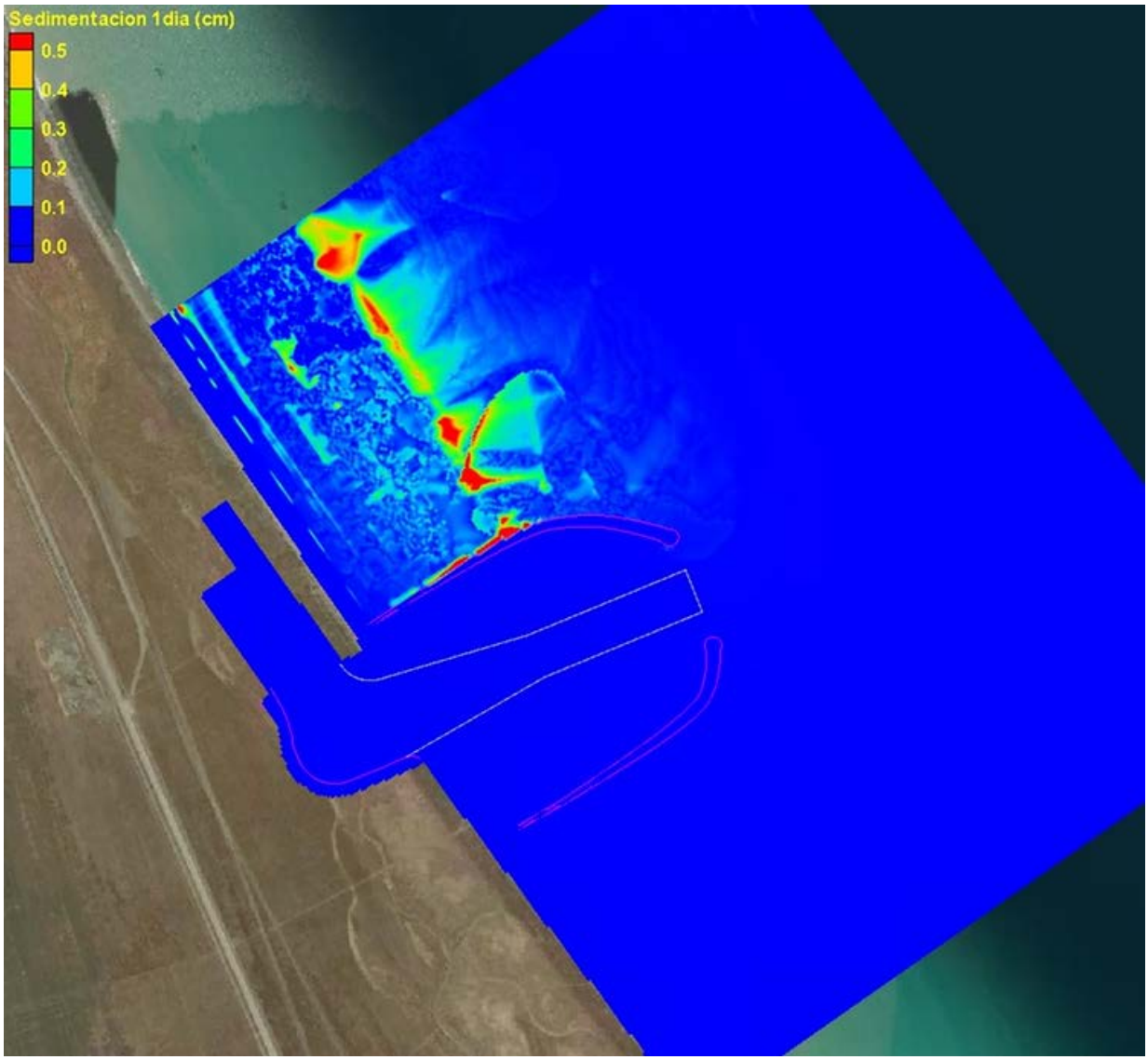


Figura 10 Sedimentación durante 1 día para oleaje extremo en Nivel Medio.

Durante la bajamar, que es también una situación particular pues las mareas de sicigias de perigeo son de las más bajas mareas astronómicas posibles, la rompiente de las olas se traslada hacia mar adentro, y se produce una leve sedimentación frente a la boca portuaria. En la zona no protegida, esta sedimentación sería “lavada” por otras condiciones de oleaje y marea retornando a la configuración inicial del lecho. En la zona del canal, el valor obtenido representa 0,02 cm/día, pero siendo que la condición de niveles representativos de la bajamar se mantiene durante unas 2 a 3 horas como máximo, esto equivale a unos 0,02 mm/día en realidad. Valor que está por debajo del tamaño de grano medio considerado que es 0,3 mm.

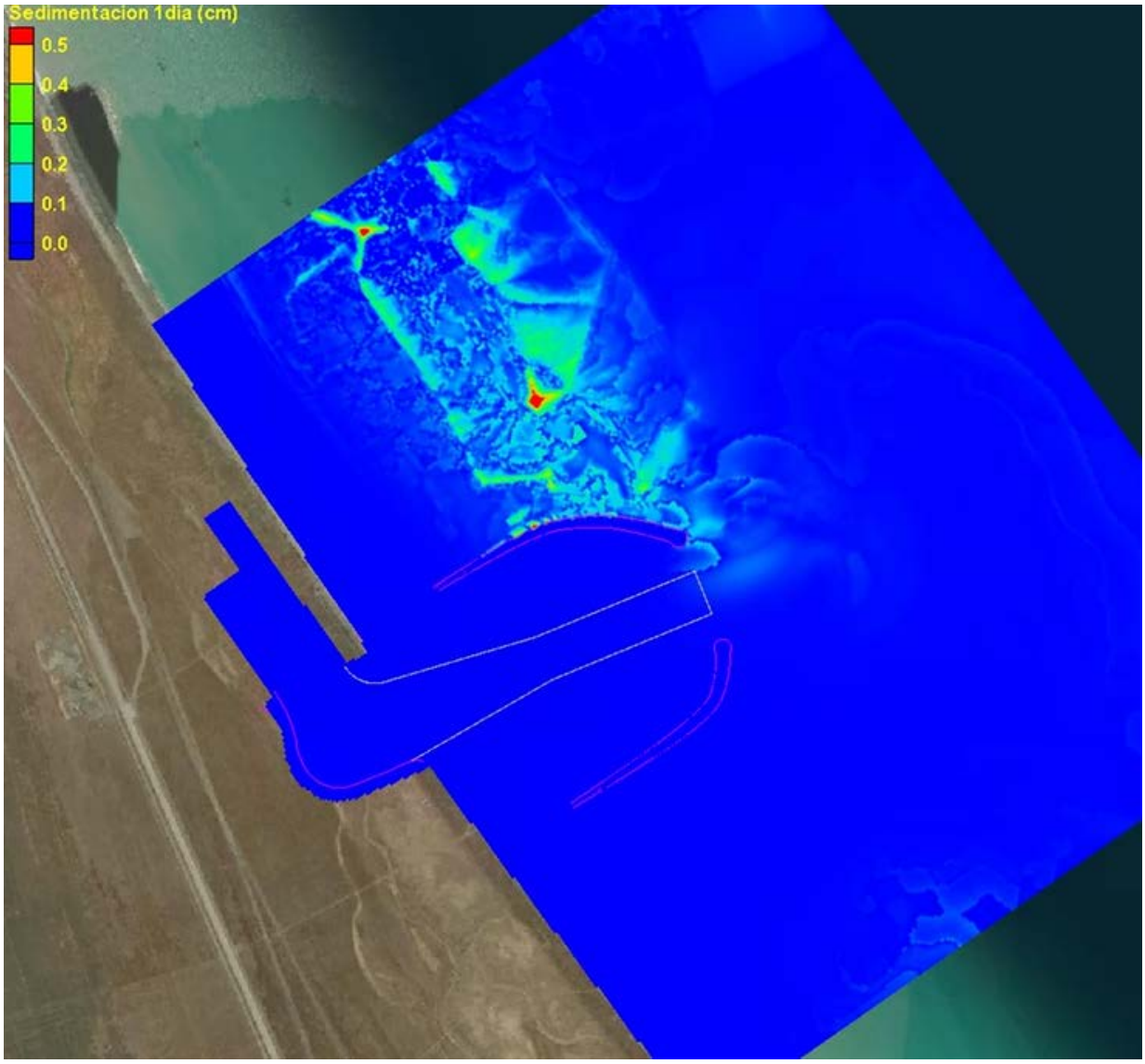


Figura 11 Sedimentación durante 1 día para oleaje extremo en Bajamar de Sicigias de Perigeo.

5 CONCLUSIONES

Los estudios realizados permitieron concluir en primer lugar que si bien existe un transporte litoral pasante por delante de la boca de las obras de abrigo del puerto, el mismo tiene muy baja magnitud, del orden de 1.400 m^3/año bruto (suma de ambos sentidos de transporte) y 340 m^3/año neto como diferencia entre el transporte hacia el Sur y hacia el Norte. Los mayores transportes anuales se producen por las condiciones más frecuentes de oleaje.

Desde un punto de vista teórico estos sedimentos pasan frente a la boca portuaria sin depositarse en el canal puesto que su cota de fondo es igual a la del lecho natural.

No obstante ello se implementó una modelización matemática bidimensional del esquema portuario con obras de abrigo incluidas, para verificar el orden de magnitud de la concentración de sedimentos calculada frente a la boca del puerto, la configuración de las corrientes de marea que deben “rodear” las obstrucciones causadas por la presencia de estas obras, y la eventual tasa de sedimentación en el canal.

Se concluyó que la tasa de sedimentación sería nula para condiciones de nivel medio del mar aún ante un oleaje extraordinario de 4 metros de altura significativa, y solamente habría una tasa estimada en un valor inferior al tamaño de grano de la arena durante las condiciones de bajamar de sicigias de perigeo (es decir, ambas condiciones muy conservativas).

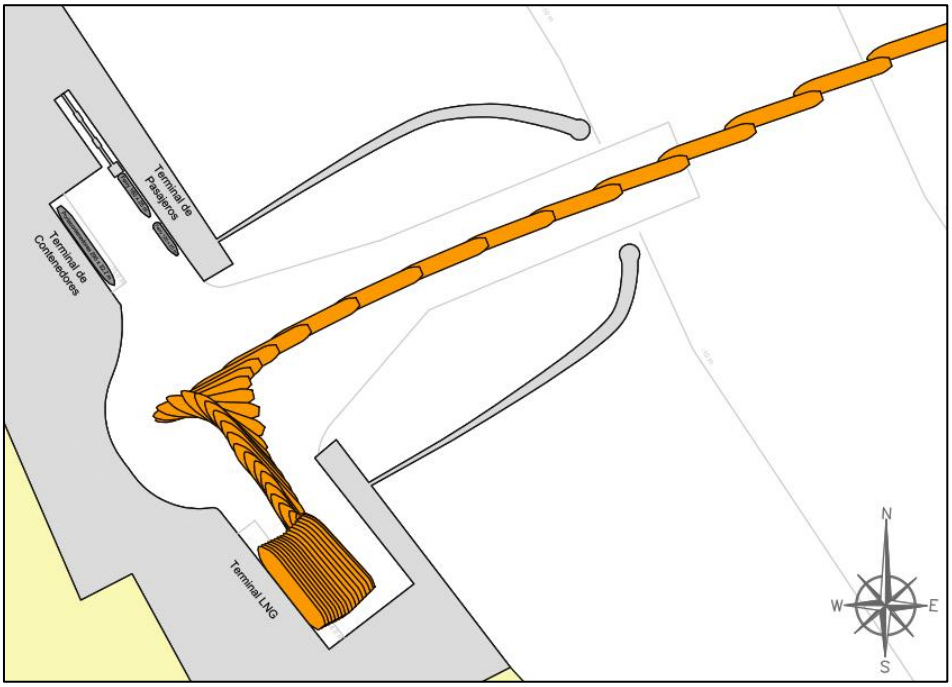
Estos resultados implican que no es esperable la ocurrencia de una sedimentación significativa en la boca del canal de acceso portuario (y mucho menos en su interior), evitándose así la necesidad de realizar dragados de mantenimiento.

Esta conclusión es válida siempre y cuando se realice en forma eficaz el bypass de arena recomendado en el informe 22044-PRG-IF-005, relativo al “Estudio de impacto morfológico de las obras de abrigo”, de tal manera que la misma no se vaya acumulando a lo largo de la obra de abrigo Norte hasta avanzar sobre la boca del puerto.

Siport21

Informe Final - Rev. 01 Código: 2022165

Estudio de Viabilidad Náutica para una Terminal Multipropósito en la Zona de Río Grande, Tierra de Fuego, Argentina



Cliente: Serman

Serman & asociados s.a. Consultora

Fecha: noviembre 2022

Índice

1. Introducción 1

2. Condiciones de simulación 2

2.1. Disposición en planta y batimetría 2

2.1. Condiciones climáticas de referencia 4

2.1.1. Viento 5

2.1.2. Oleaje 7

2.1.3. Corrientes 11

2.1.4. Nivel de agua 13

2.1.5. Escenarios climáticos de análisis 15

2.2. Buques de estudio 16

2.3. Remolcadores 18

3. Estudio con Modelo Numérico (SHIPMA) 20

3.1. Introducción 20

3.2. Metodología 20

3.3. Planteamiento y ejecución de las maniobras 21

3.4. Evaluación y valoración de las maniobras 22

3.4.1. Evaluación del área de navegación requerida 22

3.5. Casos analizados 24

3.6. Descripción de las Maniobras 26

C/Chile,8. Edificio Azasol. Oficina 208
28290 Las Matas (Madrid)
Tel.: 91 630 70 73 - Fax: 91 630 81 32
www.siport21.com

3.6.1. Maniobras de Entrada 26
3.6.2. Maniobras de Salida 27
3.7. Valoración de las maniobras 29
4. Requerimiento de Espacios Navegables.....32
4.1. Metodología 32
4.2. Resultados 34
4.2.1. Márgenes adicionales o interferencias 37
4.3. Valoración 38
5. Análisis de profundidades. Estudio de Calados 40
5.1. Dimensionamiento en alzado 40
5.2. Conclusiones 43
6. Resumen y conclusiones.....44
6.1. Comentarios adicionales 49

C/Chile,8. Edificio Azasol. Oficina 208
28290 Las Matas (Madrid)
Tel.: 91 630 70 73 - Fax: 91 630 81 32
www.siport21.com

Anejos

ANEJO I: PLANOS

ANEJO II: CARACTERÍSTICAS DE LOS BUQUES ANALIZADOS

ANEJO III: DESCRIPCIÓN DEL MODELO SHIPMA

ANEJO IV: GRÁFICOS DE TRAYECTORIA Y DE VARIABLES DE MANIOBRA

ANEJO V: ESPACIOS DE NAVEGACIÓN SEGURA: METODOLOGÍA Y GRÁFICOS

ANEJO VI: REQUERIMIENTOS EN ALZADO

Equipo Técnico Participante

Carlos Cal	Director de Asesoría Náutica y Programas de Entrenamiento
Raúl Atienza	Director Técnico
Raúl Redondo	Gerente de Departamento de Maniobra y Estudios Náuticos
Leandro Pires	Ingeniero de Proyecto

C/Chile,8. Edificio Azasol. Oficina 208
28290 Las Matas (Madrid)
Tel.: 91 630 70 73 - Fax: 91 630 81 32
www.siport21.com

1. Introducción

A petición de **SERMAN & Asociados SA** se realiza un estudio técnico para analizar la **viabilidad náutica** del proyecto del Puerto de Río Grande, Tierra de Fuego, Argentina. El proyecto conceptual consiste en una dársena excavada en tierra, para lo cual será necesario dragar un canal de aproximación y las zonas de maniobra y atraque.

Se requiere dimensionar el **espacio navegable** en planta y alzado para el acceso seguro de los buques de proyecto: un **portacontenedores Panamax** de 295 m de eslora, 32.2 m de manga y 13.5 m de calado, y un buque **metanero tipo Q-Flex** de 216 000 m^3, con 315 m de eslora, 50 m de manga y 12 m de calado.

Se realiza un estudio de maniobrabilidad para analizar el **espacio de navegación** necesario para garantizar la seguridad de las operaciones previstas de los buques de proyecto, evaluando las obras de dragado necesarias. Se analizan las **condiciones límite** de acceso y salida (en cuanto a viento, oleaje y corriente), definiendo los **requerimientos de remolcadores** y **recomendaciones sobre la señalización**. El objetivo es **verificar el diseño conceptual** de la zona de navegación y maniobra que permita una operación segura en la zona de estudio, aportando además criterios de cara a optimizar el diseño y las obras de dragado.

Para el desarrollo del estudio se utiliza como herramienta de trabajo el **Modelo Numérico de Maniobra de Buques con Autopiloto** (**SHIPMA 7.4.2**), desarrollado por Delft Hydraulics – MARIN (Holanda), que reproduce el comportamiento de un buque específico durante la ejecución de las maniobras de acceso o salida de puerto, sometido a la acción de los agentes ambientales (viento, corriente, oleaje, profundidad limitada, succión de orilla, etc.). Para ello, dispone de un **piloto automático**, que desarrolla las acciones necesarias para mantener una trayectoria objetivo predefinida. Previamente, se fijan la posición y condiciones iniciales del buque, así como una serie de restricciones al uso de la máquina.

El estudio se completa con un **análisis de calados** para definir, en función de las ventanas operativas (dependiendo de la carrera de marea, corrientes y oleaje), las necesidades de profundidad evitando riesgo de varada.

El trabajo se lleva a cabo apoyándose en la metodología de Simulación de Maniobras de Buques planteada por **PIANC** (Asociación Internacional de Navegación) en los Informes "*Approach Channels. A Guide for Design*" (1997) y "*Harbour Approach Channels Design Guidelines*" (2014), y en las Recomendaciones de Puertos del Estado (España) **ROM 3.1-99** "Proyecto de la Configuración Marítima de los Puertos; Canales de Acceso y Áreas de Flotación".

2. Condiciones de simulación

2.1. **Disposición en planta y batimetría**

El proyecto del Puerto de Río Grande se localiza a unos 21 km al NW de la ciudad de Río Grande, en la Provincia de Tierra de Fuego, Argentina. La siguiente imagen muestra la localización del Nuevo Puerto.



Figura 1. Localización del Nuevo Puerto de Río Grande

El nuevo puerto está diseñado con dos dársenas excavadas en tierra, unidas por la zona de reviro a la que se llega a través de un canal de acceso de 260 m de ancho y 1250 m de longitud, con rumbo 247.5º, y que está protegido por dos escolleras de 1335 m y 1135 m respectivamente al Norte y Sur del canal de acceso.

El canal de acceso, zona de reviro y dársenas de atraque está planificado a una cota de -10.5 m, de tal forma que permita el acceso de los grandes buques ligados a la marea y un nivel de agua adecuado. Para no tener problemas en el atraque, se han planificado las fosas correspondientes a profundidades superiores, para disponer de agua en todo momento, estando la fosa de atraque del portacontenedores a la cota –15.0 m y la del metanero Q-Flex a la -14.0 m.

La dársena Norte, con una longitud de 397 m y una anchura de 260 m, está diseñada para el atraque de buques portacontenedores en su cara Oeste y buques ferry o pesqueros

en su cara Este. La dársena Sur, de 330 m de ancho y unos 515 m de largo se diseña para el atraque de los buques metaneros en su lado Oeste.

La siguiente imagen ilustra la planta proyectada para el Puerto de Río Grande. En el **Anejo I** se encuentran los planos de la zona de estudio.

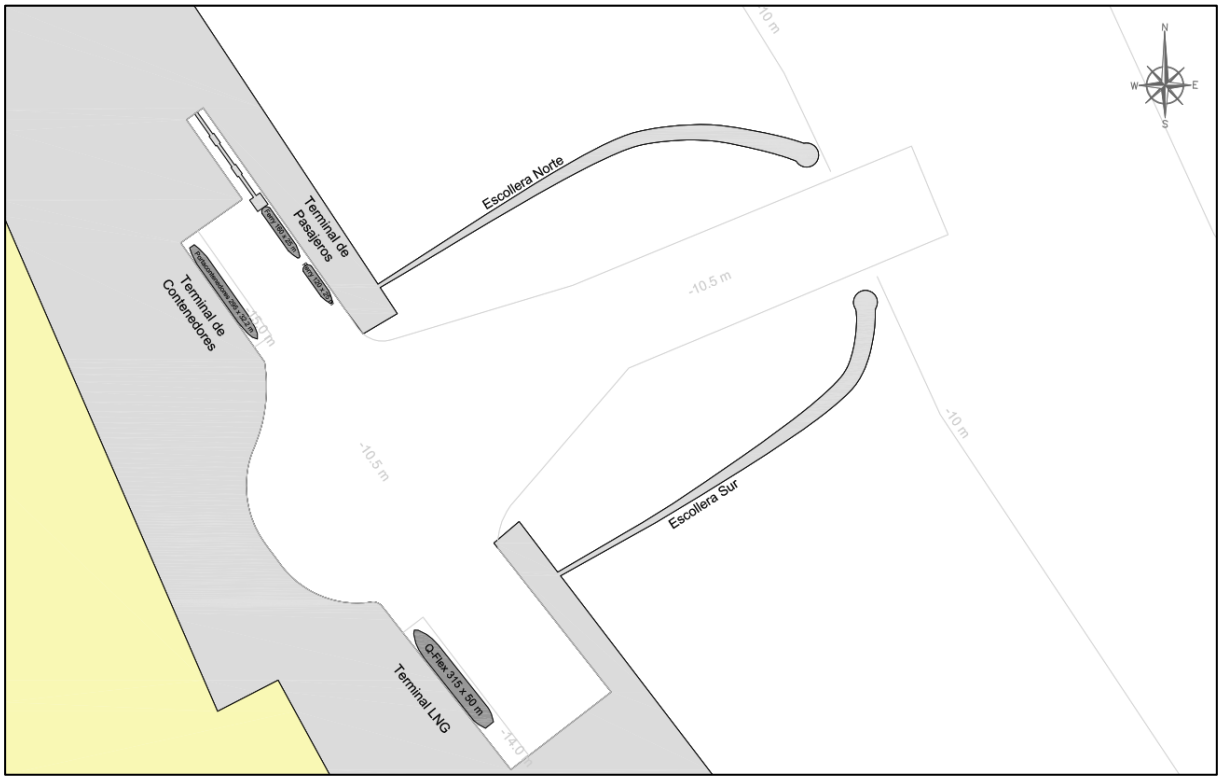


Figura 2. Configuración en planta y batimetría

2.1. **Condiciones climáticas de referencia**

Se consideran como factores hidro-meteorológicos más importantes, por su influencia en la maniobrabilidad y en la respuesta del buque, el **viento,** la **corriente** y el **oleaje.** El último afecta principalmente en la fase de aproximación a puerto y paso por la bocana, al igual que la corriente litoral. Las maniobras en el interior del puerto se ven afectadas fundamentalmente por el viento.

Para determinar las condiciones marítimas y meteorológicas de la zona, se ha considerado la información generada por **Serman y Asociados**. La siguiente imagen muestra la localización de las fuentes de datos empleadas para la determinación del clima marítimo**:**

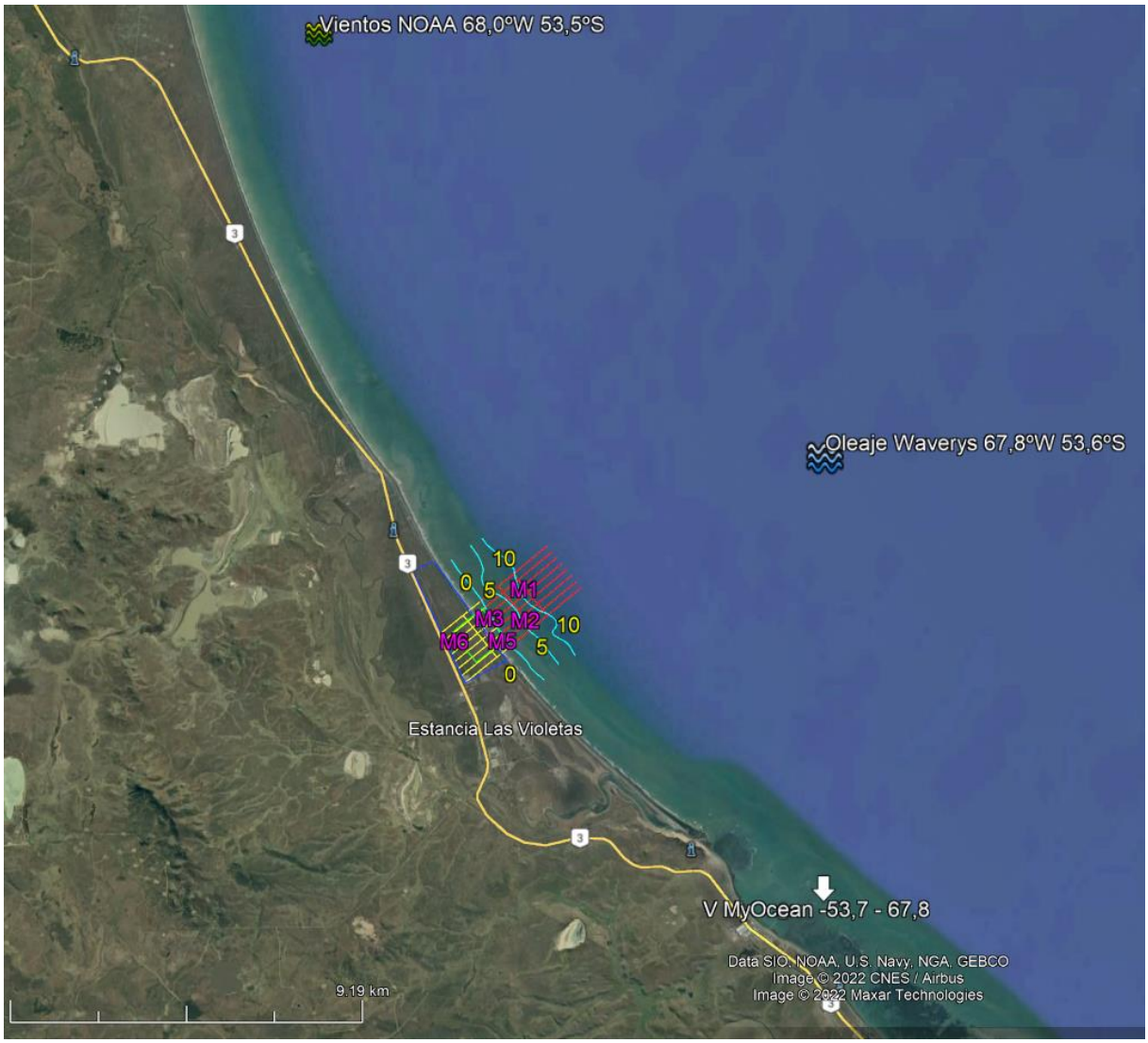


Figura 3. Posición de las fuentes de datos climáticos relevantes para el estudio de clima

2.1.1. Viento

Los vientos en la zona de estudio se pueden caracterizar mediante la información cada 3 horas en el período 1979-2007 de un punto de la NOAA de coordenadas Latitud 53,5º S y Longitud 68,0º W, ubicado a 3 km de la costa unos 16 km hacia el Norte.

La siguiente figura muestra las rosas anuales de vientos de la serie de datos de la NOAA:

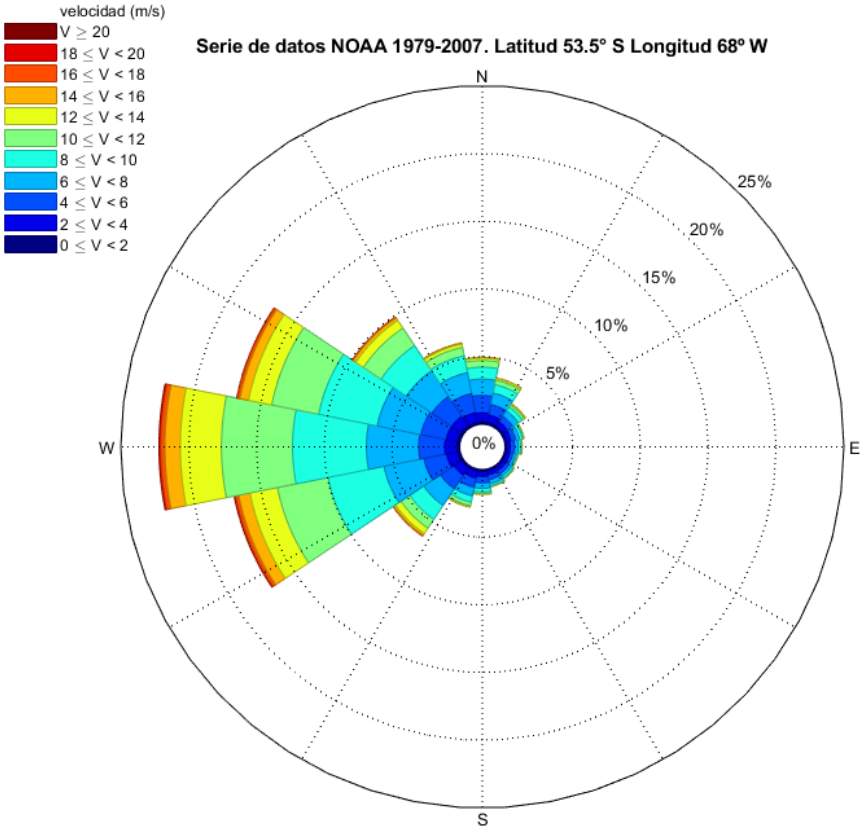


Figura 4. Rosa de viento anual

Tabla 1. Distribución frecuencial de la velocidad y dirección del viento

V (m/s)\Dir (º)	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	TOTAL
0.-2.	0,193%	0,167%	0,158%	0,134%	0,128%	0,123%	0,123%	0,138%	0,136%	0,143%	0,169%	0,200%	0,196%	0,213%	0,201%	0,163%	2,586%
2.-4.	0,658%	0,570%	0,390%	0,356%	0,273%	0,271%	0,300%	0,295%	0,389%	0,533%	0,674%	0,832%	0,920%	0,841%	0,846%	0,740%	8,886%
4.-6.	1,278%	0,775%	0,489%	0,342%	0,317%	0,247%	0,281%	0,368%	0,461%	0,693%	1,203%	1,693%	1,907%	1,894%	1,763%	1,435%	15,147%
6.-8.	1,208%	0,864%	0,485%	0,296%	0,267%	0,189%	0,221%	0,292%	0,412%	0,651%	1,481%	2,995%	3,859%	3,288%	2,268%	1,573%	20,348%
8.-10.	0,879%	0,639%	0,356%	0,223%	0,167%	0,112%	0,151%	0,145%	0,268%	0,475%	1,240%	4,216%	5,452%	4,401%	2,245%	1,270%	22,239%
10.-12.	0,495%	0,336%	0,182%	0,089%	0,073%	0,050%	0,062%	0,072%	0,118%	0,268%	0,784%	3,804%	5,243%	3,536%	1,556%	0,640%	17,308%
12.-14.	0,168%	0,132%	0,083%	0,032%	0,037%	0,029%	0,033%	0,029%	0,050%	0,089%	0,481%	2,067%	3,028%	1,741%	0,680%	0,249%	8,927%
14.-16.	0,046%	0,035%	0,024%	0,016%	0,004%	0,011%	0,010%	0,010%	0,012%	0,024%	0,172%	0,847%	1,137%	0,663%	0,235%	0,078%	3,324%
16.-18.	0,010%	0,011%	0,010%	0,001%	0,010%	0,005%	0,009%	0,001%	0,004%	0,006%	0,054%	0,255%	0,327%	0,191%	0,063%	0,013%	0,969%
18.-20.	0,004%							0,002%		0,001%	0,002%	0,071%	0,100%	0,027%	0,015%	0,001%	0,223%
20.-22.	0,001%											0,009%	0,009%	0,002%	0,002%		0,023%
22.-24.												0,006%	0,005%	0,002%	0,001%		0,015%
24.-26.													0,001%	0,005%			0,006%
> 26																	
TOTAL	4,939%	3,529%	2,176%	1,489%	1,275%	1,037%	1,189%	1,353%	1,850%	2,883%	6,260%	16,994%	22,184%	16,805%	9,875%	6,162%	100%

Se puede observar que los vientos más frecuentes e intensos son aquellos de componente Oeste, del SW al NW, agrupando más del 70% de los datos, y llegando a alcanzar velocidades superiores a los 20 m/s.

La siguiente tabla e imagen muestra las excedencias de las velocidades de viento de la serie de datos de la NOAA:

Tabla 2. Probabilidad de excedencia de la velocidad del viento

Velocidad del viento (m/s)	0	4	6	8	10	12	14	16	20
Excedencia	100.0%	88.5%	73.4%	53.0%	30.8%	13.5%	4.6%	1.2%	0.0%

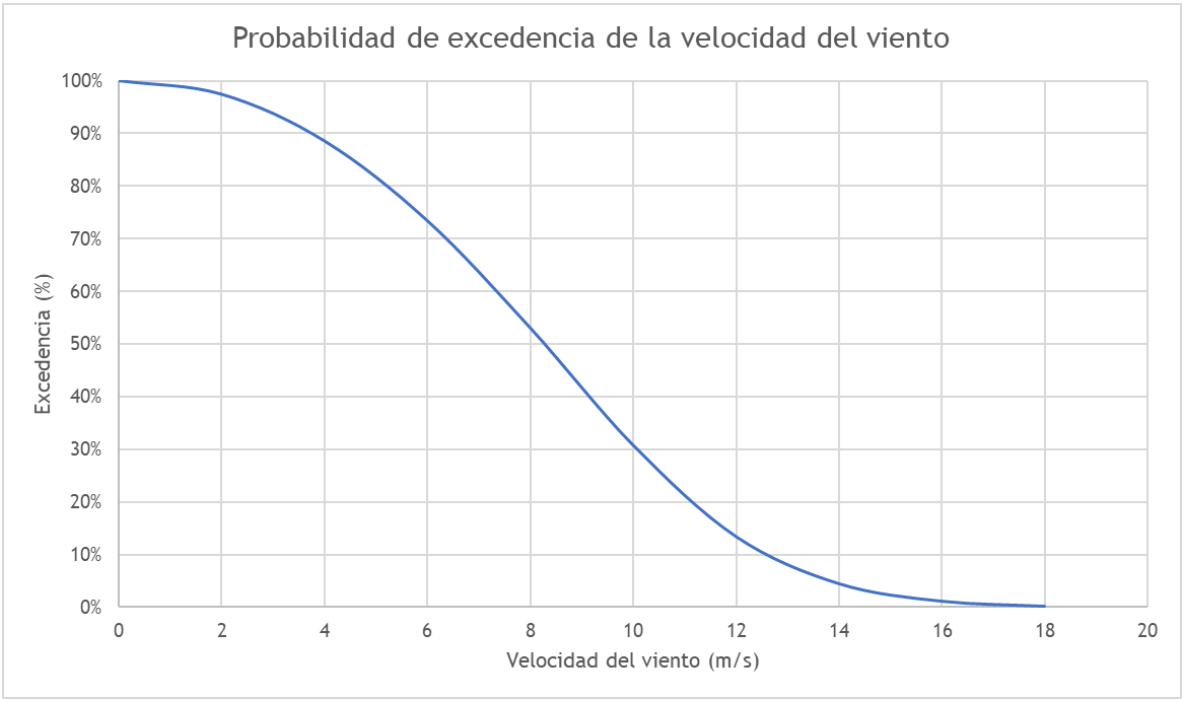


Figura 5. Gráfico de excedencia de la velocidad del viento

Aproximadamente la **mitad del tiempo** el viento se encuentra por debajo de los 8 m/s. En general, intensidades **10 m/s** se exceden en torno al **30%** del tiempo (110 días al año), los vientos de 12.5 m/s se exceden un 10% del tiempo (36 días al año), mientras que los vientos de más de **16 m/s** se dan el **1%** del tiempo (4 días al año).

2.1.2. Oleaje

2.1.2.1. Oleaje exterior

Se consideran los datos de oleaje cada 3 horas del sistema WAVERYS, en el punto más próximo al proyecto, correspondiente con las coordenadas; Latitud 53,6º y Longitud 67,8º, a unos 9,5 km de la costa y frente a la zona de estudio.

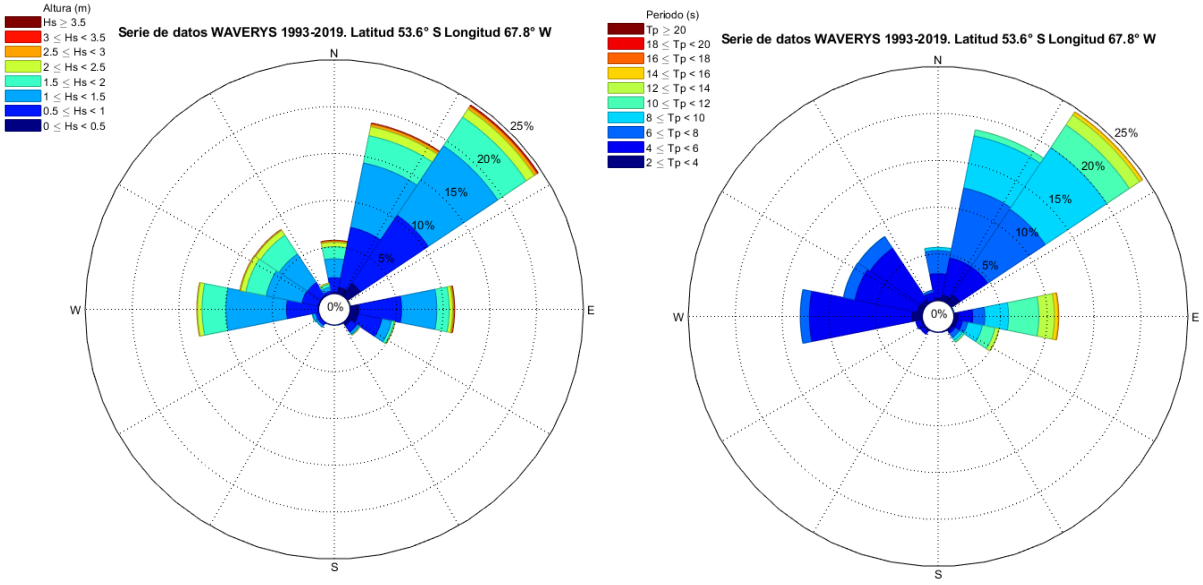


Figura 6. Rosa de oleaje exterior anual

Tabla 3. Distribución frecuencial de la altura significativa del oleaje exterior y la dirección

Hs (m)\Dir (º)	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	TOTAL
0,0-0,25	0,011%	0,014%	0,060%		0,038%	0,030%	0,016%										0,170%
0,25-0,5	0,166%	0,717%	1,607%	0,001%	0,928%	0,887%	0,376%			0,001%	0,006%	0,004%	0,061%	0,094%	0,085%	0,023%	4,958%
0,5-0,75	0,563%	2,592%	3,766%	0,005%	1,967%	1,402%	0,529%	0,019%	0,009%	0,010%	0,167%	0,112%	0,854%	0,488%	0,512%	0,099%	13,095%
0,75-1,0	0,976%	3,922%	4,980%	0,005%	2,597%	1,190%	0,335%	0,024%	0,011%	0,016%	0,203%	0,241%	2,540%	1,275%	1,186%	0,196%	19,700%
1,0-1,25	1,029%	4,039%	5,157%	0,015%	2,182%	0,710%	0,169%	0,010%	0,008%	0,016%	0,175%	0,236%	3,509%	1,937%	1,733%	0,212%	21,135%
1,25-1,5	0,990%	2,983%	3,775%	0,014%	1,591%	0,345%	0,095%	0,015%	0,014%	0,008%	0,071%	0,129%	2,956%	1,957%	1,919%	0,232%	17,094%
1,5-1,75	0,778%	1,948%	2,382%	0,015%	0,897%	0,193%	0,051%	0,008%	0,004%	0,003%	0,011%	0,044%	1,711%	1,366%	1,529%	0,176%	11,117%
1,75-2,0	0,502%	1,014%	1,296%	0,019%	0,423%	0,106%	0,042%	0,004%	0,001%		0,005%	0,009%	0,851%	0,859%	0,885%	0,118%	6,134%
2,0-2,25	0,281%	0,614%	0,646%	0,003%	0,237%	0,052%	0,023%				0,003%	0,003%	0,369%	0,412%	0,461%	0,089%	3,192%
2,25-2,5	0,189%	0,371%	0,387%	0,008%	0,127%	0,033%	0,015%					0,001%	0,125%	0,155%	0,160%	0,037%	1,607%
2,5-2,75	0,095%	0,196%	0,212%	0,003%	0,067%	0,010%	0,010%						0,041%	0,067%	0,072%	0,009%	0,782%
2,75-3,0	0,047%	0,091%	0,134%	0,008%	0,065%	0,009%	0,008%						0,022%	0,024%	0,022%	0,009%	0,437%
3,0-3,25	0,034%	0,053%	0,085%	0,003%	0,041%	0,005%	0,004%						0,006%	0,009%	0,018%	0,001%	0,259%
3,25-3,5	0,018%	0,033%	0,037%	0,001%	0,015%	0,004%	0,001%					0,001%	0,001%	0,001%	0,006%	0,001%	0,120%
3,5-3,75	0,005%	0,010%	0,027%	0,003%	0,013%		0,001%						0,001%	0,003%	0,004%	0,003%	0,068%
3,75-4,0	0,005%	0,020%	0,019%	0,001%	0,008%	0,001%	0,001%								0,001%		0,057%
4,0-4,25	0,006%	0,005%	0,009%	0,006%	0,009%	0,001%	0,003%								0,005%		0,044%
4,25-4,5	0,004%	0,001%	0,005%	0,001%	0,003%												0,014%
4,5-4,75	0,004%		0,001%		0,001%	0,001%											0,008%
4,75-5,0	0,003%	0,001%			0,003%												0,006%
5,0-5,25					0,001%												0,001%
5,25-5,5																	
5,5 <						0,001%											0,001%
TOTAL	5,707%	18,626%	24,584%	0,110%	11,212%	4,982%	1,678%	0,080%	0,047%	0,055%	0,641%	0,780%	13,048%	8,648%	8,598%	1,204%	100%

Tabla 4. Distribución frecuencial de la altura significativa del oleaje exterior y el periodo de pico

Hs (m)\Tp (s)	2,0-4,0	4,0-6,0	6,0-8,0	8,0-10,0	10,0-12,0	12,0-14,0	14,0-16,0	16,0-18,0	> 18,0	TOTAL
0,0-0,25	0,003%	0,016%	0,018%	0,060%	0,057%	0,010%	0,006%			0,170%
0,25-0,5	0,672%	0,506%	1,019%	1,507%	0,892%	0,273%	0,072%	0,014%	0,003%	4,958%
0,5-0,75	3,160%	2,121%	2,777%	2,725%	1,704%	0,469%	0,120%	0,016%	0,001%	13,095%
0,75-1,0	1,918%	7,883%	4,173%	3,077%	1,767%	0,726%	0,139%	0,016%		19,700%
1,0-1,25	0,086%	11,501%	4,049%	3,197%	1,479%	0,666%	0,143%	0,014%		21,135%
1,25-1,5		9,593%	3,279%	2,540%	0,929%	0,589%	0,142%	0,020%		17,094%
1,5-1,75		5,461%	2,692%	1,964%	0,543%	0,368%	0,085%	0,005%		11,117%
1,75-2,0		1,648%	2,705%	1,257%	0,281%	0,191%	0,051%			6,134%
2,0-2,25		0,175%	1,877%	0,801%	0,218%	0,082%	0,035%	0,003%		3,192%
2,25-2,5		0,011%	0,857%	0,530%	0,148%	0,041%	0,016%	0,004%		1,607%
2,5-2,75			0,332%	0,330%	0,109%	0,008%	0,004%			0,782%
2,75-3,0			0,133%	0,215%	0,075%	0,013%	0,001%			0,437%
3,0-3,25			0,044%	0,139%	0,070%	0,005%				0,259%
3,25-3,5			0,015%	0,063%	0,042%					0,120%
3,5-3,75			0,005%	0,038%	0,025%					0,068%
3,75-4,0				0,033%	0,024%					0,057%
4,0-4,25				0,028%	0,016%					0,044%
4,25-4,5				0,006%	0,008%					0,014%
4,5-4,75				0,004%	0,004%					0,008%
4,75-5,0				0,001%	0,005%					0,006%
5,0-5,25					0,001%					0,001%
5,25-5,5										
> 5,5					0,001%					0,001%
TOTAL	5,839%	38,916%	23,977%	18,516%	8,399%	3,440%	0,816%	0,093%	0,004%	100%

2.1.2.2. Oleaje frente al puerto

Los datos de oleaje se trasladaron hasta una profundidad de 10 metros al cero (aproximadamente 15 metros al Nivel Medio del Mar – NMM), considerando los efectos de refracción y shoaling. La orientación general de la costa es aproximadamente SE (135º) – NW (315º), por lo cual el rango de direcciones de incidencia de interés va del NNW al ESE.

La siguiente figura muestra la rosa de oleaje transformada frente al puerto:

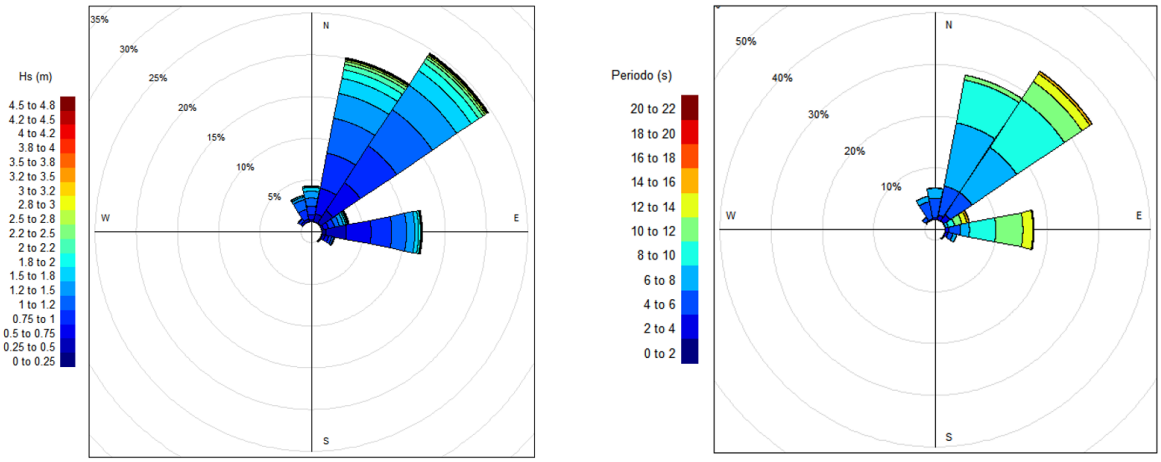


Figura 7. Rosa de oleaje frente al puerto anual

Tabla 5. Distribución frecuencial de la altura significativa del oleaje frente al puerto y la dirección

Hs (m)\Dir (º)	NNW	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	TOTAL	Acumulado	Coacumulado
0,0-0,25	0,005%	0,014%	0,032%	0,093%	0,004%	0,491%	0,089%	0,726%	0,726%	69,523%
0,25-0,5	0,065%	0,200%	0,967%	1,789%	0,254%	2,487%	0,371%	6,133%	6,859%	68,796%
0,5-0,75	0,265%	0,631%	3,116%	4,031%	0,593%	3,016%	0,434%	12,085%	18,945%	62,664%
0,75-1,0	1,192%	0,987%	4,288%	5,269%	0,761%	2,505%	0,393%	15,395%	34,340%	50,578%
1,0-1,25	1,198%	0,996%	4,263%	5,226%	0,606%	1,794%	0,232%	14,315%	48,655%	35,183%
1,25-1,5	0,335%	0,832%	3,033%	3,573%	0,515%	1,008%	0,079%	9,374%	58,029%	20,868%
1,5-1,75	0,171%	0,442%	1,866%	2,103%	0,285%	0,459%	0,023%	5,349%	63,378%	11,494%
1,75-2,0	0,039%	0,133%	1,055%	1,093%	0,164%	0,238%	0,004%	2,725%	66,104%	6,144%
2,0-2,25	0,004%	0,051%	0,660%	0,606%	0,095%	0,077%	0,000%	1,493%	67,597%	3,419%
2,25-2,5	0,001%	0,011%	0,356%	0,304%	0,048%	0,057%	0,000%	0,778%	68,375%	1,926%
2,5-2,75	0,000%	0,005%	0,200%	0,200%	0,035%	0,037%	0,000%	0,478%	68,853%	1,147%
2,75-3,0	0,000%	0,004%	0,108%	0,122%	0,025%	0,022%	0,000%	0,280%	69,133%	0,669%
3,0-3,25	0,000%	0,000%	0,053%	0,072%	0,015%	0,005%	0,000%	0,146%	69,279%	0,389%
3,25-3,5	0,000%	0,001%	0,034%	0,038%	0,011%	0,006%	0,000%	0,091%	69,370%	0,243%
3,5-3,75	0,000%	0,000%	0,014%	0,025%	0,006%	0,008%	0,000%	0,053%	69,424%	0,152%
3,75-4,0	0,000%	0,000%	0,019%	0,020%	0,004%	0,001%	0,000%	0,044%	69,468%	0,099%
4,0-4,25	0,000%	0,000%	0,010%	0,013%	0,005%	0,001%	0,000%	0,029%	69,497%	0,055%
4,25-4,5	0,000%	0,000%	0,003%	0,003%	0,005%	0,004%	0,000%	0,014%	69,511%	0,025%
4,5-4,75	0,000%	0,000%	0,006%	0,004%	0,000%	0,001%	0,000%	0,011%	69,523%	0,011%
TOTAL	1,204%	5,707%	18,626%	24,584%	0,110%	11,212%	4,982%	69,523%		

La siguiente imagen y tabla muestra las excedencias de las alturas de ola transformadas frente al puerto:

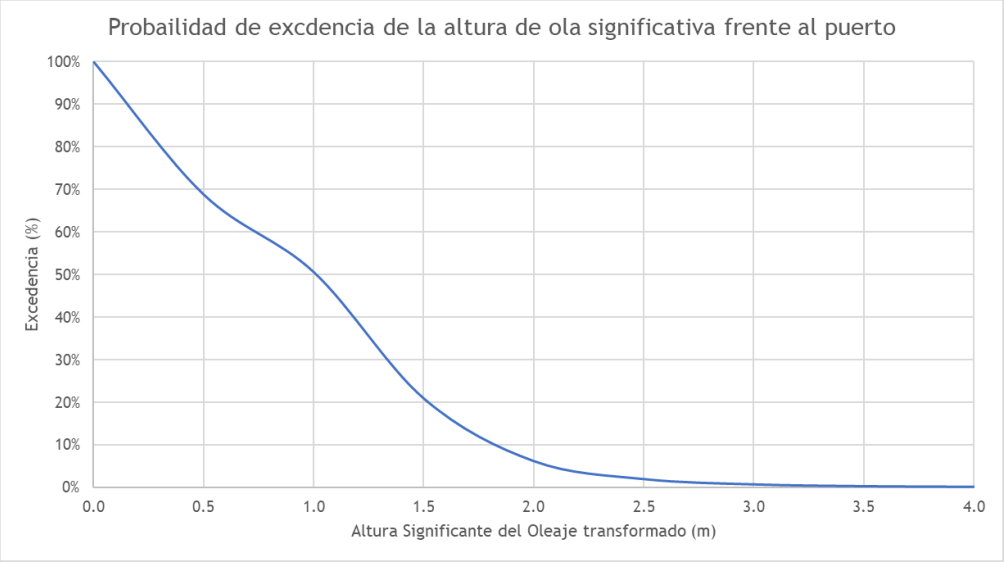


Figura 8. Gráfico de excedencia de la altura de ola transformada

Tabla 6. Probabilidad de excedencia de la altura de ola transformada

Hs (m)	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5
Excedencia	68.8%	50.6%	20.9%	6.1%	1.9%	0.7%	0.2%	0.1%	0.0%

Aproximadamente la **mitad del tiempo** el oleaje se encuentra por debajo de 1.0 m de altura significante, los 2.0 m se exceden en torno al **6%** del tiempo (22 días al año),

mientras que las alturas de ola superiores a 2.5 m se dan menos del 2% del tiempo (7 días al año).

2.1.2.3. Agitación

Para conocer el oleaje en el interior del puerto se han realizado estudios de transformación del oleaje a las direcciones principales de incidencia, desde el NNE hasta el E (NNE, NE, ENE y E) para un periodo de pico del oleaje de 11 segundos. Las siguientes imágenes muestran los resultados obtenidos, que se utilizarán en los estudios de maniobra y de calados:

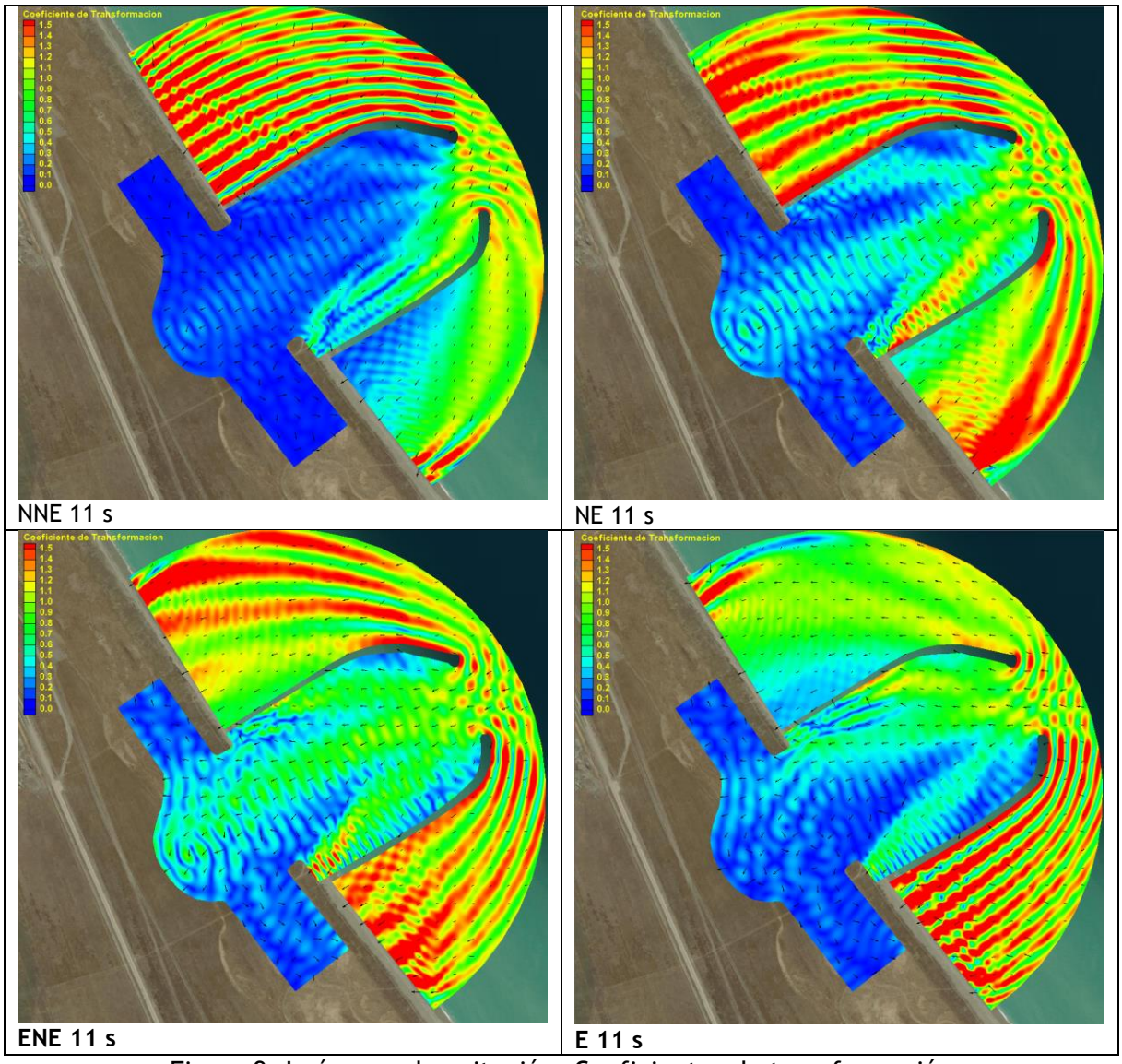


Figura 9. Imágenes de agitación. Coeficientes de transformación

Como se puede apreciar, las olas del ENE son las que más penetran en el puerto, aunque son menos frecuentes y energéticas que las del Este y NE.

2.1.3. Corrientes

Las corrientes en la zona de estudio se han caracterizado utilizando datos obtenidos del sistema MyOcean, generados por el "Ocean General Circulation Model (OGCM) – NEMO-OPA (Nucleus for European Modelling of the Ocean-Ocean Parallelise)", el cual provee datos horarios de la magnitud de la velocidad total y de sus componentes Norte-Sur y Este-Oeste, desde el 1/01/2019. En unas coordenadas cercanas al área de interés del proyecto ubicado a aproximadamente 1,5 km de la costa.

La siguiente imagen muestra la rosa de corrientes derivada de los datos del sistema MyOcean:

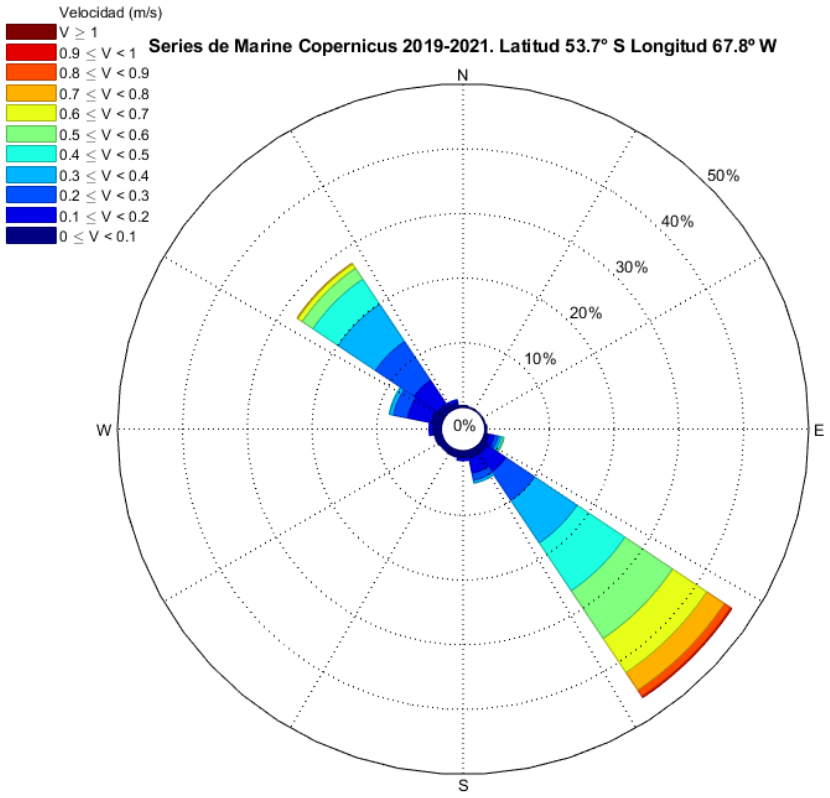


Figura 10. Rosa de corrientes de marea

Los datos de corriente muestran las **corrientes en el exterior** del puerto debidas a las corrientes de marea que siguen la dirección de la batimetría de la zona. Es decir, respecto a la corriente exterior, se existen dos direcciones principales: SE y NW, con intensidades máximas algo superiores a 1.0 m/s hacia el SE.

La siguiente tabla muestra la distribución frecuencial de las direcciones y velocidades de corriente:

Tabla 7. Distribución frecuencial de la velocidad y dirección de la corriente

V (m/s)\Dir	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	TOTAL
0.0-0.1	0.317%	0.170%	0.134%	0.174%	0.312%	0.674%	1.178%	1.204%	1.071%	0.986%	0.973%	1.031%	1.312%	1.677%	1.312%	0.749%	13.272%
0.1-0.2	0.013%				0.031%	0.901%	3.404%	2.400%	0.486%	0.120%	0.031%	0.152%	0.625%	3.716%	4.408%	0.468%	16.756%
0.2-0.3						0.607%	5.331%	1.133%	0.004%				0.004%	2.213%	7.209%	0.107%	16.609%
0.3-0.4						0.419%	7.892%	0.442%						0.656%	6.924%	0.009%	16.341%
0.4-0.5						0.344%	8.878%	0.022%						0.062%	4.662%		13.968%
0.5-0.6						0.147%	8.860%							0.004%	2.007%		11.019%
0.6-0.7						0.040%	6.353%								0.794%		7.187%
0.7-0.8						0.004%	3.283%								0.161%		3.448%
0.8-0.9							1.120%								0.027%		1.147%
0.9-1.0							0.241%										0.241%
1.0<							0.013%										0.013%
TOTAL	0.330%	0.170%	0.134%	0.174%	0.344%	3.136%	46.552%	5.202%	1.561%	1.106%	1.004%	1.182%	1.941%	8.329%	27.503%	1.334%	100%

En base a estos datos mostrados en la tabla de distribución frecuencial se pueden apreciar velocidades máximas alrededor de 1.1 m/s y 0.9 m/s y velocidades medias de 0.42 m/s y de 0.28 m/s hacia el SE y NW respectivamente, demostrando claramente la mayor intensidad de la corriente SE.

La siguiente tabla y figura muestra las excedencias de la velocidad de corriente:

Tabla 8. Probabilidad de excedencia de la velocidad de la corriente

Velocidad de corriente (m/s)	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Excedencia (%)	100%	87%	70%	53%	37%	23%	12%	5%	1%	0%	0%

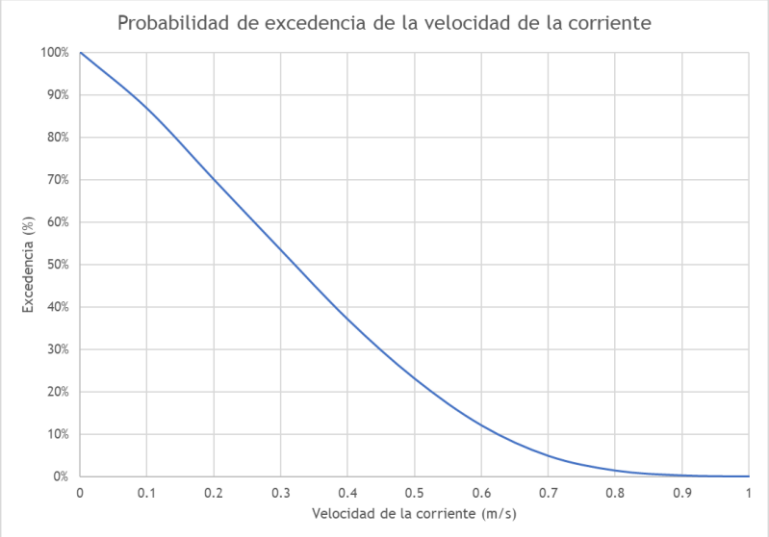


Figura 11. Gráfico de excedencia de la velocidad de corriente

Aproximadamente la **mitad del tiempo** la corriente se encuentra por debajo de 0.32 m/s. En general, intensidades **de 0.5 m/s** se exceden en torno al **23%** del tiempo (91 días al año), las corrientes de 0.7 m/s se exceden un 5% del tiempo (18 días al año), mientras que las corrientes de más de 0.8 m/s se dan aproximadamente el **1%** del tiempo (4 días al año).

2.1.4. Nivel de agua

La localización del proyecto se encuentra entre Caleta La Misión (a unos 10 km al S) y Bahía San Sebastián (a más de 40 km al N), por lo cual los datos de Caleta La Misión resultan más representativos y son considerados.

Según la tabla de Mareas del SHN las condiciones de niveles de agua son las siguientes:

Tabla 9. Niveles de agua según la tabla de mareas del SHN

Alturas en metros sobre el plano de reducción actualizado						
Marea	Pleamares		Bajamares		Amplitudes	
	Sicigias	Cuadraturas	Sicigias	Cuadraturas	Sicigias	Cuadraturas
Equinocciales de Perigeo	9,7	6,2	0,5	4,0	9,2	2,2
De Perigeo	9,5	6,5	0,7	3,8	8,8	2,7
Medias	8,8	7,2	1,4	3,1	7,4	4,1

Adicionalmente, el Servicio de Hidrografía Naval proveyó información sobre los niveles de marea cada 20 minutos entre el 1/01/2020 y el 31/12/2021 (dos años completos), según se ilustra en la siguiente figura:

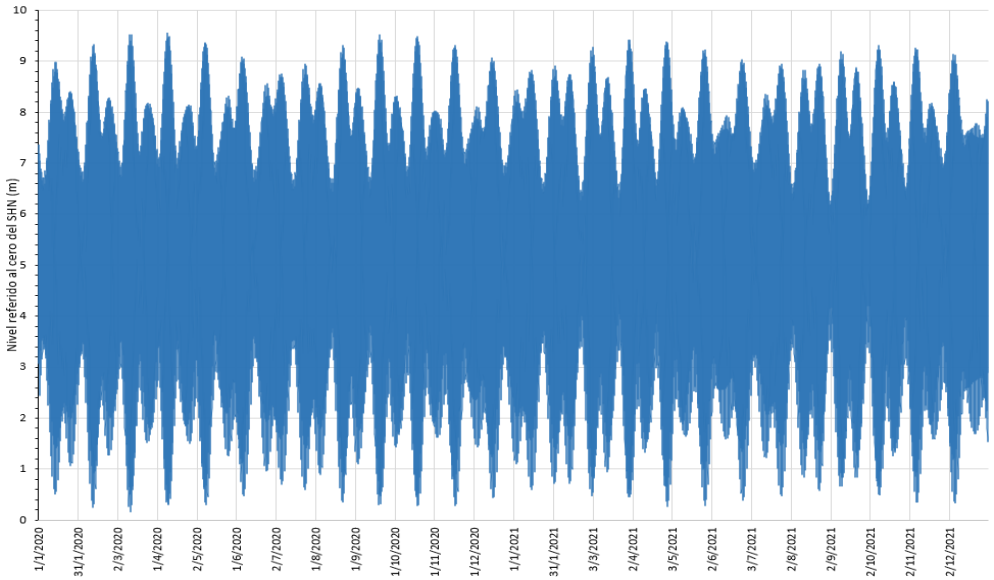


Figura 12. Gráfico de serie temporal de los niveles de agua en Caleta La Misión

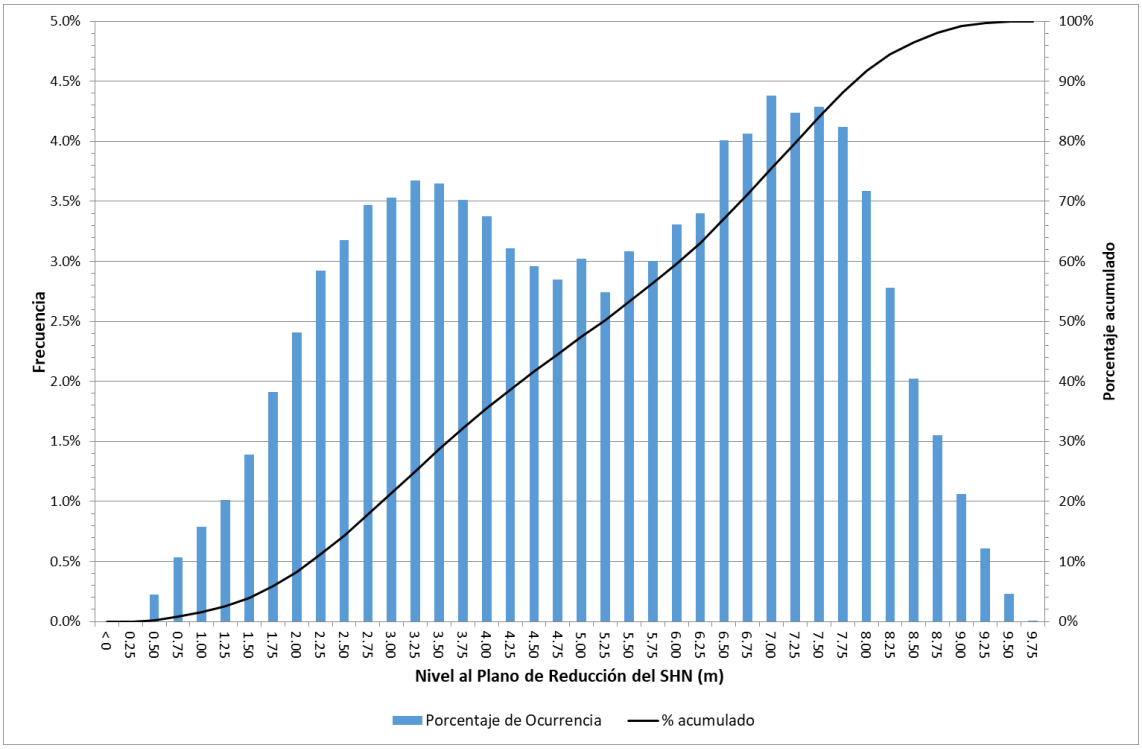


Figura 13. Gráfico de probabilidad acumulada de niveles de agua

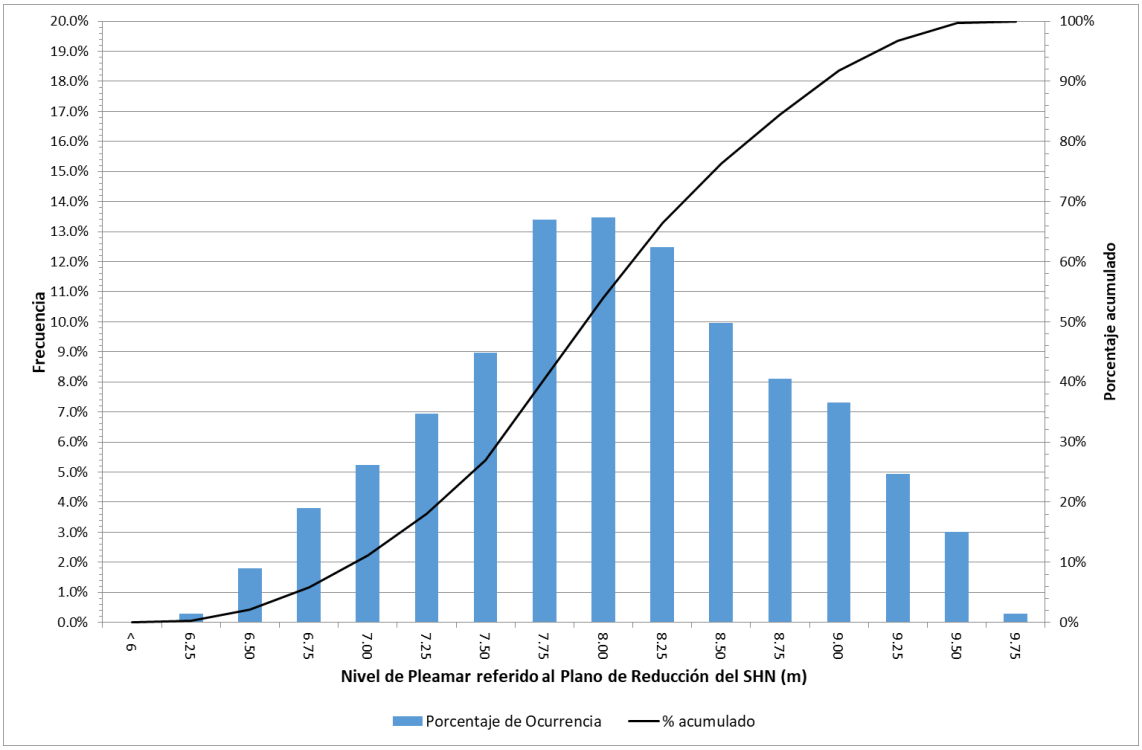


Figura 14. Gráfico de probabilidad acumulada de pleamares

2.1.5. Escenarios climáticos de análisis

La siguiente tabla muestra las condiciones inicialmente seleccionadas para el estudio de maniobra en base a los datos de clima analizados:

Tabla 10. Escenarios meteorológicos seleccionados

Escenario	Viento	Oleaje	Corriente
1	NW 30 nudos	NE Hs=2.0 m - Tp 11 s	SE 0.4 m/s
2	W 30 nudos	NE Hs=2.0 m - Tp 11 s	SE 0.4 m/s
3	SW 30 nudos	ENE Hs=1.5 m - Tp 11 s	NW 0.3 m/s

Estas condiciones seleccionadas aportan una muy elevada operatividad, pues consideran condiciones de viento y oleaje muy exigentes. En función de los resultados preliminares que se obtengan se valorará la necesidad de evaluar alguna condición menos exigente.

Para la corriente se han considerado valores medios de velocidad con criterio conservador, pues se establece que los accesos y salidas se realizarán en momentos próximos a la pleamar, fuera de los momentos de máxima corriente.

Las maniobras se realizan con un nivel de agua de **+6.0 m**, correspondiente aproximadamente a la pleamar mínima de cuadratura, buscando la máxima accesibilidad.

2.2. **Buques de estudio**

El objetivo es analizar tanto el diseño en planta como en alzado del nuevo proyecto del Puerto de Río Grande. El análisis considera como buques de proyecto un **metanero Q-Flex, de 315 m x 50 m** (tanques prismáticos), y un **portacontenedores Panamax de 295 m x 32.2 m**. Las principales características de los buques de proyecto son las siguientes:

Tabla 11. Características principales del metanero Q-Flex

Metanero Q-Flex 315.0 m L_{TOT}	
Eslora total	315.0 m
Eslora entre perpendiculares	303.0 m
Manga	50.0 m
Calado	
Carga	12.0 m
Lastre	9.3 m
Desplazamiento	
Carga	142 270 t
Lastre	108 340 t
Tipo de motor	Diesel
Potencia	2 x 14070 kW
Nº de propulsores	2
Revoluciones máximas	83 rpm
Velocidad de servicio	20.3 nudos
Área frontal expuesta al viento	
Carga	1 550 m^2
Lastre	2 810 m^2
Área lateral expuesta al viento	
Carga	7 500 m^2
Lastre	7 729 m^2

Tabla 12. Características principales del portacontenedores Panamax

Portacontenedores de 295 m L_{TOT}	
Eslora total	294.1 m
Eslora entre perpendiculares	283.0 m
Manga	32.2 m
Calado	13.5 m
Desplazamiento	88 519 t
Tipo de motor	Diesel
Potencia	41130 kW
Nº de propulsores	1
Revoluciones máximas	104 rpm
Velocidad de servicio	24.3 nudos
Bow Thruster	1 x 2000 kW
Área frontal expuesta al viento	1 108 m^2
Área lateral expuesta al viento	7 240 m^2

Los buques **metaneros** destacan por su gran área expuesta al viento, lo que hace al buque muy sensible a la acción del viento. El sistema de propulsión y gobierno suele constar de una o doble hélice y de timón o doble timón convencional. En algunos casos también disponen de hélice de maniobra a proa.

Los **buques portacontenedores** se caracterizan por sus formas finas, un cuerpo cilíndrico más corto que el de los buques de formas llenas (petroleros y graneleros), y por su distribución de la carga, compuesta por hileras de contenedores en bodega y sobre la cubierta que les hace muy sensibles a la acción del viento, especialmente cuando éste presenta componentes de través. El sistema de propulsión y gobierno suele constar de una hélice y de timón convencional, contando además con hélice lateral a proa. En algunos casos también disponen de hélice de maniobra a popa.

En el **Anejo II** se encuentran las características principales y cualidades de maniobra de los buques de estudio.

2.3. **Remolcadores**

Para la correcta ejecución de las maniobras se considera el uso de remolcadores. En base a la experiencia, a las dimensiones y tipologías de los buques y las condiciones locales, se considera inicialmente:

- Para el buque Q-Flex una formación base de **4 remolcadores** de propulsión azimutal de **50 t de tiro a punto fijo**. Estos se disponen conectados en proa centro, amura y aleta del costado contrario a la banda de atraque y popa centro

- Para el buque Portacontenedores una formación base de **2 remolcadores** de propulsión azimutal de **50 t de tiro a punto fijo**. Estos se disponen conectados en proa centro y popa centro

Se considera el remolcador de popa conectado desde el exterior del puerto, mientras los otros tres remolcadores se conectan al abrigo de las escolleras. En caso de ver que la potencia de remolque es insuficiente, se valorará incrementarla para la ejecución de las maniobras.

En el Modelo de Maniobras con Autopiloto en Tiempo Acelerado (SHIPMA), los propios autopilotos incluyen un algoritmo de asignación y uso de remolcadores, bajo unas determinadas pautas (características, número, punto de conexión, potencia máxima, …). Las fuerzas de remolque se resuelven aplicando un sofisticado modelo que considera el tipo de propulsión del remolcador (propulsión convencional, Voith-Schneider, azimutales), las dimensiones, la potencia y el tiro a punto fijo. Se calcula en cada instante de tiempo el tiro eficaz del remolcador en base a la velocidad del buque, la posición del remolcador, el modo de operación y el ángulo de tiro.

Cuando el oleaje es significativo y susceptible de disminuir la eficacia del tiro, se aplican curvas de reducción del tiro nominal que Siport21 obtuvo como miembro de los JIP's (Joint Industry Projects) SAFETUG y SAFETUG II. El objetivo de estos proyectos fue avanzar en el conocimiento de la operación de los remolcadores en áreas expuestas al oleaje, tanto en labores de escolta como en asistencia al atraque/desatraque. En este sentido, se dispone de información precisa sobre la **eficacia los remolcadores en función de la dirección, período y altura del oleaje.** Para aquellas zonas exteriores en que los remolcadores deban trabajar, se considerará una **reducción de eficacia debida al oleaje** de acuerdo con la siguiente gráfica, en función del modo de trabajo (empujando o tirando) y de la longitud de cabo:

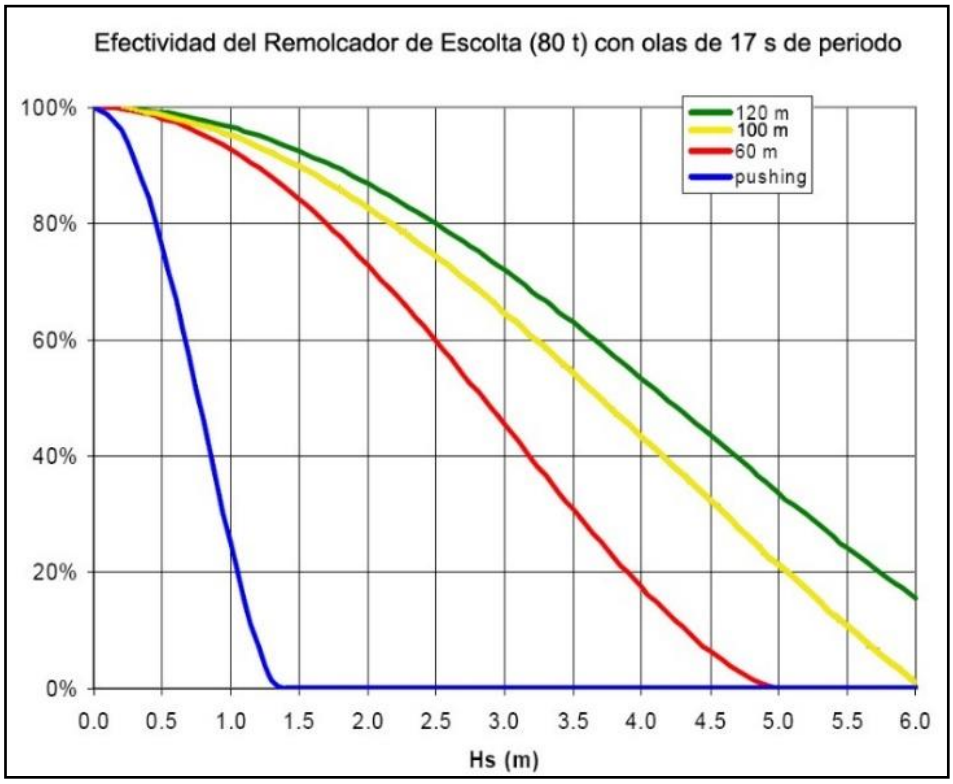


Figura 15. Eficacia de remolcadores en olas

3. Estudio con Modelo Numérico (SHIPMA)

3.1. **Introducción**

A continuación, se analizan las maniobras de acceso y salida al nuevo **Puerto de Río Grande, Tierra de Fuego**. En este sentido, se analiza la viabilidad náutica de las maniobras bajo las condiciones seleccionadas, así como el espacio navegable requerido para realizarlas en condiciones de seguridad.

3.2. **Metodología**

A continuación, se presenta la metodología empleada por Siport21 para llevar a cabo el estudio de maniobras y determinar los espacios navegables requeridos para el buque en navegación, mediante el uso de un modelo de autopiloto "fast-time", como **SHIPMA**. Esta metodología considera las siguientes fases:

- **Planteamiento y ejecución** de las maniobras empleando el **modelo numérico de Autopiloto "SHIPMA".** Este modelo se clasifica como un modelo numérico de maniobra determinista que considera el comportamiento dinámico del buque y las condiciones oceanográficas que actúan sobre él. No considera elementos de **factor humano** tales como errores de posicionamiento, tiempos por respuesta, márgenes de seguridad, …

- **Evaluación y valoración** de las maniobras realizadas desde un **punto de vista náutico.** Para ello se tiene en cuenta el nivel de uso de los medios propios del buque y de los medios auxiliares (remolcadores), y distintas variables como velocidad, abatimiento, ángulo de deriva, … Como resultado, se determina la viabilidad náutica de las maniobras planteadas.

- **Evaluación del área de navegación requerida.** En primer lugar, se determina el área de navegación requerida en cada maniobra realizada. El área de navegación requerida se obtiene añadiendo sobreanchos adicionales a la envolvente de cada maniobra, obtenidos según **recomendaciones nacionales e internacionales** tales como **ROM y PIANC,** que **no están incluidos** en los modelos de maniobra de autopiloto **"*fast-time*".** Estos sobreanchos cubren los errores de posicionamiento y tiempo de respuesta, así como márgenes de seguridad. Finalmente, **se evalúan** el área de navegación requerida y las **posibles interferencias** que pueda presentar con buques, estructuras portuarias o áreas de varada.

3.3. **Planteamiento y ejecución de las maniobras**

El **modelo numérico SHIPMA** simula el comportamiento de un barco. El modelo matemático calcula la trayectoria y el rumbo del buque teniendo en cuenta la influencia del viento, corriente, oleaje, profundidad y efectos de succión. El control de la máquina, del timón y de los remolcadores se lleva a cabo con un autopiloto de seguimiento de trayectoria que anticipa las desviaciones sobre la trayectoria deseada y los cambios en intensidad y dirección de corriente. Los algoritmos de control incluyen también las hélices de maniobra de proa y popa, en caso de disponer las mismas.

SHIPMA se aplica principalmente en diseño portuario y de vías de navegación, tanto para canales de aproximación como para navegación fluvial. De acuerdo con las recomendaciones ROM y PIANC, el buque ha de navegar siguiendo un canal estimado previamente mediante la metodología descrita en dichas recomendaciones. Este modelo matemático permite obtener una primera valoración de las distintas alternativas y restricciones o interferencias de los buques, infraestructuras portuarias, y condiciones hidro-meteorológicas. A partir de los resultados obtenidos, se pueden plantear modificaciones sobre el diseño de las áreas de navegación (canal de navegación, dársena de reviro, terminal, …), en caso de ser necesarias, y proponer límites de acceso del buque referidos a las condiciones hidro-meteorológicas. Se recomienda que, en fases de diseño más detalladas, el uso de SHIPMA venga sucedido de un estudio con simulador de maniobras en tiempo real que permite obtener resultados más precisos.

Uno de los factores clave en el uso de SHIPMA es la **definición de la trayectoria de referencia**, dado que afecta en las acciones a tomar por el autopiloto. Otro factor importante es la elección del uso de máquina, dado que esto permite gobernar en mayor o menor medida el gobierno del buque. El autopiloto controla el timón en todo momento, por lo que el régimen de máquina y el control de los remolcadores deben adecuarse a las circunstancias de manera que el buque navega de manera controlada.

La definición de la trayectoria de referencia o trayectoria deseada, junto con la **estrategia de maniobra a seguir,** no es un proceso previamente establecido, sino que es resultado de un proceso de ajuste iterativo (definición, ejecución, análisis de resultados y mejora) que conducen al **resultado óptimo de maniobra**.

En el **Anejo III** se describe de forma detallada la herramienta de simulación utilizada.

3.4. **Evaluación y valoración de las maniobras**

Tras llevar a cabo las simulaciones, se dispone de herramientas informáticas que permiten analizar y evaluar las distintas maniobras:

- **Gráficos de trayectoria**, con el contorno del puerto, batimetría, trayectoria de referencia con marcas de distancia cada 500 m y la posición del buque a intervalos de 60 segundos.

- **Series temporales** de diferentes variables (velocidad y sus componentes, máquina, timón, rumbo, velocidad de guiñada, hélice de maniobra (cuando disponible), intensidad y dirección del viento, altura significante y dirección de oleaje, intensidad de la corriente, fuerza y momento global e individuales de los remolcadores) a lo largo de la simulación.

En el Anejo IV se presentan los gráficos de trayectoria y de series temporales.

Toda esta información numérica y gráfica resulta muy útil para evaluar la viabilidad náutica de cada maniobra. Los principales criterios de evaluación, junto con la posición y rumbo del buque en cada momento, son la velocidad, el uso de la máquina, el timón y los medios auxiliares de maniobra, y las distancias a estructuras portuarias, buques o zonas de varada.

3.4.1. Evaluación del área de navegación requerida

PIANC (International Navigation Association) en su informe "*Harbour Approach Channels. Design Guidelines*" (2014), así como el informe de Puertos del Estado (ROM 3.1-99), "*Proyecto de la Configuración Marítima de los Puertos; Canales de Acceso y Áreas de Flotación*" (1999), aceptado por PIANC, establecen los **requerimientos en planta de las áreas de navegación y maniobra**.

El **procedimiento** para seguir en la metodología del diseño conceptual, de acuerdo a las recomendaciones nacionales e internacionales, para determinar los requerimientos horizontales de los canales y vías de navegación es el siguiente:

- Calcular el **área ocupada** por el buque, que depende tanto del buque como de los factores externos que afectan a su maniobrabilidad.

- Calcular los **anchos adicionales** debido a **errores de posicionamiento y tiempo de respuesta**, basados en las propias características del buque y de la vía de navegación (configuración y señalización).

- Calcular los anchos adicionales por **márgenes de seguridad**.

En base a las características principales de los buques de proyecto y a la estrategia de maniobra empleada se obtienen tanto los requerimientos del área de maniobra como los

márgenes adicionales. Los requerimientos horizontales de los canales de navegación se determinarán, por lo tanto, teniendo en cuenta los siguientes factores:

- El tamaño, dimensiones y características de maniobrabilidad del **buque y los factores relacionados con el mismo**. Este factor se obtiene, por tanto, del modelo numérico de autopiloto "*fast-time*" SHIPMA.

- El **posicionamiento del buque en el canal**, dependiendo de las características de la maniobrabilidad del buque y de las ayudas a la navegación disponibles, incluyendo los factores que afectan a su precisión y fiabilidad, así como el tiempo de respuesta.

- Los **márgenes de seguridad** para evitar la varada o la colisión con los límites del canal o con estructuras, en función de las **características del fondo**.

La obtención de los dos últimos factores varía ligeramente en función de la documentación considerada, el informe 121 de PIANC o el informe 3.1-99 de ROM. En el presente informe se emplea la **metodología descrita por ROM**. El **Anejo V** incluye una descripción de dicha **metodología**.

Los **espacios de navegación** segura obtenidos por medio de esta metodología, para cada estrategia analizada, también se muestran en el **Anejo V**.

3.5. **Casos analizados**

Se analiza un **total de 11 escenarios de maniobra**, combinando maniobras de entrada y de salida de los buques de estudio bajo diversas condiciones hidro-meteorológicas. La siguiente tabla muestra las condiciones simuladas:

Tabla 13. Casos analizados

Buque	Maniobra	Viento	Oleaje	Corriente	Run
Q-Flex 315 x 50 x 9.3 m	Entrada	SW 30 n	ENE 1.5 m - 11 s	NW 0.3 m/s	03
		SW 25 n	ENE 1.5 m - 11 s	NW 0.3 m/s	07
		W 30 n	NE 2.0 m - 11 s	SE 0.4 m/s	02
		NW 30 n	NE 2.0 m - 11 s	SE 0.4 m/s	01
Q-Flex 315 x 50 x 12.0 m	Salida	NW 30 n	NE 2.0 m - 11 s	SE 0.4 m/s	04
		W 30 n	NE 2.0 m - 11 s	SE 0.4 m/s	05
		SW 30 n	ENE 1.5 m - 11 s	NW 0.3 m/s	06
Portacontenedores 295 x 32.2 x 13.5 m	Entrada	SW 30 n	ENE 1.5 m - 11 s	NW 0.3 m/s	08
		SW 25 n	ENE 1.5 m - 11 s	NW 0.3 m/s	11
		NW 30 n	NE 2.0 m - 11 s	SE 0.4 m/s	09
	Salida	NW 30 n	NE 2.0 m - 11 s	SE 0.4 m/s	10

Se destacan los siguientes aspectos:

- Las maniobras se realizan siempre bajo la asesoría náutica de los **Capitanes de Siport21.**
- Las maniobras se realizan considerando un **nivel de agua de +6.0 m**, correspondiente aproximadamente a la pleamar mínima de cuadratura.
- Debido a las propias características del tráfico previsto para la nueva terminal de gas de Tierra de Fuego, las maniobras del metanero se realizan en **lastre a la entrada** y en **plena carga a la salida.** Para el **portacontenedores**, **entradas y salidas se realizan con la misma condición de carga.**
- Se evalúa la estrategia de maniobra de **entradas con reviro** y **salidas directas**. Esto implica el atraque proa afuera, que se corresponde a la práctica habitual en este tipo de terminal.
- Las **maniobras de entrada** para ambos buques se inician en aguas abiertas navegando con sus propios medios con un rumbo y una velocidad aproximada de 180º y 10 nudos, respectivamente.
- El **reviro** se realiza en la dársena proyectada para el nuevo puerto.

- Las **maniobras de salida** comienzan con el buque parado y atracado, libre de amarres, proa afuera y con remolcadores conectados.

- Las maniobras se realizan suponiendo **ocupados todos los atraques próximos** al de destino y considerando las distancias de seguridad entre buques atracados y a estructuras de acuerdo a la metodología ROM 3.1-99.

- Todas las maniobras se realizan con el apoyo de **remolcadores.** Se considera un tiro máximo por debajo del BP teórico teniendo en cuenta la antigüedad del remolcador, la habilidad del patrón, el oleaje y otras consideraciones.

- Las maniobras se realizan con una formación base de **4 remolcadores** azimutales de 50 t de tiro para el buque metanero y una formación base de **2 remolcadores** azimutales de 50 t de tiro para el buque portacontenedores. En caso de requerir más potencia, se aplica y luego se analiza en detalle para extraer el remolcador requerido para realizar la operación de forma segura. Además, para el portacontenedores se considera el uso de la **hélice de maniobra a proa.**

3.6. **Descripción de las Maniobras**

A continuación, se presenta una descripción general de las maniobras de entrada y salida para un Q-Flex de 315 metros de eslora y para un portacontenedores de 295 metros de eslora.

3.6.1. Maniobras de Entrada

Las maniobras de **entrada** para ambos buques se inician en aguas abiertas navegando con sus propios medios con un rumbo y una velocidad aproximada de 180º y 10 nudos, respectivamente. Al acercarse a la bocana los buques cambian el rumbo aproximadamente 90 grados para enfilarse con el canal de acceso, de rumbo 248º.

Una vez enfilados, reducen la velocidad ligeramente, 2 nudos aproximadamente, aunque manteniéndola elevada para poder llegar con gobierno al punto de conexión de los remolcadores. La causa de entrar con esta velocidad es contrarrestar los efectos de la **corriente cruzada** fuera de la zona abrigada y **el viento**, siendo este último el factor fundamental, de componentes predominantes W.

Una vez superada la escollera, los buques se encuentran resguardados de la corriente debido a la disposición del puerto, pero siguen bajo la influencia de los fuertes vientos. En este momento los buques **reducen rápidamente la arrancada** para permitir parar y a los remolcadores conectarse.

El barco debe parar en la dársena de reviro proyectada lo más centrado posible. Para realizar el reviro, El barco **Q-Flex** utiliza 4 remolcadores de 50 toneladas, virando hasta posicionarse paralelamente a su muelle de atraque por su banda de babor. El **portacontenedores** realiza la maniobra de reviro con 2 remolcadores de 50 toneladas para atracar paralelamente a su muelle por su banda de estribor. En función del atraque a que se dirige el buque y de las componentes del viento (nortes o sures), el **efecto del viento** puede **facilitar o dificultar el giro**.

Una vez los barcos se encuentran paralelos a su atraque, deben **navegar atrás** con velocidad controlada, haciendo uso de los medios auxiliares de maniobra para asegurar un adecuado control del buque, manteniendo distancias a las estructuras portuarias o posibles barcos atracados. Es importante reseñar, que, en la fase final del atraque, **los remolcadores deben sobre todo empujar** los buques al muelle para compensar el efecto separante del viento.

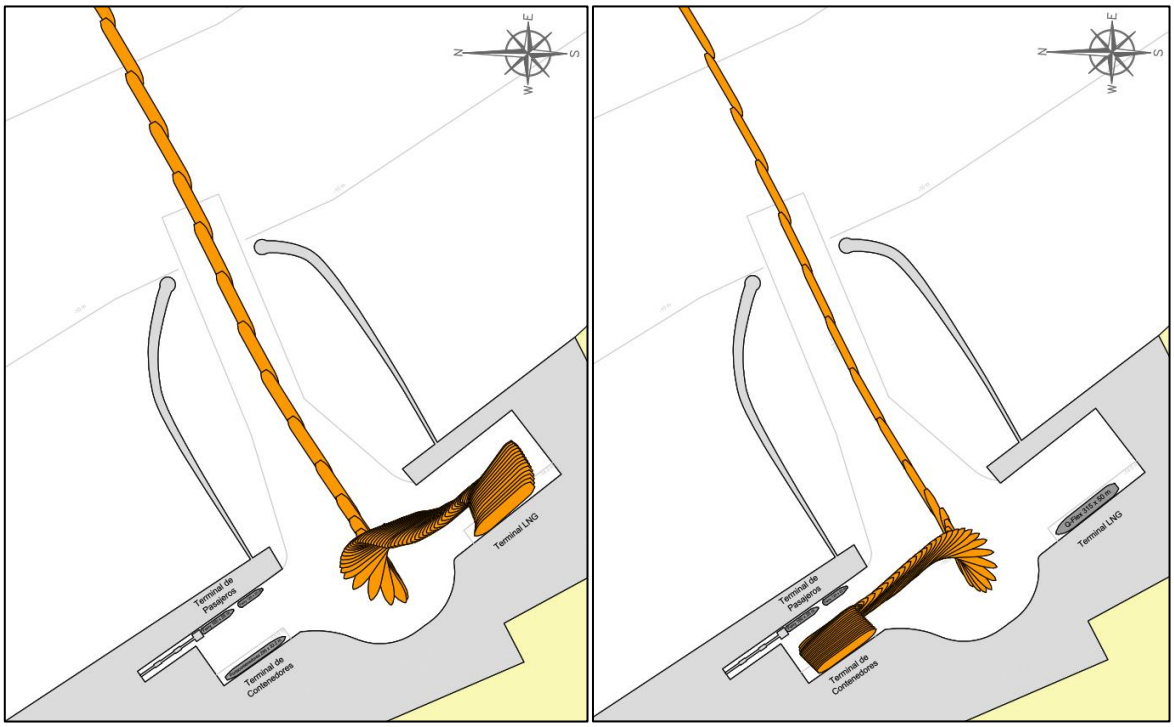


Figura 16. Entradas del Q-Flex (izda.) y del portacontenedores (dcha.) con viento SW 30 n

3.6.2. Maniobras de Salida

Las maniobras de **salida** comienzan con el buque parado y libre de cabos, listo para iniciar la maniobra. Se parte con el buque **Q-Flex** atracado al muelle por su banda de babor, proa afuera y 4 remolcadores de 50 toneladas conectados; y el **portacontenedores** atracado al muelle por su banda de estribor, proa afuera y 2 remolcadores conectados.

Las condiciones del viento **facilitan la separación lateral** de los buques, por lo que los remolcadores comienzan frenando el barco lateralmente para garantizar un **desplazamiento lateral controlado**. Una vez suficientemente separados de su respectivo muelle de atraque, los buques dan mínima máquina avante y **deben navegar con velocidad controlada**, haciendo uso de los medios auxiliares de maniobra para asegurar un adecuado control del buque, manteniendo distancias a las estructuras portuarias o posibles barcos atracados, hasta alcanzar la zona de reviro. En esta zona, se realiza un cambio de rumbo de aproximadamente 90 grados, el cual **se realiza con los remolcadores**.

Los **remolcadores** auxilian a los barcos hasta que queden enfilados con el canal de acceso, con rumbo 068º, mientras los buques aumentan la velocidad gradualmente hasta salir con aproximadamente 8 nudos y ganar aguas abiertas.

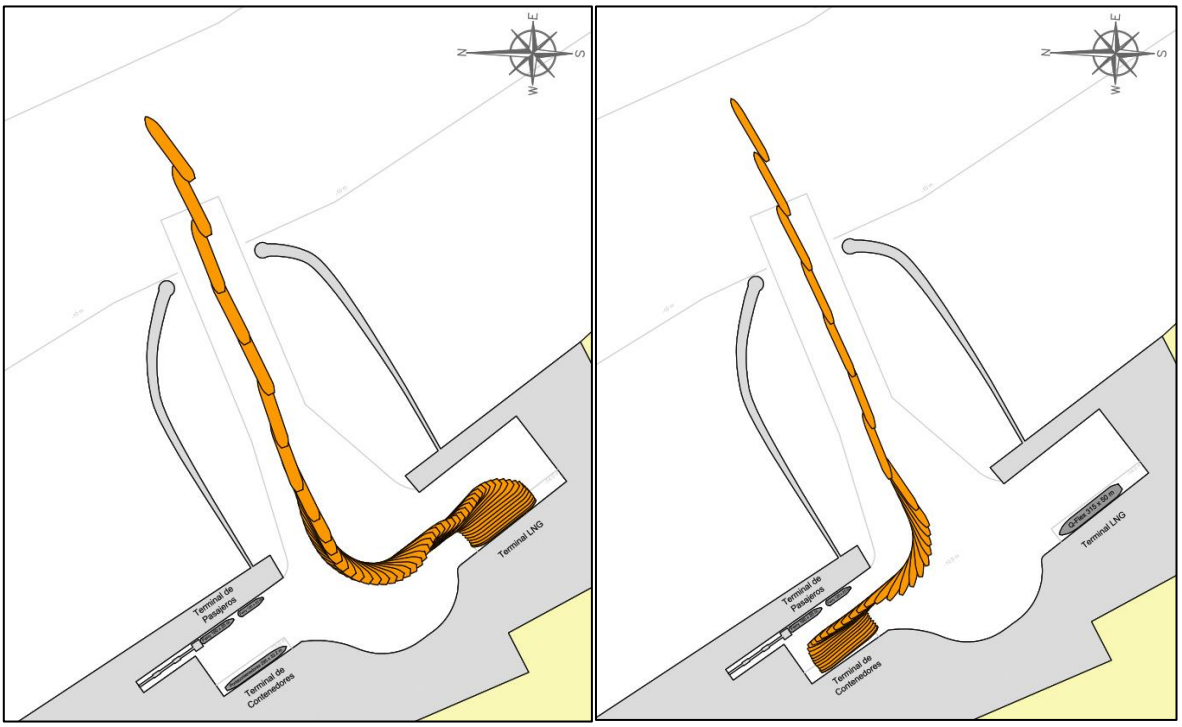


Figura 17. Salidas del Q-Flex (izda.) y del portacontenedores (dcha.) con viento NW 30 n

3.7. **Valoración de las maniobras**

Las maniobras se han realizado utilizando los mínimos medios de maniobra posibles, manteniendo los márgenes de seguridad en el uso de estos medios y aplicando criterios náuticos de buenas prácticas.

- El **viento** es el factor que **más afecta** a las maniobras, sobre todo las de **entrada del Q-Flex en lastre**, y las maniobras del **portacontenedores**, ya que ambos presentan una gran área expuesta al viento.

- La **corriente** también afecta a las maniobras significativamente, sobre todo durante el paso por la bocana, dado que son **corrientes cruzadas**.

- El efecto combinado de viento y corriente dificulta el acceso y requiere de una velocidad de acceso y un ángulo de abatimiento considerables para acceder por la bocana.

- El **oleaje** es un factor menos importante en la maniobra, ya que la zona de navegación interior está bastante abrigada y el oleaje no penetra tanto a esta zona.

- La **capacidad de maniobra** de ambos barcos de estudio para acceder al puerto es **adecuada**, siendo además la **distancia de parada suficiente.**

- La fase **más crítica** durante las maniobras de **entrada** y de **salida** es el **paso por la bocana**, debido a las corrientes exteriores cruzadas. La navegación en el exterior requiere importantes ángulos de deriva, que se incrementan cuando el viento se cruza al canal. Se requiere un **adecuado control** bajo las condiciones analizadas, sobre todo por el gradiente en la transición entre zona de corrientes cruzadas y zona abrigada.

- Para las maniobras de **entrada**, se debe resaltar especialmente la dificultad de la **fase de parada y reviro**, porque el barco necesita una velocidad importante que le permita gobernar con los vientos intensos analizados, lo que exige una **reducción rápida de velocidad en un corto espacio**.

- Para las maniobras de **salida**, se debe resaltar especialmente la dificultad de la fase de **desatraque,** debido a las condiciones de viento separantes analizadas para **evitar acercarse demasiado a las estructuras o buques atracados frente a los atraques**.

- Las maniobras de entrada y de salida para las dos condiciones meteorológicas analizadas se realizan con un **adecuado control** del buque, incluida la fase de **reviro**. El uso de los medios de maniobra (máquina, timones y hélice de maniobra de proa) es **exigente**, aunque permite márgenes adicionales para eventuales emergencias. Los buques mantienen una distancia razonable a las estructuras portuarias y barcos atracados. Por esta razón, las maniobras se consideran **viables** desde el punto de vista **náutico** - uso de los medios y control del barco.

- Para las **entradas con vientos de 30 nudos**, los remolcadores propuestos previamente son **escasos**:

- Para el acceso de los **Q-Flex**, se recomiendan **4 remolcadores de 80 toneladas**.

- Para el acceso de los **portacontenedores Panamax**, se recomiendan 3 remolcadores de 50 toneladas.

- Para las **salidas con vientos de 30 nudos**, los remolcadores propuestos previamente son **adecuados** (4 x 50 t para el Q-Flex y 2 x 50 t para el portacontenedores Panamax).

- Para las **entradas con vientos de 25 nudos**, los remolcadores propuestos previamente son **adecuados** (4 x 50 t para el Q-Flex y 2 x 50 t para el portacontenedores Panamax).

- Para todas las maniobras del **portacontenedores Panamax**, se ha considerado que la hélice de proa estaba disponible y operativa. En caso de no ser así, debe ser sustituida por un remolcador adicional de potencia y capacidad de maniobra similares.

- Teniendo en cuenta los **elevados valores de ángulo de deriva** en el acceso por la bocana debidos a los vientos y corrientes cruzadas, que se incrementan cuando ambos se combinan, se recomienda la instalación de **luces de enfilación** que marquen el eje del canal de acceso para mayor seguridad y precisión en el posicionamiento del práctico durante el acceso al puerto. Del mismo modo, instalar un par de boyas aproximadamente 0.5 millas antes de la bocana permitirá situar al buque centrado con antelación, mejorando la precisión en el posicionamiento en el canal.

- Adicionalmente, se recomienda instalar un par de boyas aproximadamente en mitad del canal interior (en los vértices que marcan el inicio de la zona de parada y reviro), con el objetivo de marcar las batimétricas límite en el giro de salida.

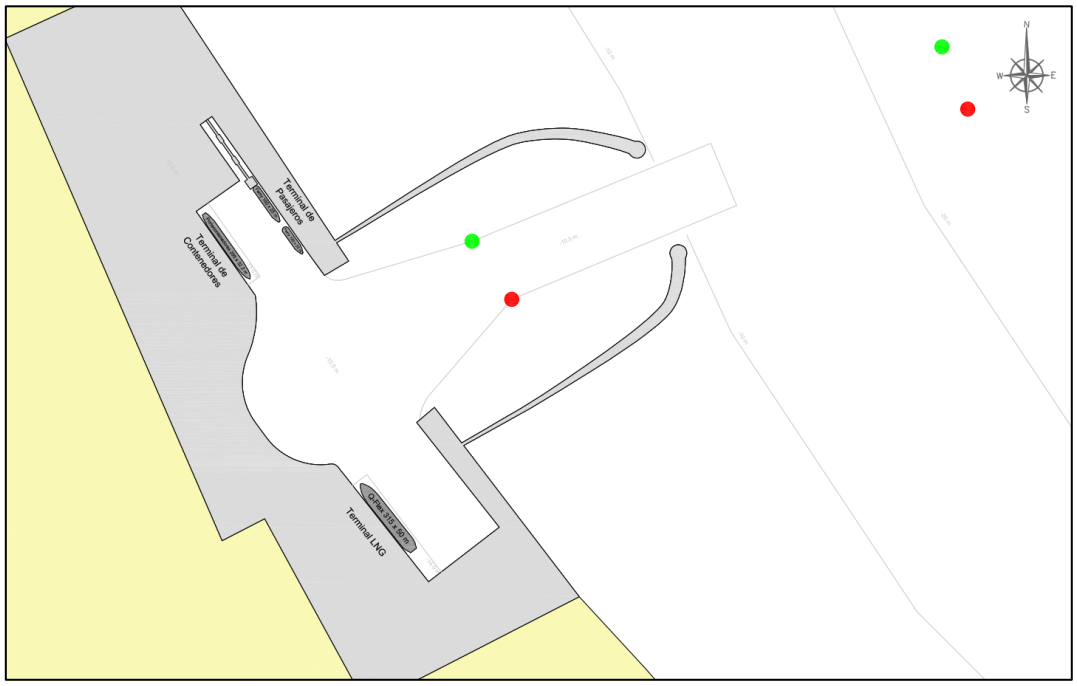


Figura 18. Propuesta de señalización

- Dada la excedencia de los vientos **mayores de 24 nudos** (13.5%), la complejidad de las maniobras y los requerimientos de remolque, **se recomienda como límite de acceso vientos de 25 nudos**, combinados con los oleajes y corrientes analizados.

- Es fundamental **confirmar las conclusiones** con herramientas de mayor precisión, como Simulador en Tiempo Real. Se trata de una herramienta más adecuada para etapas posteriores de proyecto, siendo muy útil para analizar **condiciones marítimas y meteorológicas muy duras**, ya que el **factor humano** es esencial en estos casos.

- Mediante el estudio de simulación en tiempo real, se definirán con más fiabilidad los **limites operativos** y **unidades de remolque** necesarias para cada barco. También se podrán evaluar eventuales **escenarios de emergencia** (fallo de máquina, fallo de remolque, etc.).

4. Requerimiento de Espacios Navegables

Las maniobras de acceso al nuevo **Puerto de Río Grande, Tierra de Fuego** presentan 4 zonas de navegación y maniobra claramente diferenciadas:

- **Tramo 1:** Constituye la zona de aproximación a puerto. Es un tramo recto, en aguas abiertas, en el que se navega a velocidad de unos 8–10 nudos
- **Tramo 2:** Constituye la zona de aproximación a puerto ya en aguas abrigadas. Es un tramo recto, en el que se navega a velocidad de unos 6–8 nudos
- **Tramo 3:** Zona de parada y reviro, en la dársena de reviro proyectada
- **Tramo 4**: tránsito atrás hacia el atraque correspondiente a cada barco. Se trata de un tramo en el que se modera la velocidad, pues se navega atrás y frente a buques atracados en el caso del buque portacontenedores. En este tramo se navega avante durante las salidas
- **Tramo 5**: zona de aproximación/separación del atraque, frente al atraque correspondiente, con el barco totalmente parado y controlado

4.1. **Metodología**

La metodología aplicada considera el uso de:

- **Modelo de Autopiloto "SHIPMA":** se clasifica como un modelo numérico de maniobra determinista que considera el comportamiento dinámico del buque y las condiciones ambientales que actúan sobre él. No considera elementos de factor humano tales como errores de posicionamiento, tiempos de respuesta, márgenes de seguridad, …
- **Márgenes adicionales según recomendaciones nacionales e internacionales:** tales como PIANC o ROM, no incluidos en los modelos de maniobra de autopiloto "fast time", tales como el error de posicionamiento, el tiempo de respuesta o los márgenes de seguridad, que se añaden a la envolvente de las maniobras obtenidas en SHIPMA (área barrida).

PIANC (International Navigation Association) en su informe "*Harbour Approach Channels. Design Guidelines*" (2014), así como el informe de Puertos del Estado (ROM 3.1-99), "*Proyecto de la Configuración Marítima de los Puertos; Canales de Acceso y Áreas de Flotación*" (1999), aceptado por PIANC, establecen los requerimientos en planta de las áreas de navegación y maniobra.

El procedimiento a seguir en la metodología del diseño conceptual, de acuerdo con las recomendaciones nacionales e internacionales, para determinar los requerimientos horizontales de los canales y vías de navegación es el siguiente:

- Calcular el **área barrida por el buque**, que depende tanto del buque como de los factores externos que afectan a su maniobrabilidad

- Calcular los **anchos adicionales** debido a **errores de posicionamiento** y tiempo de **respuesta**, basados en las propias características del buque y de la vía de navegación y zona de maniobra (configuración y señalización)

- Calcular los anchos adicionales por **márgenes de seguridad**

En base a las características principales de los buques de proyecto y a la estrategia de maniobra se obtienen tanto los requerimientos del área de maniobra como los márgenes adicionales. Los requerimientos horizontales de los canales de navegación se determinarán, por lo tanto, teniendo en cuenta los siguientes factores:

- El tamaño, dimensiones y características de maniobrabilidad de los buques y los factores relacionados con el buque (B1). Este factor se obtiene, por tanto, del modelo numérico de autopiloto "fast-time" SHIPMA.

- El posicionamiento del buque en el canal y zona de maniobra, dependiendo de las características de la maniobrabilidad del buque y de las ayudas a la navegación disponibles, incluyendo los factores que afectan a su precisión y fiabilidad, así como el tiempo de respuesta (B_r o W_{PERT}).

- Los márgenes de seguridad para evitar la varada o la colisión con las batimétricas límite o con estructuras, en función de las características del fondo (R_h o W_{SM}).

La obtención de los factores anteriores se ha realizado en base al informe de Puertos del Estado, **ROM 3.1-99**.

El **Anejo V** de este informe recoge la metodología y los cálculos de los espacios requeridos resultantes del dimensionamiento de las vías de navegación aplicando la metodología ROM 3.1-99, así como los gráficos de resultados con estos espacios.

4.2. **Resultados**

A partir de los cálculos anteriores para el buque de estudio, se presentan los espacios de navegación requeridos en la zona de aproximación y parada, zona de reviro y aproximación al atraque de acuerdo a los criterios ROM. A partir de los resultados anteriores, las siguientes figuras presentan los espacios de navegación requeridos para todas las maniobras, divididas por tipo de buque e intensidad de viento:

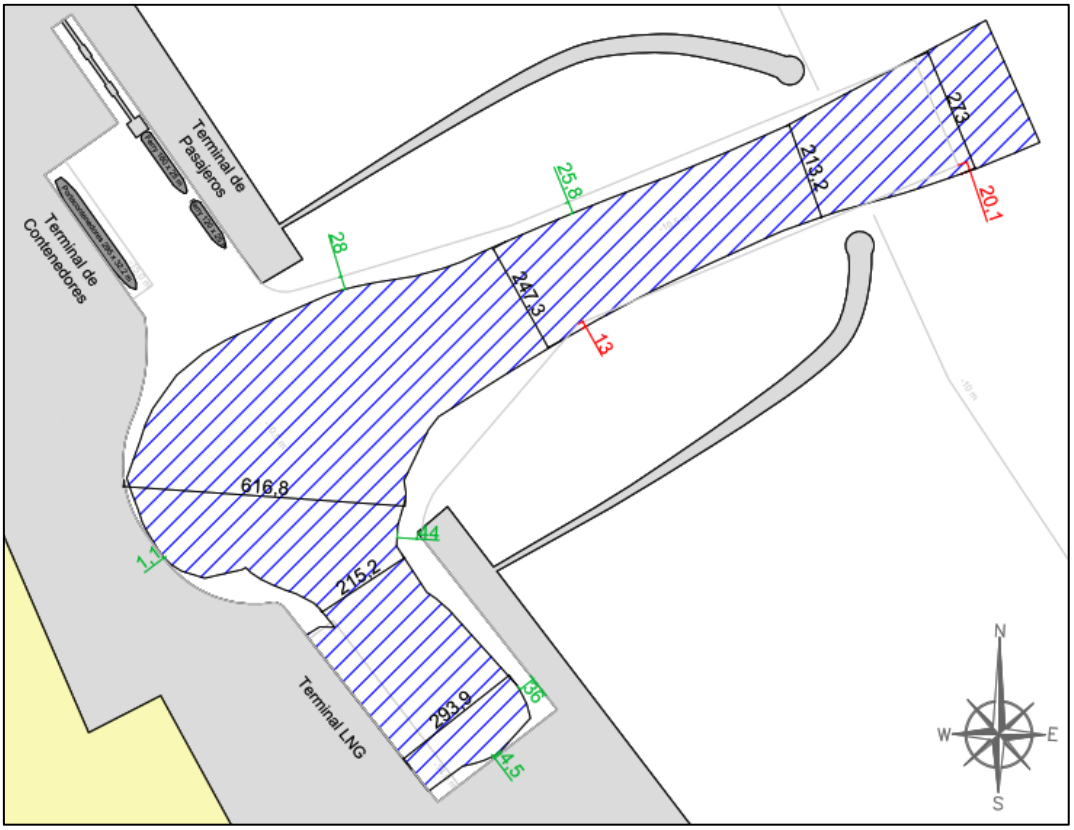


Figura 19. Espacios de navegación de todas las maniobras de entrada para el Q-Flex (30 nudos de viento)

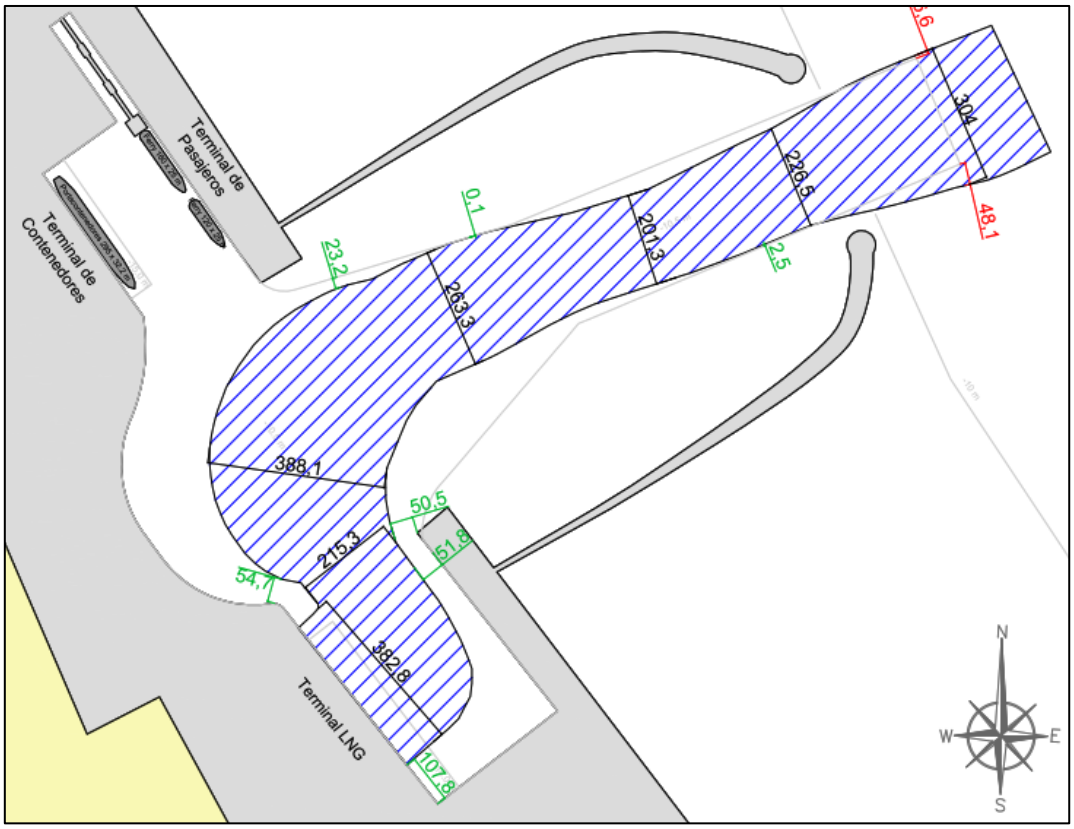


Figura 20. Espacio de navegación de todas las maniobras de salida para el Q-Flex (30 nudos de viento)

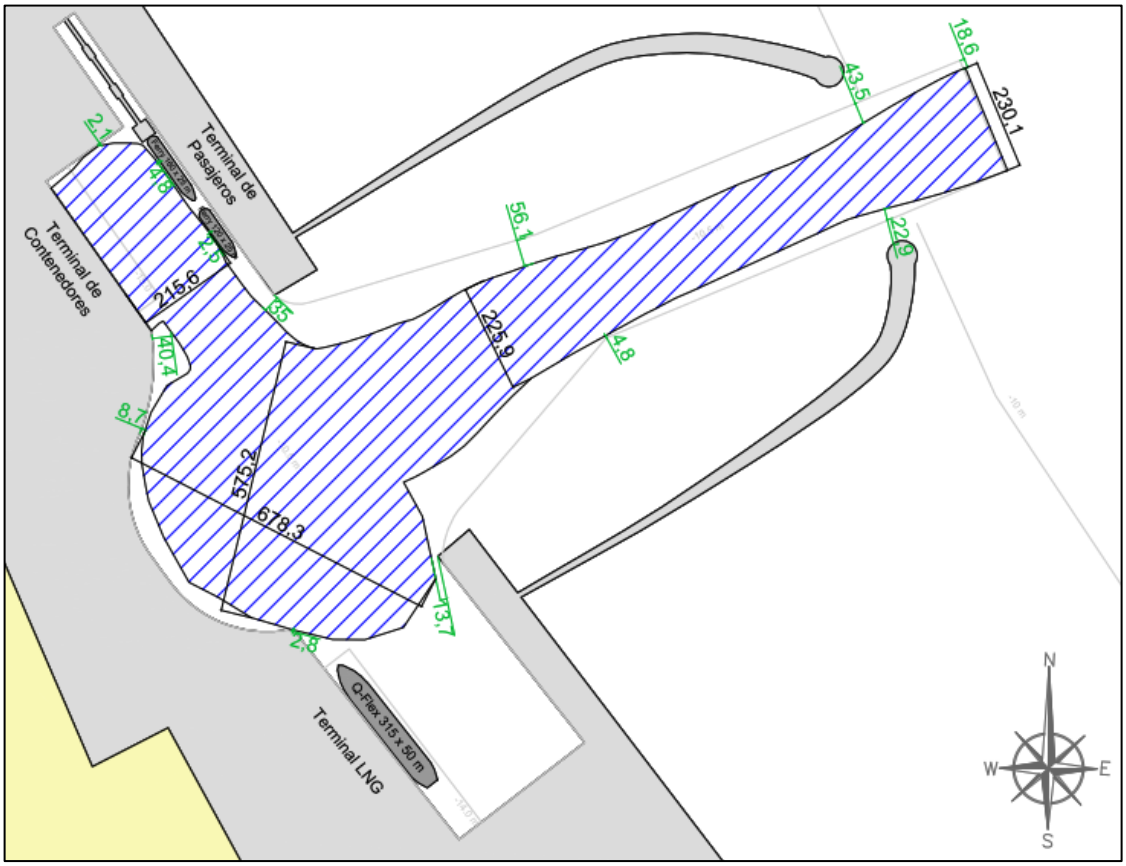


Figura 21. Espacios de navegación de todas las maniobras de entrada y salida para el Portacontenedores Panamax (30 nudos de viento)

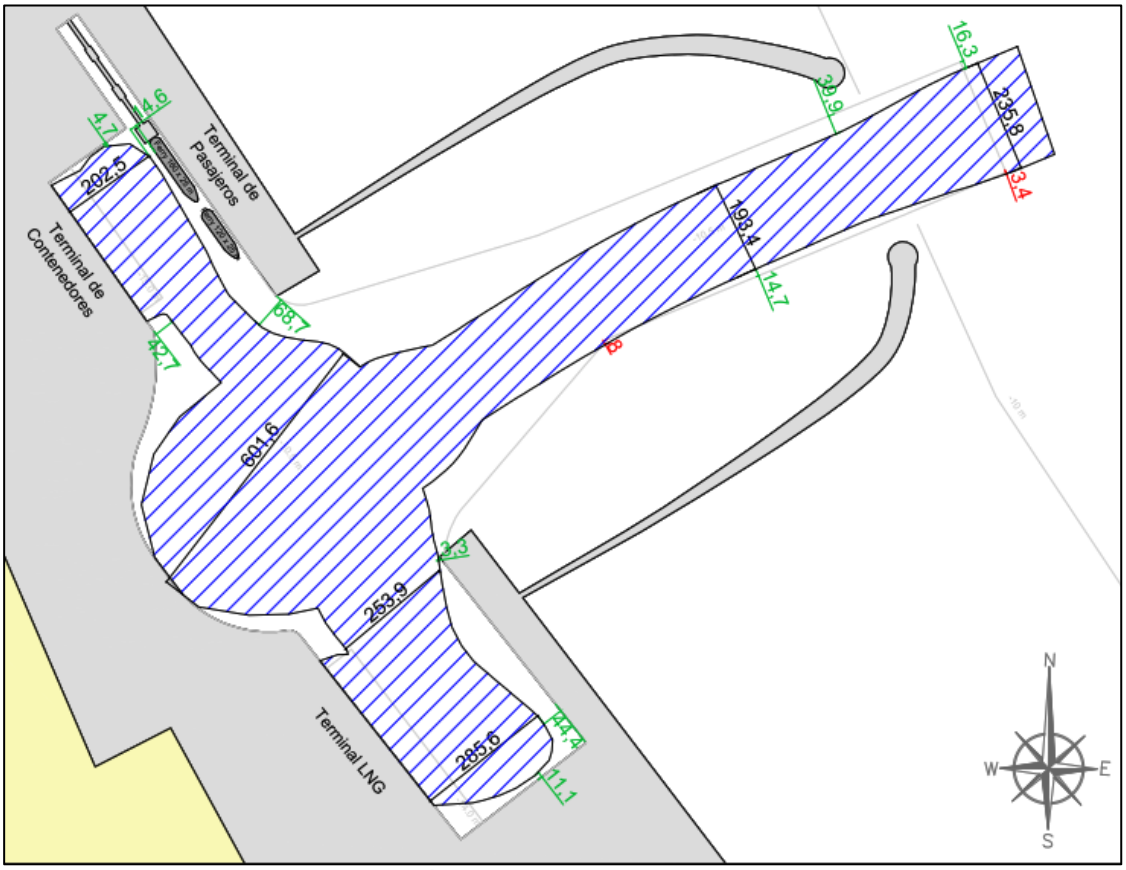


Figura 22. Espacios de navegación de todas las maniobras de entrada y salida para los buques Portacontenedores Panamax y Q-Flex (25 nudos de viento)

4.2.1. Márgenes adicionales o interferencias

Las siguientes tablas recogen los valores de las interferencias o bien de los márgenes adicionales de seguridad a las estructuras portuarias o a buques atracados.

- Los **valores en azul** indican un margen adicional de seguridad, mientras los **valores en rojo** indican una interferencia.

Tabla 14. Interferencias y márgenes adicionales de seguridad. Q-Flex (30 nudos de viento)

Tramo	Referencia	Entrada	Salida
Canal de Acceso Exterior	Batimétrica - Norte	0.0 m	6.6 m
	Batimétrica - Sur	20.1 m	48.1 m
Canal de Acceso Interior	Batimétrica - Norte	25.8 m	2.5 m
	Batimétrica - Sur	13.0 m	0.1 m
Dársena de Reviro	Norte	28.0 m	23.2 m
	Este	44.0 m	50.5 m
	Oeste	1.1 m	54.7 m
Tránsito al atraque	Este	36.0 m	51.8 m
	Sur	4.5 m	107.8 m

Tabla 15. Interferencias y márgenes adicionales de seguridad. Portacontenedores (30 nudos de viento). Entradas y salidas

Tramo	Referencia	Entrada
Canal de Acceso Exterior	Batimétrica - Norte	18.6 m
	Batimétrica - Sur	0.0 m
Canal de Acceso Interior	Batimétrica - Norte	43.5 m
	Batimétrica - Sur	4.8 m
Dársena de Reviro	Norte	35.0 m
	Este	13.7 m
	Oeste	2.8 m
Tránsito al atraque	Este (buques atracados)	2.5 m
	Norte	2.1 m

Tabla 16. Interferencias y márgenes adicionales de seguridad. Portacontenedores y Q-Flex (25 nudos de viento). Entradas y salidas

Tramo	Referencia	Entrada
Canal de Acceso Exterior	Batimétrica - Norte	16.3 m
	Batimétrica - Sur	3.4 m
Canal de Acceso Interior	Batimétrica - Norte	39.9 m
	Batimétrica - Sur	8.0 m
Dársena de Reviro	Norte	68.7 m
	Este	3.3 m
	Oeste	0.0 m
Tránsito al atraque (portacontenedores)	Este (buques atracados)	14.6 m
	Norte (estructura)	4.7 m
Tránsito al atraque (Q-Flex)	Este (estructura)	44.4 m
	Sur	11.1 m

4.3. **Valoración**

Las siguientes conclusiones se obtienen de la evaluación de las áreas navegables obtenidas para cada maniobra:

- Las **áreas navegables** de las **maniobras** obtenidas según los criterios ROM **no presentan interferencias** con los **buques amarrados** o con las **estructuras en las dársenas**. Hay márgenes de seguridad adicionales disponibles para todos los escenarios evaluados.

- Las áreas navegables de las maniobras obtenidas según los criterios ROM presentan algunas interferencias con el canal de acceso proyectado:

- **Viento 30 nudos**: Interferencias importantes en la parte exterior del canal de acceso con respecto al metanero Q-Max (48 m para las salidas y 20 m para las entradas), zona en la cual se considera que el **espacio navegable** es **insuficiente**. Además, hay interferencias menores por la banda Sur del canal. Teniendo en cuenta que la metodología aplicada utiliza sobreanchos adicionales conservadores es posible que puedan ser optimizados utilizando herramientas de simulación más precisas. Se recomienda **valorar el espacio navegable en simulador en tiempo real,** de forma que se pueda dimensionar con más precisión el ancho necesario del canal de acceso**.**

- **Viento 25 nudos**: Interferencias menores de 3.4 m/8 m por la banda Sur del canal. Teniendo en cuenta que la metodología utilizada utiliza sobreanchos adicionales conservadores y es posible que puedan ser optimizados utilizando herramientas de simulación más precisas, se considera a priori que el **espacio navegable** es **suficiente**, **a ser confirmado en simulador en tiempo real.**

- Es importante comentar que, aunque se observen interferencias a una banda del canal, hay márgenes adicionales a la otra banda. Una valoración en mayor detalle con herramientas más precisas permitirá evaluar distintas estrategias de maniobra según la condición de viento y su respectiva deriva. Tal valoración posibilitará centrar la maniobra en el canal, aprovechándose además de la ayuda al posicionamiento por medio de las luces de enfilación, y eliminará las interferencias observadas.

- Teniendo en cuenta los espacios requeridos según esta metodología, se confirma la importancia de instalar **luces de enfilación** que marquen el eje del canal de acceso, así como instalar un par de boyas, aproximadamente 0.5 millas antes de la bocana. De esa manera, el espacio navegable requerido se reduciría en el tramo inicial del canal.

- Respecto a los **remolcadores**, considerando los márgenes de seguridad disponibles respecto a las estructuras portuarias y que solo actúan prácticamente en la zona de maniobra, se considera que el **espacio navegable** es **suficiente** y hay márgenes de seguridad adicionales para todos los escenarios evaluados. Con respecto a los **buques atracados** frente a la terminal de contenedores, los márgenes son escasos y **la operación de los remolcadores podría verse afectada**, aunque estos actúan mayoritariamente empujando en esta fase de la maniobra para compensar el efecto separante de los vientos. **Se recomienda** una evaluación con herramientas de más precisión, teniendo en cuenta los márgenes conservadores de la metodología. La **reducción de los límites de acceso** a vientos de 25 nudos

también puede ser beneficiosa en este sentido, ya que permitirá una maniobra más controlada, posibilitando **un mayor margen de remolque**.

- Cabe destacar que la **metodología** utilizada para estimar los espacios de navegación segura implica el uso de **sobreanchos adicionales** a los ocupados por el buque que contemplan efectos no incorporados en el modelo numérico. Estos sobreanchos son en muchos casos **conservadores** y es posible que **puedan ser optimizados utilizando herramientas de simulación más precisas**.

5. Análisis de profundidades. Estudio de Calados

Para evaluar la cota de profundidad mínima necesaria y definir en consecuencia las ventanas operativas y la operatividad global en función de la profundidad de las zonas y la carrera de marea se realiza un estudio determinista de las dimensiones verticales.

Basándose en toda la información elaborada, se realiza un primer análisis del dimensionamiento de las zonas de acceso y maniobra en las condiciones límite en **alzado** (profundidades disponibles/necesarias).

Para determinar los requerimientos en **alzado** de los espacios navegables se ha empleado la metodología determinista que recoge la **ROM 3.1-99** ***"Proyecto de la Configuración Marítima de los Puertos; Canales de Acceso y Áreas de Flotación"***. El **Anejo VI** presenta el detalle la metodología empleada.

La metodología propuesta, propia de etapas de diseño iniciales, pretende dar una respuesta rápida sin requerir datos de entrada excesivos, por lo que es de gran utilidad en la evaluación de alternativas. Los parámetros físicos resultantes se combinan con las hipótesis operacionales (viento, oleaje, corrientes, ...) y diferentes ayudas a la navegación. Los resultados obtenidos son a priori conservadores, pues las recomendaciones generales no pueden evaluar todas las características y condiciones específicas de cada caso.

Resulta recomendable, por tanto, realizar una optimización de los resultados durante la etapa de diseño de detalle, especialmente cuando se emplean métodos de diseño deterministas. El diseño se realiza mediante la combinación de diferentes factores/componentes de manera conjunta, los cuales pueden conducir a una sobreestimación, puesto que todos los factores no tienen por qué producirse al mismo tiempo, en el mismo lugar y con la misma dirección. Sin embargo, en determinados casos el diseño conceptual no incluye todos los factores a un nivel de detalle suficiente, lo que puede conducir a resultados no conservadores.

5.1. **Dimensionamiento en alzado**

Los requerimientos en alzado de las distintas zonas de navegación se pueden obtener por medio de un diseño conceptual o detallado, el cual permite definir la **profundidad mínima necesaria** para el acceso de un determinado buque, bajo una condición de carga determinada. En el proceso de cálculo se han considerado las siguientes **hipótesis**:

- Se consideran como **calados de acceso** para iniciar el cálculo: **12.0 m** para el metanero Q-Flex durante las salidas en carga (el más restrictivo); y el calado de **13.5 m** para el buque portacontenedores Panamax en entradas y salidas.

- Para las entradas del portacontenedores Panamax, la **velocidad máxima** del buque considerada en las maniobras de **entrada** es de unos **10 nudos** en el tramo recto exterior y en el primer tramo recto interior, de **6 nudos** medios en el tramo recto interior de parada y de **2 nudos** de referencia en el tramo atrás de

aproximación al muelle. Además, se hace el cálculo también para la fase de reviro, considerando una velocidad máxima de **1 nudo**.

- Para las salidas del metanero Q-Flex en carga y del portacontenedores, se considera que el barco navega **por debajo de los 2 nudos** en el **tramo recto del interior** de la dársena y durante el **tramo curvo** que recorre en la dársena de giro para ganar rumbo de salida. Una vez enfilado el canal, el barco debe ganar velocidad rápidamente para llegar a la bocana y alcanzar aguas abiertas con suficiente gobierno. Para **este tramo interior** se considera una **velocidad máxima** de **6 nudos.** En el tramo recto exterior pasadas las escolleras, se considera una velocidad de referencia de **8 nudos**.

- La zona de navegación **no** tiene **restricciones laterales** hasta entrar en el tramo de aproximación, que se realiza entre las escolleras Norte y Sur. El canal de navegación se considera **canal convencional**.

- Se trabaja con las **condiciones hidro-meteorológicas límite** definidas a partir del análisis climático realizado:

- **Viento: 30 nudos** de intensidad media

- **Corriente exterior: 0.8 nudos** de intensidad máxima y dirección cruzada

- **Corriente interior**: la corriente **se reduce a lo largo del canal de acceso** al ser una zona bastante abrigada para las direcciones estudiadas, llegando a tan solo **0.2 nudos** de intensidad media en la dársena de reviro y atraque

- **Oleaje exterior: NE 2.5 m** de altura máxima fuera del puerto

- **Oleaje interior**: el oleaje **se reduce a lo largo del canal de acceso** al ser una zona bastante abrigada para las direcciones estudiadas, estando **por debajo de 1.0 m** de altura máxima en las dársenas de reviro y atraque

- Las maniobras se realizan considerando un **nivel de agua +6.0 m**, correspondiente a la pleamar mínima de cuadratura (lo que supone que siempre será posible la entrada en pleamar, incluso en las de menor amplitud)

- El tipo de fondo es **duro**

- Se consideran **0.50 m de tolerancia** en la ejecución del **dragado**, según las recomendaciones de la ROM

- Se considera un **margen para imprecisiones en la batimetría sin sistemas de compensación del oleaje,** según las recomendaciones de la ROM: 0,25 m + 1% de la profundidad de agua para aguas exteriores y 0,1 m + 1% de la profundidad de agua para aguas interiores

- **No** se ha considerado **márgenes** adicionales por **sedimentación** en la zona de navegación

A continuación, se presentan los resultados de **profundidad mínima para permitir el acceso y salidas de forma segura**. En el **Anejo VI** se muestran los cálculos detallados para

los distintos tramos de navegación, las distintas estrategias analizadas y los buques considerados:

Tabla 17. Profundidad mínima para permitir el acceso seguro de los buques analizados. **ROM 3.1-99**

Descripción	Navegación	Tramo	Buque					
			Portacontenedores			Q-Flex		
			Prof [m]	Nivel de Agua* [m]	h/T	Prof [m]	Nivel de Agua* [m]	h/T
Enfilación por la bocana	Exterior	Recto	**10.89**	16.89	1.26	6.84	12.84	1.43
Acceso por la bocana	Interior	Recto	**10.74**	16.74	1.24	6.64	12.64	1.36
Parada	Interior	Recto	**10.02**	16.02	1.19	5.97	11.97	1.29
Dársena de Reviro	Interior	-	**9.54**	15.54	1.15	5.52	11.52	1.24
Tránsito al atraque	Interior	Recto atrás	**9.79**	15.79	1.17	5.47	11.47	1.23

* Los valores de nivel de agua están referidos a la pleamar mínima de cuadratura (+6.0 m)

Tabla 18. Profundidad mínima para permitir la salida segura de los buques analizados. **ROM 3.1-99**

Descripción	Navegación	Tramo	Buque					
			Portacontenedores			Q-Flex		
			Prof [m]	Nivel de Agua* [m]	h/T	Prof [m]	Nivel de Agua* [m]	h/T
Salida del atraque	Interior	Recto	**9.79**	15.79	1.17	8.96	14.96	1.61
Tramo Curvo	Interior	Curvo	**9.79**	15.79	1.17	9.25	15.25	1.64
Tramo recto	Interior	Recto	**10.02**	16.02	1.19	9.35	15.35	1.65
Paso por la bocana	Interior	Recto	**10.74**	16.74	1.24	10.57	16.57	1.78
Tramo recto	Exterior	Recto	**11.21**	17.21	1.27	11.29	17.29	1.86

* Los valores de nivel de agua están referidos a la pleamar mínima de cuadratura (+6.0 m)

5.2. **Conclusiones**

Como resultado de la una **evaluación preliminar** en base a un análisis **determinista**, se define la **cota de solera óptima** para los buques de proyecto.

El área de navegación se puede dividir en **4 zonas de navegación**:

- la zona de entrada del canal, en la parte anterior a las escolleras (zona 1 en la imagen)
- la zona de aproximación (zona 2 en la imagen), en la cual se navega con velocidades importantes (8 a 10 nudos) para permitir gobernabilidad al barco, lo que significa más trimado por *squat*. Además, todavía se notan los efectos de oleaje y corriente cruzada
- en la zona de parada (zona 3 en la imagen), al reducir velocidad y estar más abrigados de las condiciones exteriores, se nota una reducción de la profundidad exigida por el dimensionamiento determinista
- por fin, la zona de maniobra (zona 4 en la imagen), en la cual se navega a velocidades muy bajas y con ayuda de remolcadores.

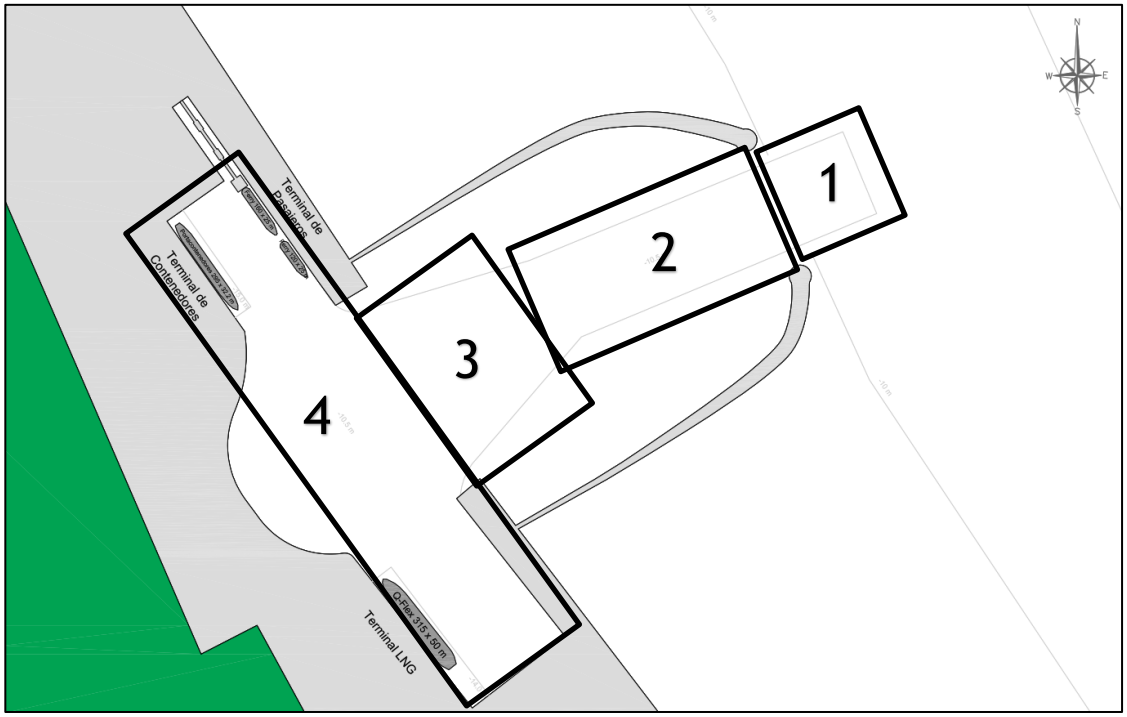


Figura 23. Zonas de navegación en el Puerto de Tierra de Fuego

Teniendo en cuenta todo lo presentado, las **profundidades mínimas requeridas** para cada uno de los tramos del canal son:

Tabla 19. Profundidad mínima para cada zona analizada. **ROM 3.1-99**

Descripción	Tramo	Profundidad [m]	Nivel de Agua* [m]
Paso por la bocana	Recto	**11.25**	17.25
Zona de Acceso	Curvo	**10.75**	16.75
Zona de Parada	Recto	**10.00**	16.00
Zona de Maniobra	Recto	**9.75**	15.75

*Los valores de nivel de agua están referidos a la pleamar mínima de cuadratura (+6.0 m)

6. Resumen y conclusiones

A petición de **SERMAN & Asociados SA** se ha llevado a cabo un estudio técnico para analizar la **viabilidad náutica** del proyecto del Puerto de Río Grande, Tierra de Fuego, Argentina. El proyecto conceptual consiste en una dársena excavada en tierra, para lo cual será necesario dragar un canal de aproximación y las zonas de maniobra y atraque.

Se ha dimensionado el **espacio navegable** en planta y alzado para el acceso seguro de los buques de proyecto: un **portacontenedores Panamax** de 295 m de eslora, 32.2 m de manga y 13.5 m de calado, y un buque **metanero tipo Q-Flex** de 216 000 m^3, con 315 m de eslora, 50 m de manga y 12 m de calado.

Se ha realizado un estudio de maniobrabilidad para analizar el **espacio de navegación** necesario para garantizar la seguridad de las operaciones previstas de los buques de proyecto, evaluando las obras de dragado necesarias. Se han analizado las **condiciones límite** de acceso y salida (en cuanto a viento, oleaje y corriente), definiendo los **requerimientos de remolcadores** y **recomendaciones sobre la señalización**. El objetivo ha sido **verificar el diseño conceptual** de la zona de navegación y maniobra que permita una operación segura en la zona de estudio, aportando además criterios de cara a optimizar el diseño y las obras de dragado.

Para el desarrollo del estudio se ha utilizado como herramienta de trabajo el **Modelo Numérico de Maniobra de Buques con Autopiloto** (**SHIPMA 7.4.2**), desarrollado por Delft Hydraulics – MARIN (Holanda), que reproduce el comportamiento de un buque específico durante la ejecución de las maniobras de acceso o salida de puerto, sometido a la acción de los agentes ambientales (viento, corriente, oleaje, profundidad limitada, succión de orilla, etc.). Para ello, dispone de un **piloto automático**, que desarrolla las acciones necesarias para mantener una trayectoria objetivo predefinida. Previamente, se fijan la posición y condiciones iniciales del buque, así como una serie de restricciones al uso de la máquina.

El estudio se ha completado con un **análisis de calados** para definir las necesidades de profundidad evitando riesgo de varada.

El trabajo se ha llevado a cabo apoyándose en la metodología de Simulación de Maniobras de Buques planteada por **PIANC** (Asociación Internacional de Navegación) en los Informes "*Approach Channels. A Guide for Design*" (1997) y "*Harbour Approach Channels Design Guidelines*" (2014), y en las Recomendaciones de Puertos del Estado (España) **ROM 3.1-99** "Proyecto de la Configuración Marítima de los Puertos; Canales de Acceso y Áreas de Flotación".

A partir de la información disponible y del análisis del clima marítimo de la zona, se han analizado **11 escenarios de maniobra** representativos:

Tabla 20. Casos analizados

Buque	Maniobra	Viento	Oleaje	Corriente	Run
Q-Flex 315 x 50 x 9.3 m	Entrada	SW 30 n	ENE 1.5 m - 11 s	NW 0.3 m/s	03
		SW 25 n	ENE 1.5 m - 11 s	NW 0.3 m/s	07
		W 30 n	NE 2.0 m - 11 s	SE 0.4 m/s	02
		NW 30 n	NE 2.0 m - 11 s	SE 0.4 m/s	01
Q-Flex 315 x 50 x 12.0 m	Salida	NW 30 n	NE 2.0 m - 11 s	SE 0.4 m/s	04
		W 30 n	NE 2.0 m - 11 s	SE 0.4 m/s	05
		SW 30 n	ENE 1.5 m - 11 s	NW 0.3 m/s	06
Portacontenedores 295 x 32.2 x 13.5 m	Entrada	SW 30 n	ENE 1.5 m - 11 s	NW 0.3 m/s	08
		SW 25 n	ENE 1.5 m - 11 s	NW 0.3 m/s	11
		NW 30 n	NE 2.0 m - 11 s	SE 0.4 m/s	09
	Salida	NW 30 n	NE 2.0 m - 11 s	SE 0.4 m/s	10

Se ha estudiado un total de **11 escenarios de maniobra**: 7 de entrada y 4 de salida, combinando la entrada y salida de los buques de estudio en las 3 condiciones de clima seleccionadas con vientos de 30 y 25 nudos de intensidad. Las maniobras se han realizado bajo la asesoría náutica de los **Capitanes de Siport21.**

Es importante señalar las frecuencias de excedencia anual de las condiciones ambientales analizadas:

- Viento 30 nudos: 2.5%
- Viento 25 nudos: 13.5%
- Oleaje 2.5 m: 1.9%
- Las maniobras se han realizado considerando un **nivel de agua +6.0 m**, correspondiente a la **pleamar mínima de cuadratura** (lo que supone que siempre será posible la entrada en pleamar, incluso en las de menor amplitud)

Una vez realizadas, se han evaluado los **requerimientos de espacio de maniobra** de acuerdo con la recomendación **ROM 3.1-99** "*Proyecto de la Configuración Marítima de los Puertos; Canales de Acceso y Áreas de Flotación*". A la envolvente del espacio ocupado por el buque en cada maniobra, resultante del modelo de autopiloto utilizado, se han añadido unos sobreanchos no incluidos en el modelo (los debidos a errores de posicionamiento y tiempo de respuesta) y márgenes de seguridad adicionales.

Para determinar los requerimientos en **alzado** de los espacios navegables se ha empleado la metodología determinista que recoge la **ROM 3.1-99** *"Proyecto de la Configuración Marítima de los Puertos; Canales de Acceso y Áreas de Flotación"*.

A la vista de los resultados de las maniobras realizadas y la valoración del espacio de maniobra se obtienen las siguientes **conclusiones** y **valoraciones:**

- La **capacidad de maniobra** de ambos barcos de estudio para acceder al puerto es **adecuada**, siendo además la **distancia de parada suficiente.**

- La fase **más crítica** durante las maniobras de **entrada** y de **salida** es el **paso por la bocana**, debido a las corrientes exteriores cruzadas. La navegación en el exterior requiere importantes ángulos de deriva, que se incrementan cuando el viento se cruza al canal. Se requiere un **adecuado control** bajo las condiciones analizadas, sobre todo por el gradiente en la transición entre zona de corrientes cruzadas y zona abrigada.

- Para las maniobras de **entrada**, se debe resaltar especialmente la dificultad de la **fase de parada y reviro**, porque el barco necesita una velocidad importante que le permita gobernar con los vientos intensos analizados, lo que exige una **reducción rápida de velocidad en un corto espacio**.

- Para las maniobras de **salida**, se debe resaltar especialmente la dificultad de la fase de **desatraque,** debido a las condiciones de viento separantes analizadas para **evitar acercarse demasiado a las estructuras o buques atracados frente a los atraques**.

- Las maniobras de entrada y de salida para las dos condiciones meteorológicas analizadas se realizan con un **adecuado control** del buque, incluida la fase de **reviro**. El uso de los medios de maniobra (máquina, timones y hélice de maniobra de proa) es **exigente**, aunque permiten márgenes adicionales para eventuales emergencias. Los buques mantienen una distancia razonable a las estructuras portuarias y barcos atracados. Por esta razón, las maniobras se consideran **viables** desde el punto de vista **náutico** - uso de los medios y control del barco.

- Para las **entradas con vientos de 30 nudos**, los remolcadores propuestos inicialmente son **escasos**:

- Para el acceso de los **Q-Flex**, se recomiendan **4 remolcadores de 80 toneladas**.

- Para el acceso de los **portacontenedores Panamax**, se recomiendan 3 remolcadores de 50 toneladas.

- Para las **salidas con vientos de 30 nudos**, los remolcadores propuestos inicialmente son **adecuados** (4 x 50 t para el Q-Flex y 2 x 50 t para el portacontenedores Panamax).

- Para las **entradas con vientos de 25 nudos**, los remolcadores propuestos previamente son **adecuados** (4 x 50 t para el Q-Flex y 2 x 50 t para el portacontenedores Panamax).

- Para todas las maniobras del portacontenedores Panamax, se ha considerado que la hélice de proa estaba disponible y operativa. En caso de no ser así, debe ser sustituida por un remolcador adicional de potencia y capacidad de maniobra similares.

- Teniendo en cuenta los **elevados valores de ángulo de deriva** en el acceso por la bocana debidos a los vientos y corrientes cruzadas, que se incrementan cuando estos se combinan, se recomienda la instalación de **luces de enfilación** que marquen el eje del canal de acceso para mayor seguridad y precisión en el posicionamiento del práctico durante el acceso al puerto. Del mismo modo, instalar un par de boyas aproximadamente 0.5 millas antes de la bocana, permitirá situar al buque centrado con antelación, mejorando precisión en el posicionamiento en el canal.

- Adicionalmente, se recomienda instalar un par de boyas aproximadamente en mitad del canal interior (en los vértices que marcan el inicio de la zona de parada y reviro), con el objetivo de marcar las batimétricas límite en el giro de salida.

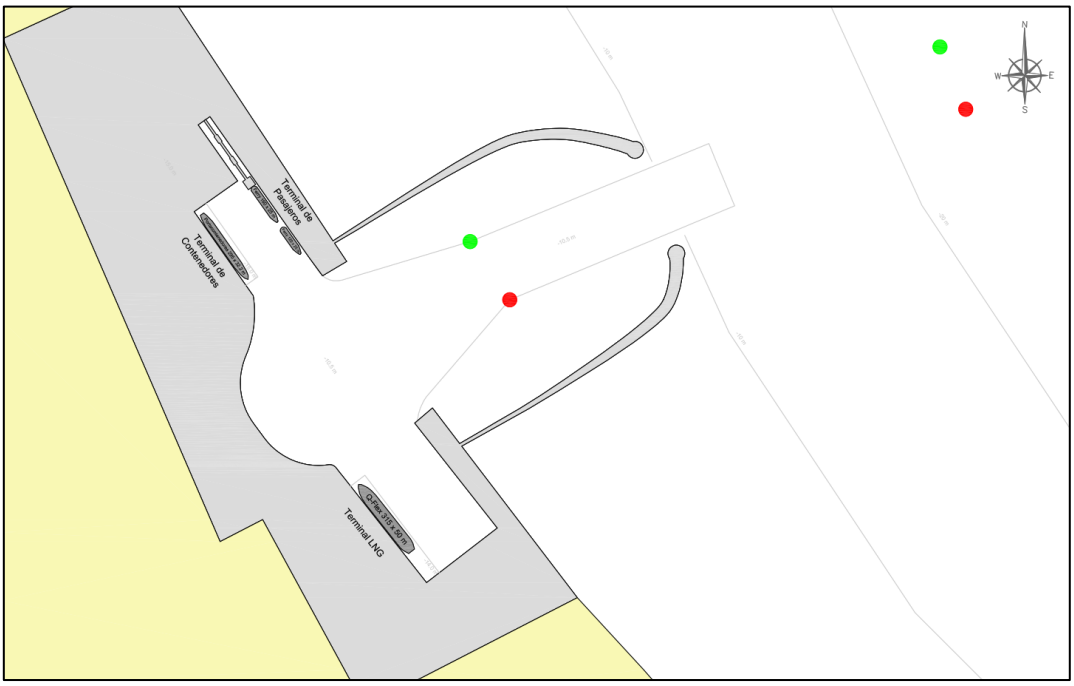


Figura 24. Propuesta de señalización

- Dada la excedencia de los vientos **mayores de 24 nudos** (13.5%), la complejidad de las maniobras y los requerimientos de remolque, **se recomienda como límite de acceso vientos de 25 nudos**, combinados con los oleajes y corrientes analizados.

- Es fundamental **confirmar las conclusiones** con herramientas de mayor precisión, como Simulador en Tiempo Real. Se trata de una herramienta más adecuada para etapas posteriores de proyecto, siendo muy útil para analizar **condiciones marítimas y meteorológicas muy duras**, ya que el **factor humano** es esencial en estos casos.

- Mediante el estudio de simulación en tiempo real, se definirán con más fiabilidad los **limites operativos** y **unidades de remolque** necesarias para cada barco.

También se podrán evaluar eventuales **escenarios de emergencia** (fallo de máquina, fallo de remolque, etc.).

Espacios de navegación:

Las siguientes conclusiones se obtienen de la evaluación de las áreas navegables obtenidas para cada maniobra:

- Las **áreas navegables** de las **maniobras** obtenidas según los criterios ROM **no presentan interferencias** con **los buques amarrados** o con las **estructuras en las dársenas**. Hay márgenes de seguridad adicionales disponibles para todos los escenarios evaluados.

- Las áreas navegables de las maniobras obtenidas según los criterios ROM presentan algunas interferencias con el canal de acceso proyectado:

- **Viento 30 nudos**: Interferencias importantes en la parte exterior del canal de acceso con respecto al metanero Q-Max (48 m para las salidas y 20 m para las entradas), zona en la cual se considera que el **espacio navegable** es **insuficiente**. Además, hay interferencias menores por la banda Sur del canal. Teniendo en cuenta que la metodología aplicada utiliza sobreanchos adicionales conservadores es posible que puedan ser optimizados utilizando herramientas de simulación más precisas. Se recomienda **valorar el espacio navegable en simulador en tiempo real,** de forma que se pueda dimensionar con más precisión el ancho necesario del canal de acceso**.**

- **Viento 25 nudos**: Interferencias menores de 3.4 m/8 m por la banda Sur del canal. Teniendo en cuenta que la metodología utilizada utiliza sobreanchos adicionales conservadores y es posible que puedan ser optimizados utilizando herramientas de simulación más precisas, se considera a priori que el **espacio navegable** es **suficiente**, **a ser confirmado en simulador en tiempo real.**

- Es importante comentar que, aunque se observen interferencias a una banda del canal, hay márgenes adicionales a la otra banda. Una valoración en mayor detalle con herramientas más precisas permitirá evaluar distintas estrategias de maniobra según la condición de viento y su respectiva deriva. Tal valoración posibilitará centrar la maniobra en el canal, aprovechándose además de la ayuda al posicionamiento por medio de las luces de enfilación, y posiblemente eliminará las interferencias observadas.

- Teniendo en cuenta los espacios requeridos según esta metodología, se confirma la importancia de instalar **luces de enfilación** que marquen el eje del canal de acceso, así como instalar un par de boyas, aproximadamente 0.5 millas antes de la bocana. De esa manera, el espacio navegable requerido se reduciría en el tramo inicial del canal.

- Respecto a los **remolcadores**, considerando los márgenes de seguridad disponibles respecto a las estructuras portuarias y que solo actúan prácticamente en la zona de maniobra, se considera que el **espacio navegable** es **suficiente** y hay márgenes de seguridad adicionales para todos los escenarios evaluados. Con respecto a los **buques atracados** frente a la terminal de contenedores, los márgenes son escasos y **la operación de los remolcadores podría verse afectada**, aunque estos actúan mayoritariamente empujando en esta fase de la maniobra para compensar el

efecto separante de los vientos. **Se recomienda** una evaluación con herramientas de más precisión, teniendo en cuenta los márgenes conservadores de la metodología. La **reducción de los límites de acceso** a vientos de 25 nudos también puede ser beneficiosa en este sentido, ya que permitirá una maniobra más controlada, posibilitando **un mayor margen de remolque**.

- Cabe destacar que la **metodología** utilizada para estimar los espacios de navegación segura implica el uso de **sobreanchos adicionales** a los ocupados por el buque que contemplan efectos no incorporados en el modelo numérico. Estos sobreanchos son en muchos casos **conservadores** y es posible que **puedan ser optimizados utilizando herramientas de simulación más precisas**.

Estudio de Calados:

Como hipótesis de partida, se ha considerado acceder y salir de puerto siempre en pleamar, con un nivel de agua mínimo +6.0 m, correspondiente a la **pleamar mínima de cuadratura**. Ello supone que **todas las mareas** permitirán el acceso en una ventana alrededor de la pleamar, incluso las mareas muertas, proporcionando una **alta operatividad**.

Las conclusiones de **profundidad mínima requerida** para cada uno de los tramos del canal son:

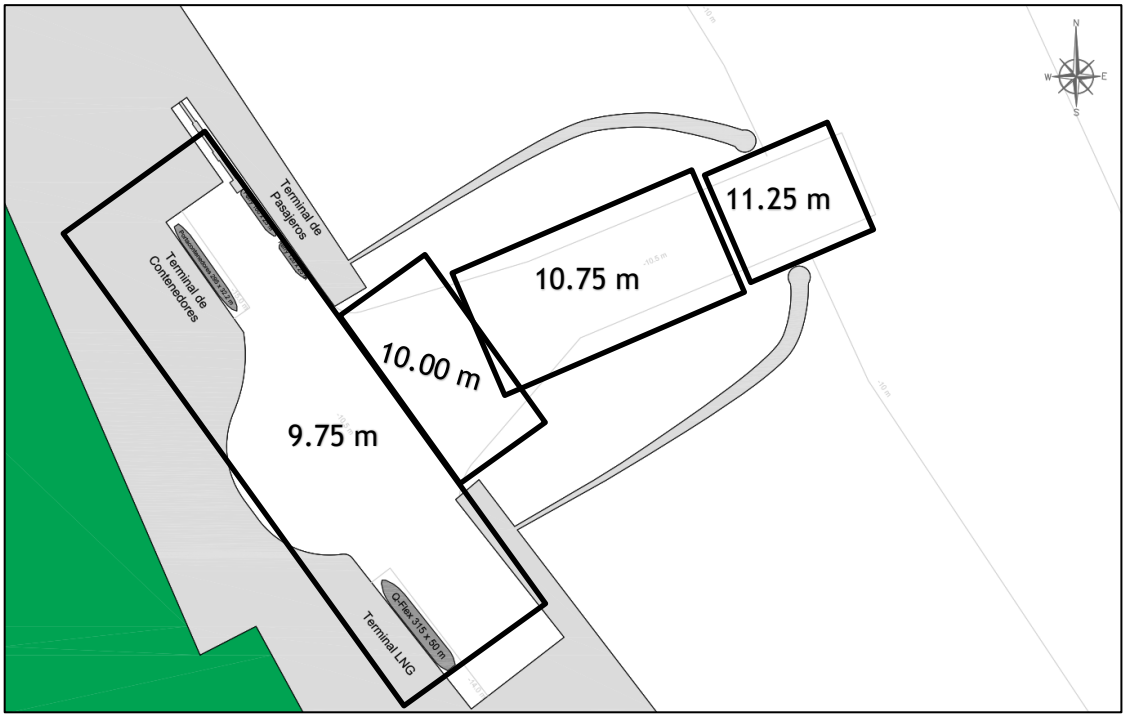


Figura 25. Zonas de navegación y profundidad mínima recomendada

6.1. Comentarios adicionales

- Dada la excedencia de los vientos **mayores de 24 nudos** (13.5%), la complejidad de las maniobras y los requerimientos de remolque **se recomienda como límite de acceso vientos de 25 nudos**. Para los vientos de 25 nudos, se podría a priori **optimizar el ancho del canal** de acceso en unos 15 metros por banda, disminuyendo su ancho de unos 250 m a 220 m.

- Es fundamental **confirmar las conclusiones** con herramientas de mayor precisión, como Simulador en Tiempo Real. Se trata de una herramienta más adecuadas para etapas posteriores de proyecto, siendo muy útil para analizar **condiciones de clima muy duras**, ya que el **factor humano** es esencial en estos casos.

- Mediante el estudio de simulación en tiempo real, se definirán con más precisión y fiabilidad los **limites operativos** y **unidades de remolque** necesarias para cada barco. También se podrán evaluar eventuales **escenarios de emergencia** (fallo de máquina, fallo de remolque, etc.).

- El estudio realizado **valida la planta analizada** y establece las **dimensiones mínimas recomendadas** a este nivel de detalle. Un análisis de **operatividad** más preciso, incluyendo la distribución estacional de vientos y oleajes, permitiría optimizar las dimensiones en planta junto con el estudio en **simulador de maniobras**. Asimismo, las **cotas de dragado** son susceptibles de reducción estableciendo un criterio detallado de entradas/salidas con la pleamar (**ventanas de acceso**) ligado a la **distribución de carreras de marea**.

Madrid, noviembre de 2022

Gerente de Departamento de Maniobras y Estudios Náuticos



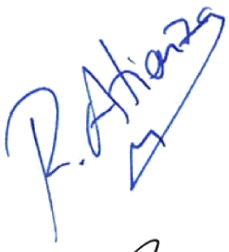
Fdo.: D. Raúl Redondo

Director de Asesoría Náutica y Programas de Entrenamiento. Capitán de la Marina Mercante



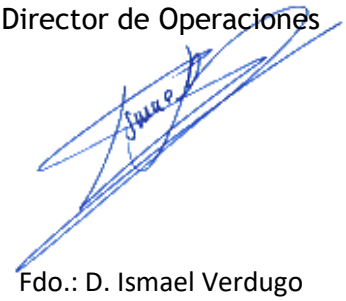
Fdo.: Cap. Carlos Cal Baudot

Director Técnico



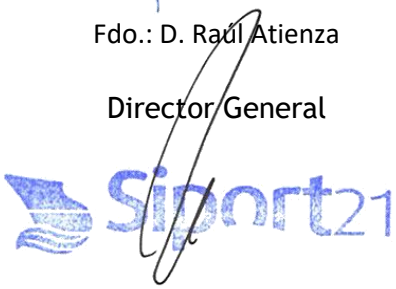
Fdo.: D. Raúl Atienza

Director de Operaciones



Fdo.: D. Ismael Verdugo

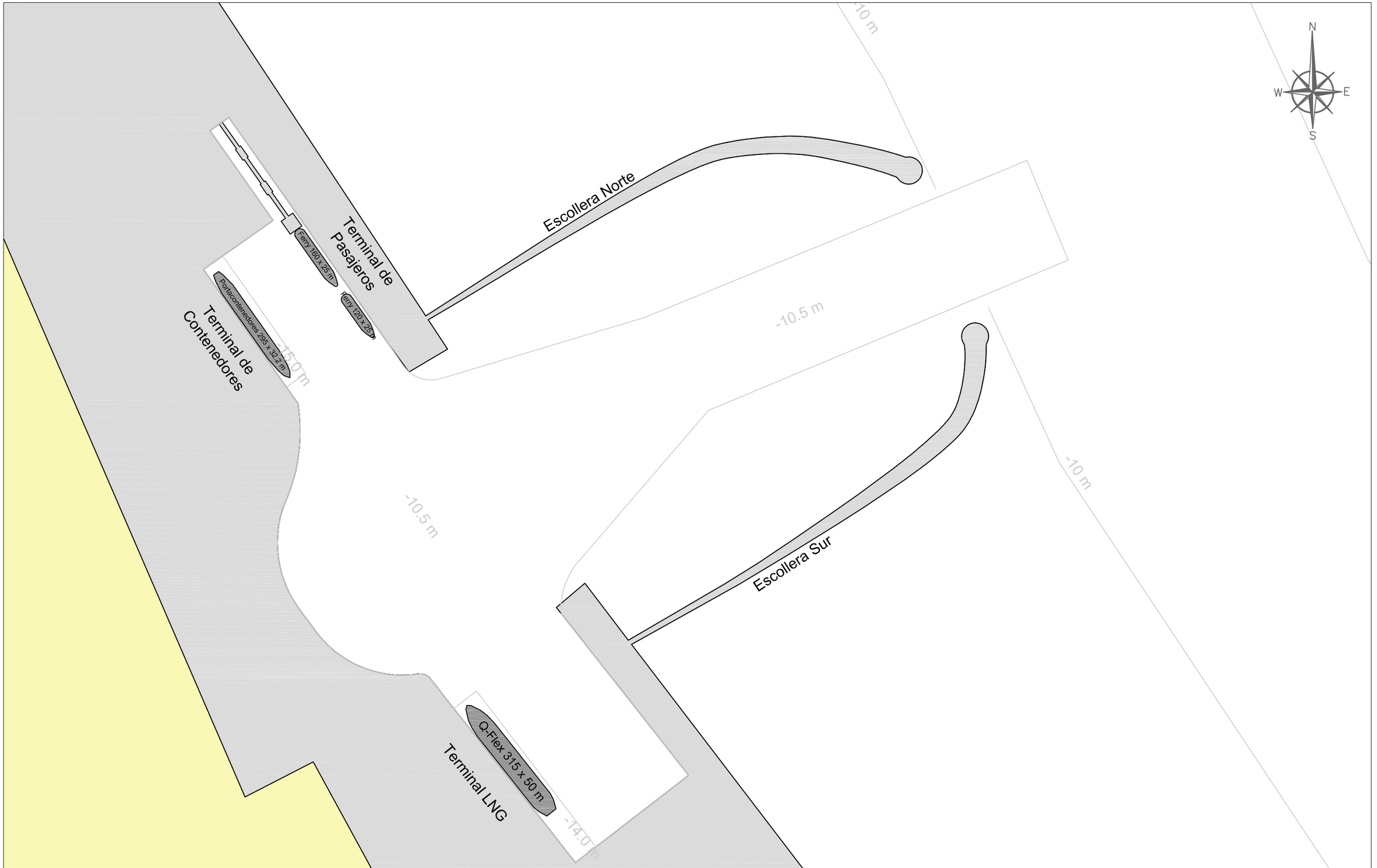
Director General



Fdo.: D. José Ramón Iribarren

ANEJO I

PLANOS



Siport21

Serman & asociados s.a. Consultora

PROYECTO:

Estudio de Viabilidad Náutica para una Terminal de Contenedores en la Zona de Río Grande, Tierra de Fuego, Argentina

PLANO:

Disposición General

HOJA:	ESCALA:	FECHA:
1/1	1:8000	Noviembre 2022

ANEJO II

CARACTERÍSTICAS DE LOS BUQUES ANALIZADOS

Gasero 315.0 m L_{TOT} x 50.0 m B

1. Características del buque

Para el buque analizado, se presenta las dimensiones y características principales junto con sus datos de propulsión y maniobra. Y a continuación los resultados de los tests de maniobrabilidad llevados a cabo en el modelo matemático. Se presentan los resultados de la maniobra de giro en aguas profundas y aguas someras, y la maniobra de parada.

Tabla 1. Características principales. Metanero 315.0 m L_{TOT}

Metanero Q-Flex 315.0 m L_{TOT}	
Eslora total	315.0 m
Eslora entre perpendiculares	303.0 m
Manga	50.0 m
Calado	
Carga	12.0 m
Lastre	9.3 m
Desplazamiento	
Carga	142 270 t
Lastre	108 340 t
Tipo de motor	Diesel
Potencia	2 x 14070 kW
Nº de propulsores	2
Revoluciones máximas	83 rpm
Velocidad de servicio	20.3 nudos
Área frontal expuesta al viento	
Carga	1550 m^2
Lastre	2 810 m^2
Área lateral expuesta al viento	
Carga	7500 m^2
Lastre	7 729 m^2

Tabla 2. Propulsión. Aguas profundas

Telégrafo	RPM	Velocidad (nudos)
Toda	83	20.3
Toda Puerto	64	15.6
Media	53	12.9
Poca	42	10.2
Mínima	30	7.5

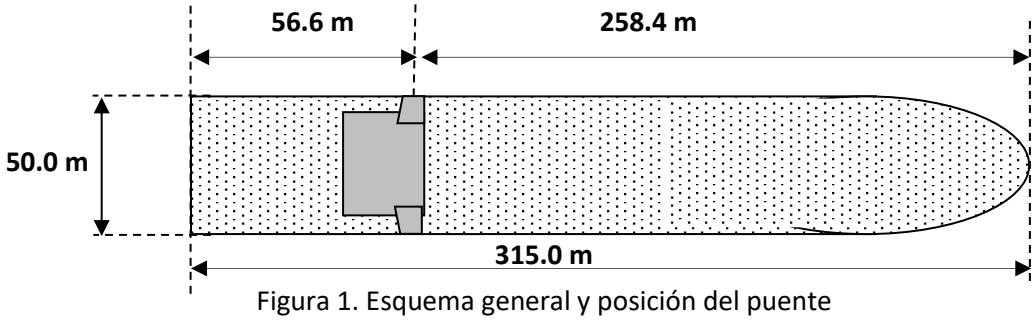


Figura 1. Esquema general y posición del puente

2. Condición T = 12.0 m

2.1. Maniobra de giro

Tabla 3. Maniobra de giro

DATOS DE ENTRADA		
	Aguas someras (h/T=1.2)	Aguas profundas (h/T=5.0)
Autopiloto	OFF	OFF
Velocidad inicial	10.3 nudos	12.9 nudos
Telégrafo	MEDIA	MEDIA
RPM	53	52.5
Timón	35º	35.0º
RESULTADOS		
	Aguas someras (h/T=1.2)	Aguas profundas (h/T=5.0)
Avance	1262 m	1111 m
Transfer	867 m	551 m
Diámetro táctico	1716 m	1132 m
Diámetro final	1564 m	605 m
T90	367 s	244 s
T180	675 s	454 s
T270	984 s	674 s
ufinal	7.7 nudos	3.6 nudos
vfinal	-0.4 nudos	-1.4 nudos
rfinal	17.5 °/min	23.8 °/min

2.2. Maniobra de parada

Tabla 4. Maniobra de parada. Aguas profundas

DATOS DE ENTRADA		
	Crash stop	Inertial stop
Autopiloto	OFF	OFF
Velocidad inicial	12.9 nudos	12.9 nudos
Telégrafo avante	MEDIA	MEDIA
RPM avante	53	53
Telégrafo atrás	TODA PUERTO	PARADA
RPM atrás	-43	0
Profundidad	1000 m	1000 m
RESULTADOS		
	Crash stop	Inertial stop
Distancia de parada	1,371 m	4,796 m
Tiempo de parada	453 s	1,197 s
Rumbo final	0.0º	360.0º
Velocidad final	0.0 nudos	5.0 nudos

3. Condición T = 9.3 m

3.1. Maniobra de giro

Tabla 5. Maniobra de giro

DATOS DE ENTRADA		
	Aguas someras (h/T=1.1)	Aguas profundas (h/T=5.0)
Autopiloto	OFF	OFF
Velocidad inicial	8.2 nudos	9.7 nudos
Telégrafo	MEDIA	MEDIA
RPM	38 rpm	38 rpm
Timón	35º	35º
RESULTADOS		
	Aguas someras (h/T=1.1)	Aguas profundas (h/T=5.0)
Avance	1158.8 m	1008.2 m
Transfer	756.1 m	466.1 m
Diámetro táctico	1496.3 m	1005.2 m
Diámetro final	1345.5 m	529.9 m
T90	421 s	295 s
T180	765 s	551 s
T270	1111 s	814 s
ufinal	5.9 knots	2.7 knots
vfinal	- 0.3 knots	- 1.3 knots
rfinal	15.6 º/min	20.3 º/min

3.2. Maniobra de parada

Tabla 6. Maniobra de parada

DATOS DE ENTRADA		
	Crash stop	Inertial stop
Autopiloto	OFF	OFF
Velocidad inicial	9.7 nudos	9.7 nudos
Telégrafo avante	MEDIA	MEDIA
RPM avante	38 rpm	38 rpm
Telégrafo atrás	FULL	STOP
RPM atrás	-83 rpm	0.0 rpm
Profundidad	1000 m	1 000 m
RESULTADOS		
	Crash stop	Inertial stop
Distancia de parada	329 m	2 372 m
Tiempo de parada	380 s	666 s
Rumbo final	0.0 º	0 º
Velocidad final	0.0 nudos	5.0 nudos

Portacontenedores 295.0 m L_{TOT} x 32.2 m B

1. Características del buque

Para el buque analizado, se presenta las dimensiones y características principales junto con sus datos de propulsión y maniobra. Y a continuación los resultados de los tests de maniobrabilidad llevados a cabo en el modelo matemático. Se presentan los resultados de la maniobra de giro en aguas profundas y aguas someras, y maniobras de parada.

Tabla 7. Características principales. Portacontenedores 295.0 m L_{TOT}

Portacontenedores de 295 m L_{TOT}	
Eslora total	294.1 m
Eslora entre perpendiculares	283.0 m
Manga	32.2 m
Calado	13.5 m
Desplazamiento	88 519 t
Tipo de motor	Diesel
Potencia	41130 kW
Nº de propulsores	1
Revoluciones máximas	104 rpm
Velocidad de servicio	24.3 nudos
Bow Thruster	1 x 2000 kW
Área frontal expuesta al viento	1108 m^2
Área lateral expuesta al viento	7240 m^2

Tabla 8. Propulsión. Aguas profundas

Telégrafo	RPM	Velocidad (nudos)
Toda	104	24.3
Toda Puerto	78	18.2
Media	57	13.3
Poca	37	8.6
Mínima	24	5.6

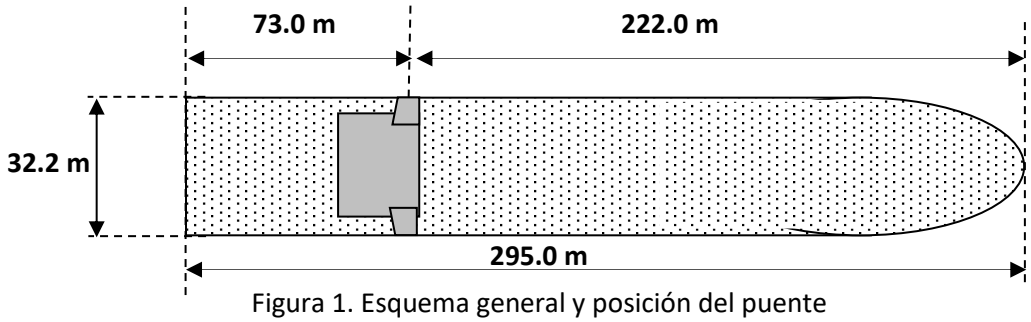


Figura 1. Esquema general y posición del puente

2. Condición T = 13.5 m

2.1. Maniobra de giro

Tabla 9. Maniobra de giro

DATOS DE ENTRADA		
	Aguas someras (h/T=1.2)	Aguas profundas (h/T=5.0)
Autopiloto	OFF	OFF
Velocidad inicial	12.2 nudos	13.3 nudos
Telégrafo	MEDIA	MEDIA
RPM	57	57.0
Timón	35º	35.0º
RESULTADOS		
	Aguas someras (h/T=1.2)	Aguas profundas (h/T=5.0)
Avance	911 m	677 m
Transfer	628 m	321 m
Diámetro táctico	1241 m	646 m
Diámetro final	1026 m	411 m
T90	255 s	146 s
T180	493 s	263 s
T270	732 s	389 s
ufinal	6.5 nudos	4.6 nudos
vfinal	-0.6 nudos	-1.4 nudos
rfinal	22.6 °/min	40.7 °/min

2.2. Maniobra de parada

Tabla 10. Maniobra de parada. Aguas profundas

DATOS DE ENTRADA		
	Crash stop	Inertial stop
Autopiloto	OFF	OFF
Velocidad inicial	13.3 nudos	13.3 nudos
Telégrafo avante	MEDIA	MEDIA
RPM avante	57	57
Telégrafo atrás	TODA PUERTO	PARADA
RPM atrás	-78	0
Profundidad	1000 m	1000 m
RESULTADOS		
	Crash stop	Inertial stop
Distancia de parada	1 452 m	3 100 m
Tiempo de parada	309 s	762 s
Rumbo final	31.1º	0.0º
Velocidad final	0.0 nudos	5.0 nudos

ANEJO III

DESCRIPCIÓN DEL MODELO SHIPMA



SHIPMA 7.4.2

MODELO NUMÉRICO DE MANIOBRA DE BUQUES CON PILOTO AUTOMÁTICO

DESARROLLADO POR

Delft Hydraulics & MARIN (Holanda)

Siport21

SHIPMA 7.4.2

Este modelo tiene como objetivo representar el comportamiento de un buque durante la maniobra, sometido a la acción del viento, el oleaje y la corriente, y auxiliado por remolcadores.

Este modelo matemático calcula la trayectoria del centro de gravedad del buque, la evolución del rumbo y las acciones del timón, la máquina y, en su caso, los remolcadores, buscando describir una trayectoria definida por el usuario. Ello permite evaluar la viabilidad de una determinada ruta de entrada o salida de puerto bajo diversas condiciones meteorológicas, orientando sobre la forma de realizar la maniobra y definiendo la necesidad, potencia y número de remolcadores a emplear. En este proceso, se toma en consideración la influencia del viento, el oleaje, la corriente y el efecto de la profundidad.

FUNDAMENTO

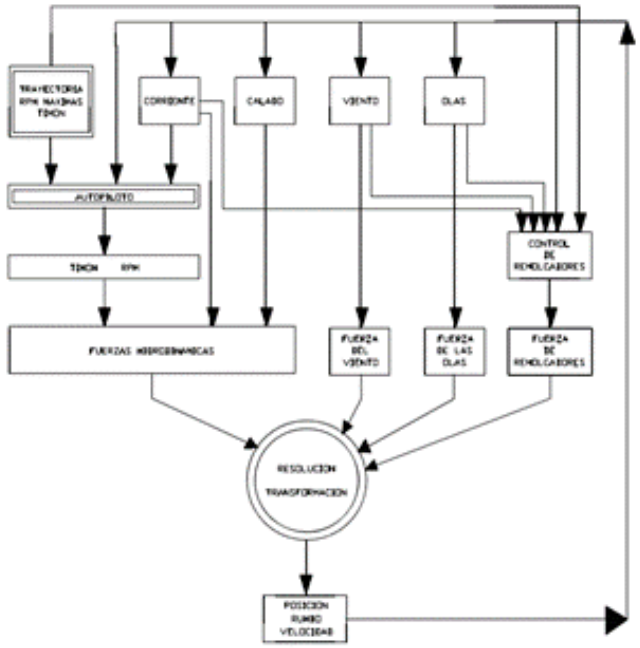
SHIPMA resuelve las ecuaciones de movimiento del buque, del tipo de Abkowitz, considerando únicamente los movimientos en el plano (avance, deriva y guiñada). Como fuerzas de excitación se consideran la acción del timón y las hélices, la fuerza debida al viento, la corriente, el oleaje y las acciones de los remolcadores. Se completan las ecuaciones con las fuerzas y momentos de reacción dependientes de las condiciones hidrodinámicas del casco.



SHIPMA es un simulador con autopiloto, que no debe confundirse con un simulador en tiempo real. Es decir, se determinan la posición inicial y la trayectoria deseada, y el sistema de piloto automático actúa sobre el timón y la máquina intentando seguir la trayectoria fijada.

.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA SHIPMA



ENTRADA DE DATOS

El modelo requiere la determinación de los siguientes datos de entrada:

- Tipo y dimensiones del buque
- Características de maniobrabilidad del buque
- Batimetría y nivel de agua
- Campo de corrientes
- Campo de viento
- Campo de oleaje
- Definición de los parámetros del piloto automático
- Definición del controlador de los remolcadores
- Trayectoria objetivo

Las características de maniobrabilidad del buque, recogidas en los coeficientes hidrodinámicos (constantes de proporcionalidad entre fuerzas y movimientos y sus derivadas), se determinan mediante ensayos con modelo físico en canal o extrapolación de datos anteriores, y se adquieren como un juego de coeficientes para cada barco. El método de medición es muy riguroso y se contrasta con los tests de maniobrabilidad habituales (círculo de evolución, maniobra de zig-zag, etc.).

El piloto automático tiene como parámetros de definición una constante de tiempo del barco y la distancia de anticipación para la corrección de la trayectoria, y puede ajustarse con varios tanteos previos.

Para la definición de los remolcadores se fijan el punto en que comienzan a actuar, su número y posición y el tiro máximo. Es de señalar que sólo actúan cuando el barco analizado se mueve a baja velocidad, y su rendimiento es inversamente proporcional a ésta.

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

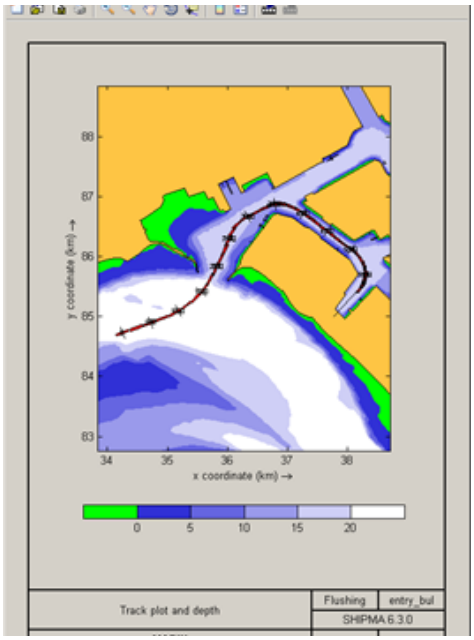
Tras llevar a cabo una simulación, el programa SHIPMA produce los siguientes resultados:

- Tablas de valores instantáneos de un gran número de variables (paso, tiempo transcurrido, distancia recorrida, separación lateral respecto a la trayectoria objetivo, error de rumbo, ángulo y velocidad de giro del timón, revoluciones del motor, componentes de velocidad y aceleración del barco, componentes de velocidad y aceleración de la corriente, fuerzas y momentos hidrodinámicos, fuerzas y momentos generados por el viento, fuerzas y momentos debidos al oleaje, órdenes a los remolcadores y fuerzas y momentos resultantes, etc.).

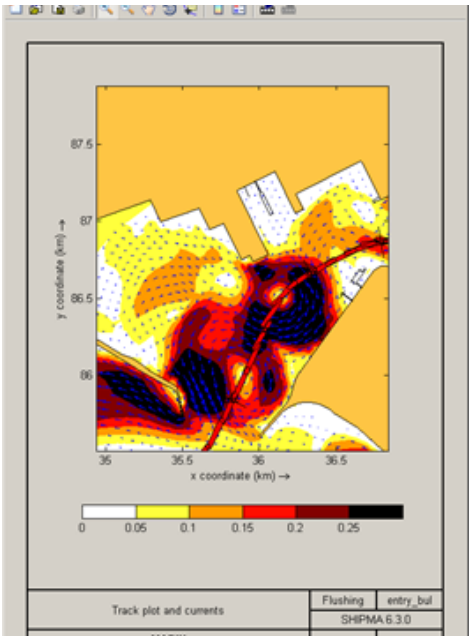
- Gráficos de valores instantáneos. Un programa auxiliar (DATAPL) produce gráficos que recogen la evolución de las diferentes variables mencionadas en función del tiempo o de la distancia recorrida. Permite superponer los valores de diferentes simulaciones.

- Gráfico de trayectoria. El programa auxiliar TRACKPL permite obtener un dibujo en planta que recoge el contorno del puerto y la trayectoria de referencia, junto con la posición del buque, su rumbo y la posición del timón a intervalos de tiempo prefijados.

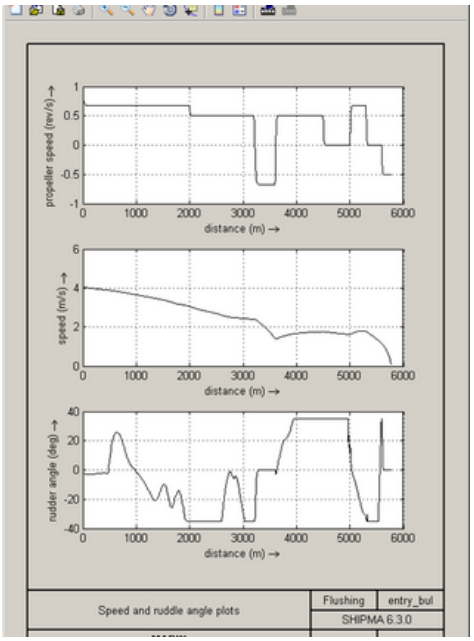
GRÁFICO DE TRAYECTORIA Y BATIMETRÍA



GRÁFICOS DE TRAYECTORIA Y MAPA DE CORRIENTES



GRÁFICOS DE VELOCIDAD, RPM DE MÁQUINA Y ÁNGULO DE TIMÓN



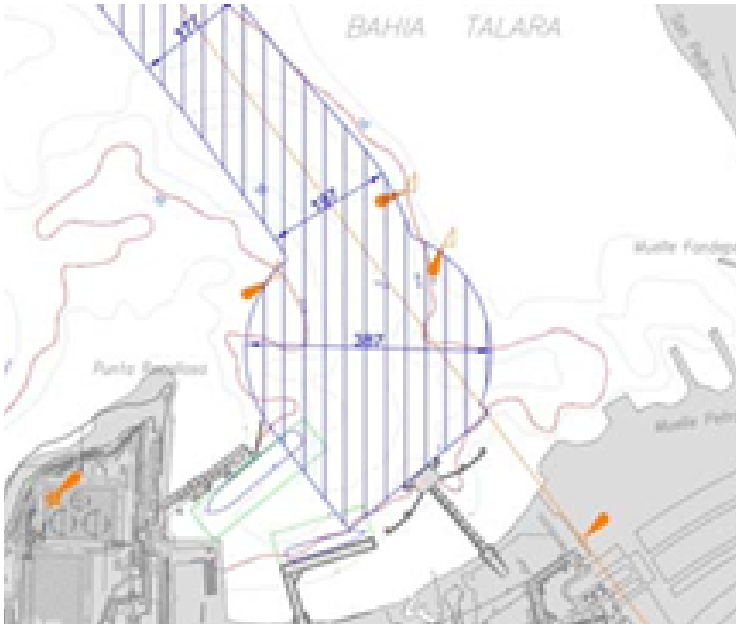
ÁREA BARRIDA. MANIOBRA DE APROXIMACIÓN CON REVIRO



ÁREA BARRIDA. MANIOBRA DE SALIDA



ÁREAS DE DISEÑO SHIPMA Y ROM 3.1-99



©2022_SiportXXI, S.L.

ANEJO IV

GRÁFICOS DE TRAYECTORIA Y DE VARIABLES DE MANIOBRA

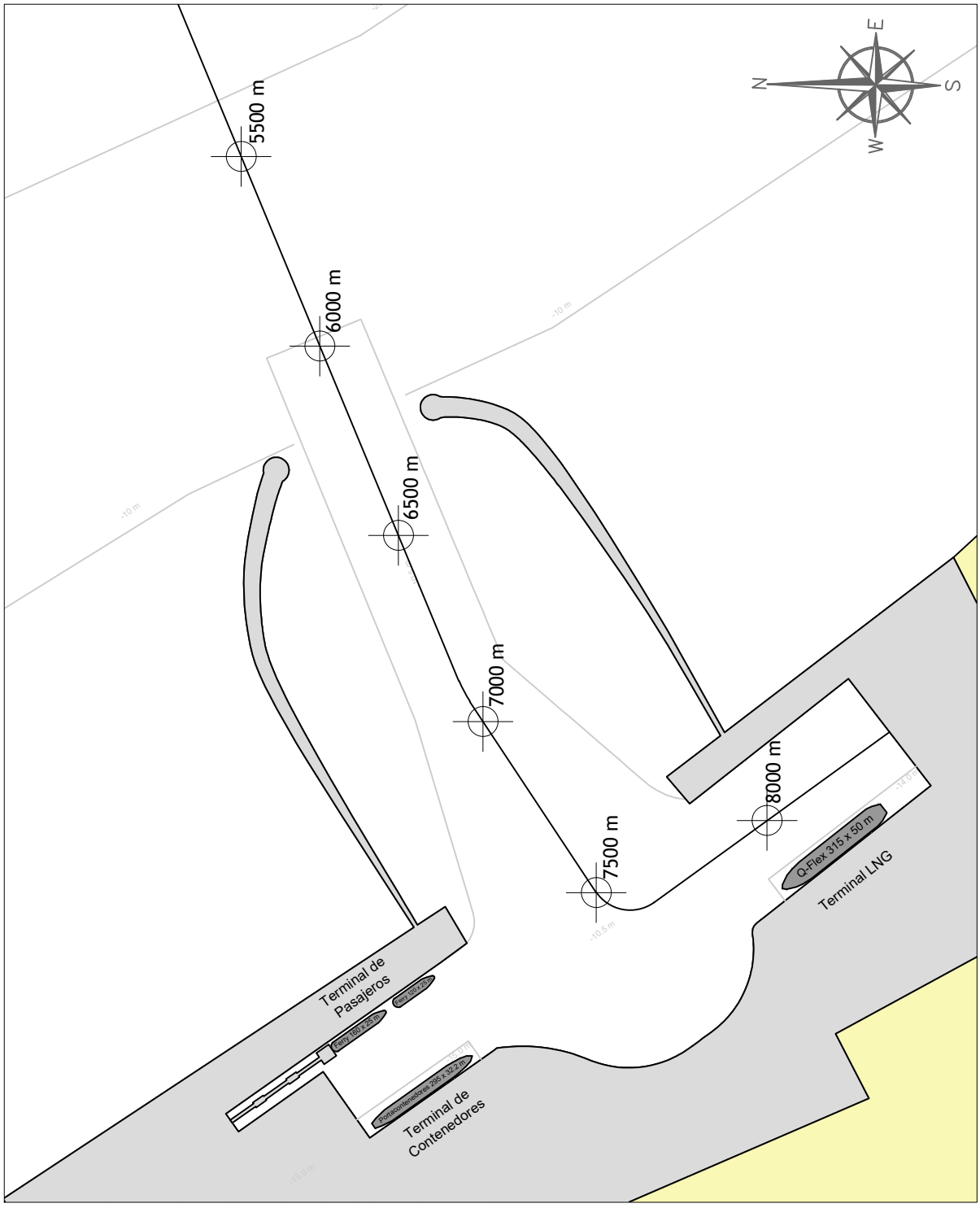
En este Anejo se recoge para cada maniobra la siguiente información:

- **Gráficos de Trayectoria:** con el contorno del puerto, batimetría, trayectoria de referencia con marcas de distancia cada 500 m, y la posición del buque a intervalos de un minuto.
- **Gráficos de series temporales** de las siguientes variables relacionadas con el buque: velocidad (nudos); máquina (%); timón (º); hélice de maniobra (%); velocidad de guiñada (º/min); rumbo (º); componentes de la velocidad (nudos); y fuerzas (t) y momento (t*m) de los remolcadores.

La siguiente tabla muestra las maniobras realizadas:

Tabla 1. Maniobras analizadas

Buque	Maniobra	Viento	Oleaje	Corriente	Run
Q-Flex 315 x 50 x 9.3 m	Entrada	SW 30 n	ENE 1.5 m - 11 s	NW 0.3 m/s	03
		SW 25 n	ENE 1.5 m - 11 s	NW 0.3 m/s	07
		W 30 n	NE 2.0 m - 11 s	SE 0.4 m/s	02
		NW 30 n	NE 2.0 m - 11 s	SE 0.4 m/s	01
Q-Flex 315 x 50 x 12.0 m	Salida	NW 30 n	NE 2.0 m - 11 s	SE 0.4 m/s	04
		W 30 n	NE 2.0 m - 11 s	SE 0.4 m/s	05
		SW 30 n	ENE 1.5 m - 11 s	NW 0.3 m/s	06
Portacontenedores 295 x 32.2 x 13.5 m	Entrada	SW 30 n	ENE 1.5 m - 11 s	NW 0.3 m/s	08
		SW 25 n	ENE 1.5 m - 11 s	NW 0.3 m/s	11
		NW 30 n	NE 2.0 m - 11 s	SE 0.4 m/s	09
	Salida	NW 30 n	NE 2.0 m - 11 s	SE 0.4 m/s	10



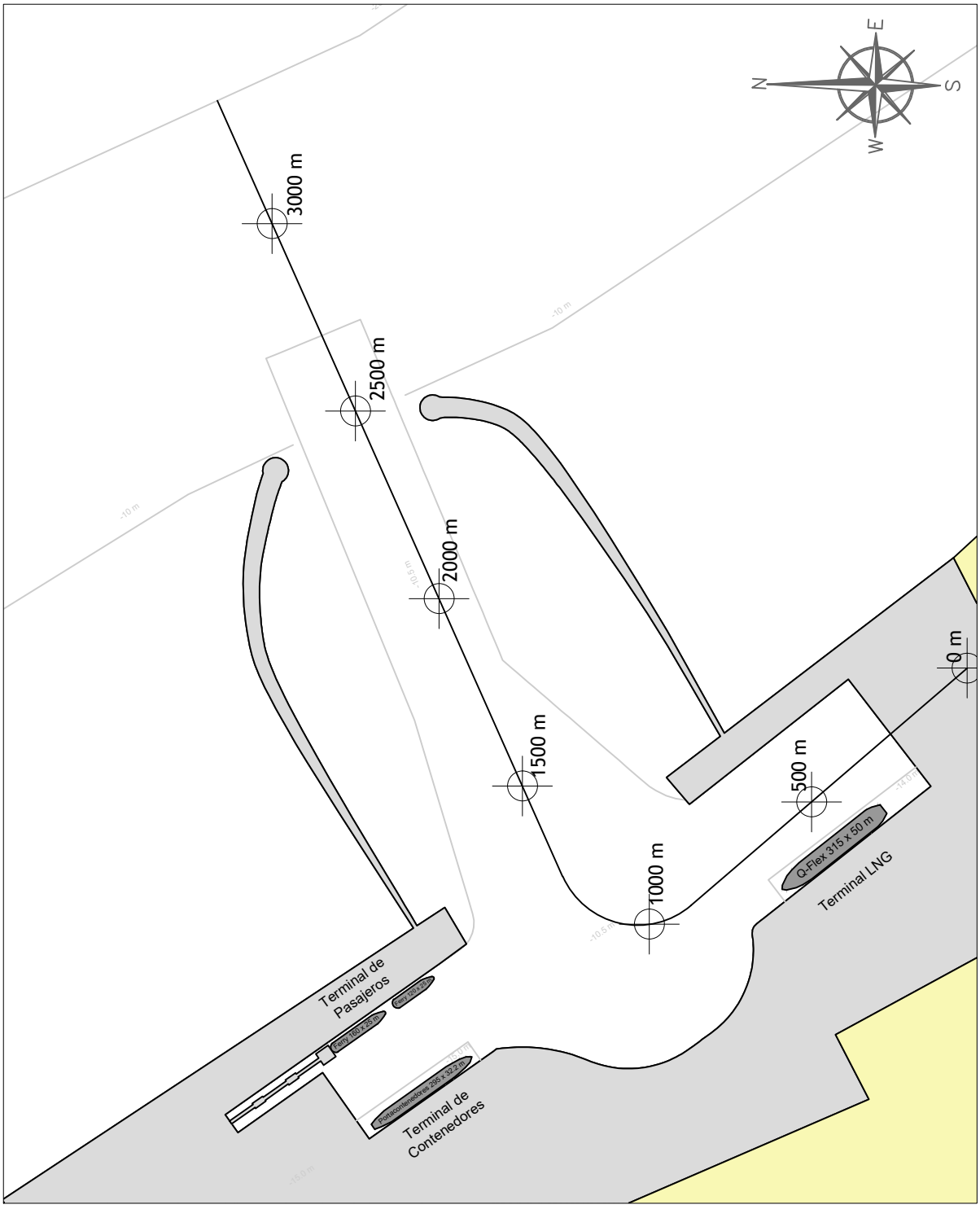
Q-Flex 315x50x9.3 m. Entrada

Trayectoria Base

Escala: 1/15 000

2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Siport21



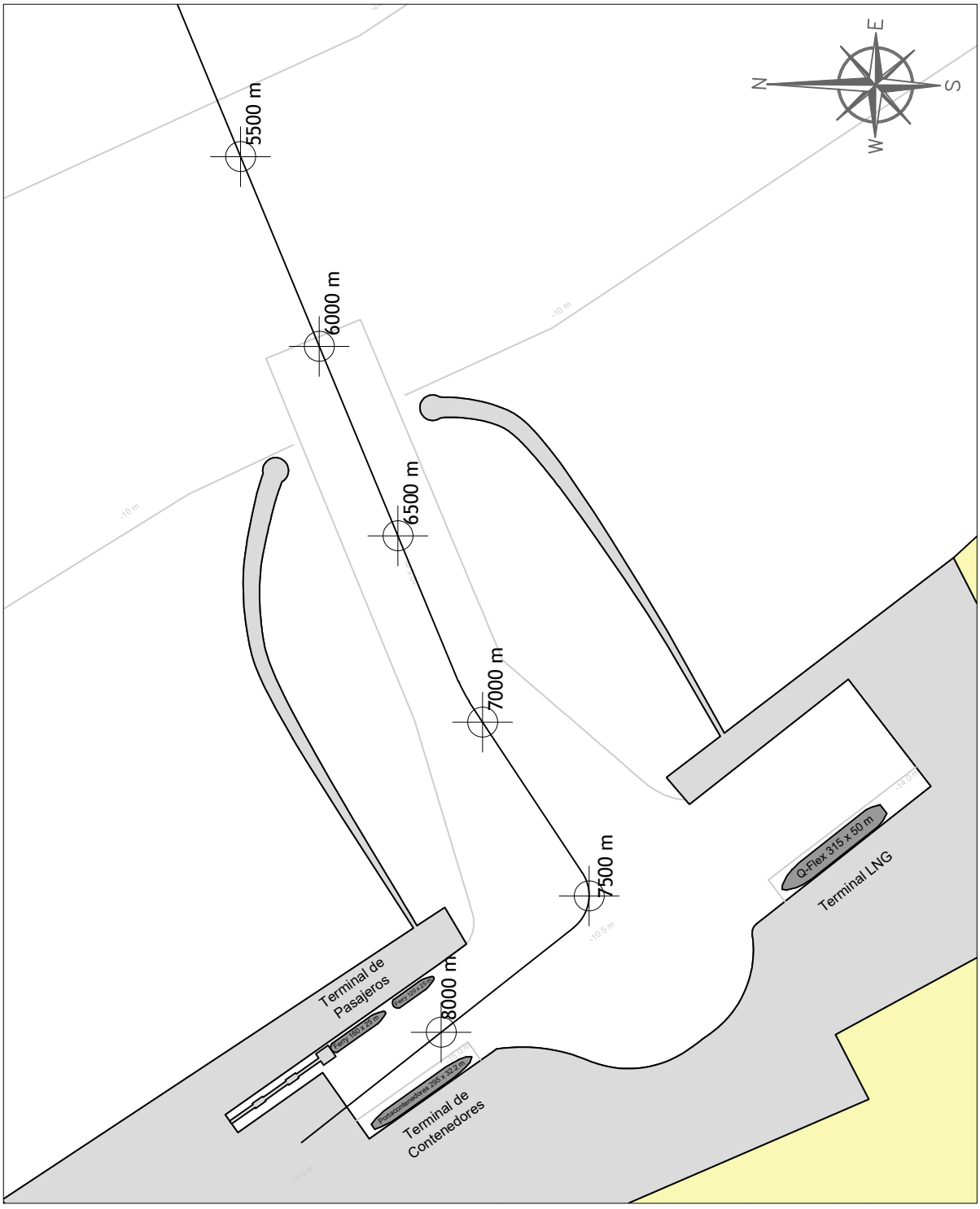
Q-Flex 315x50x12.0 m. Salida

Trayectoria Base

Escala: 1/15 000

2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Siport21



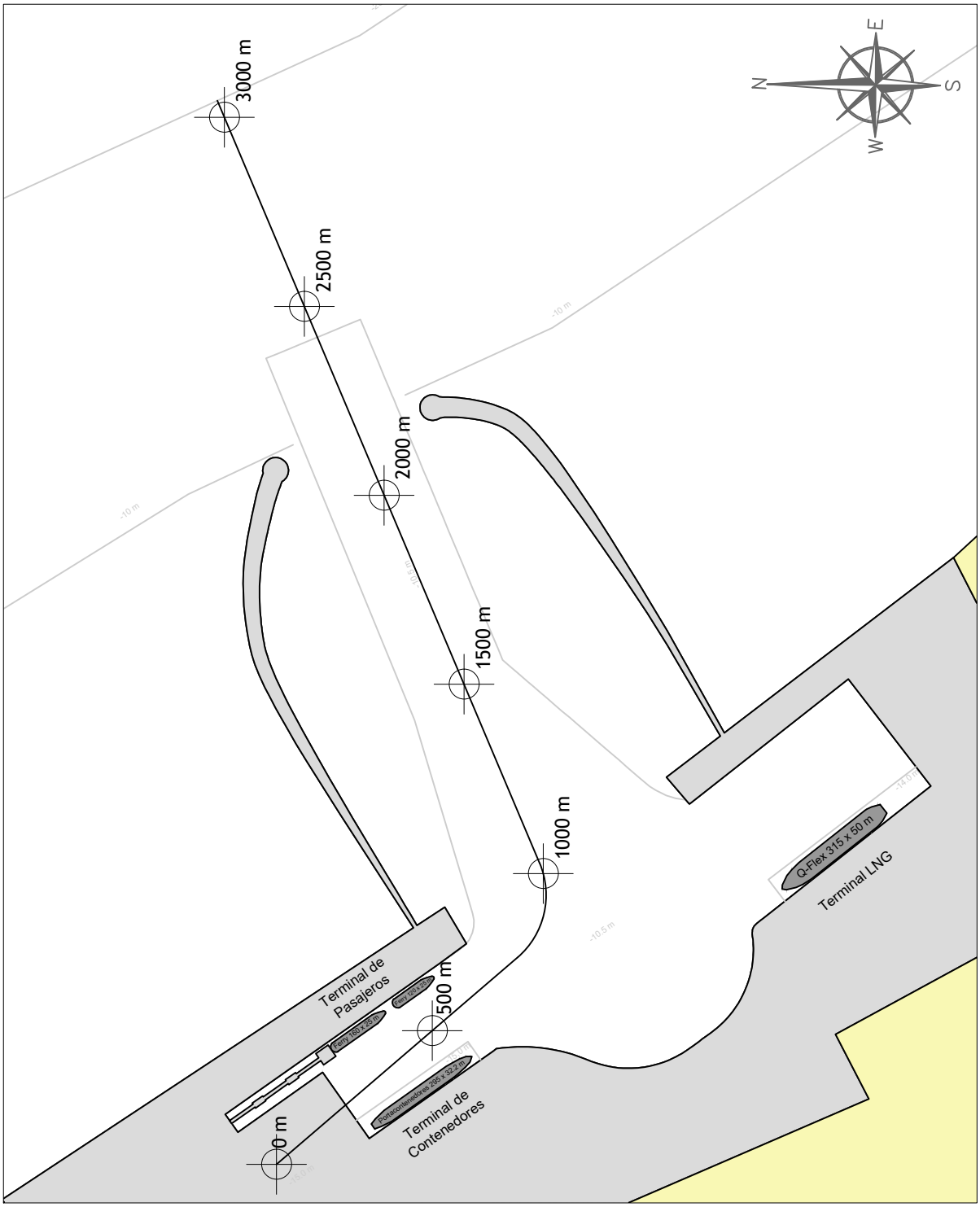
Portacontenedores 295x32.3x13.5 m. Entrada

Trayectoria Base

Escala: 1/15 000

2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Siport21



Portacontenedores 295x32.3x13.5 m. Salida

Trayectoria Base

Escala: 1/15 000

2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Siport21

Run: 01

Q-Flex 315x50x9.3 m. Entrada

Viento: NW 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s;
Corriente: SE 0.4 m/s

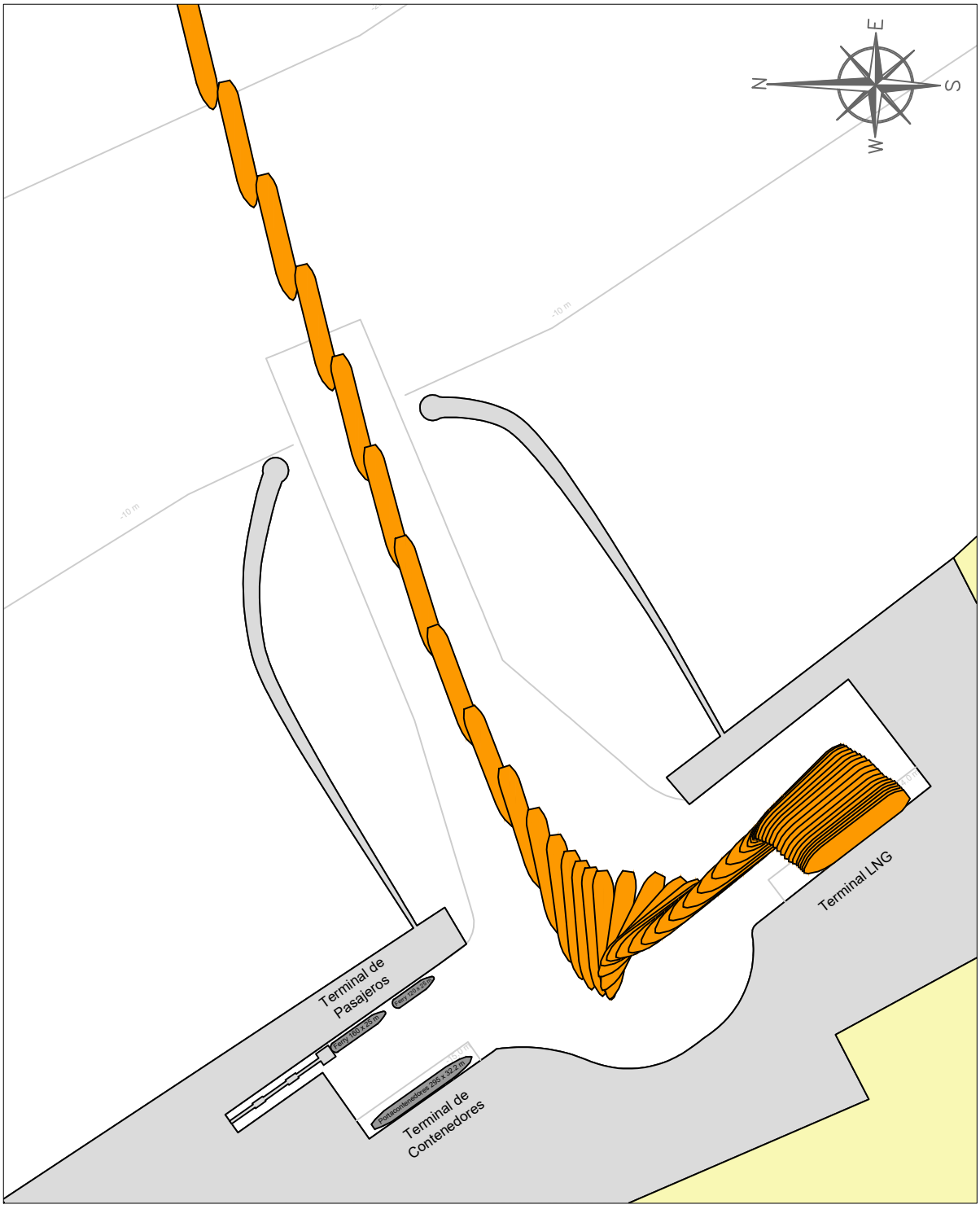


Figura: Trk-1 Q-Flex 315x50x9.3 m. Entrada Viento: NW 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s	Trayectoria Intervalo de dibujo: 60s Escala: 1/15 000
2022165_Argentina_Tierra_Fuego Run 1	Siport21

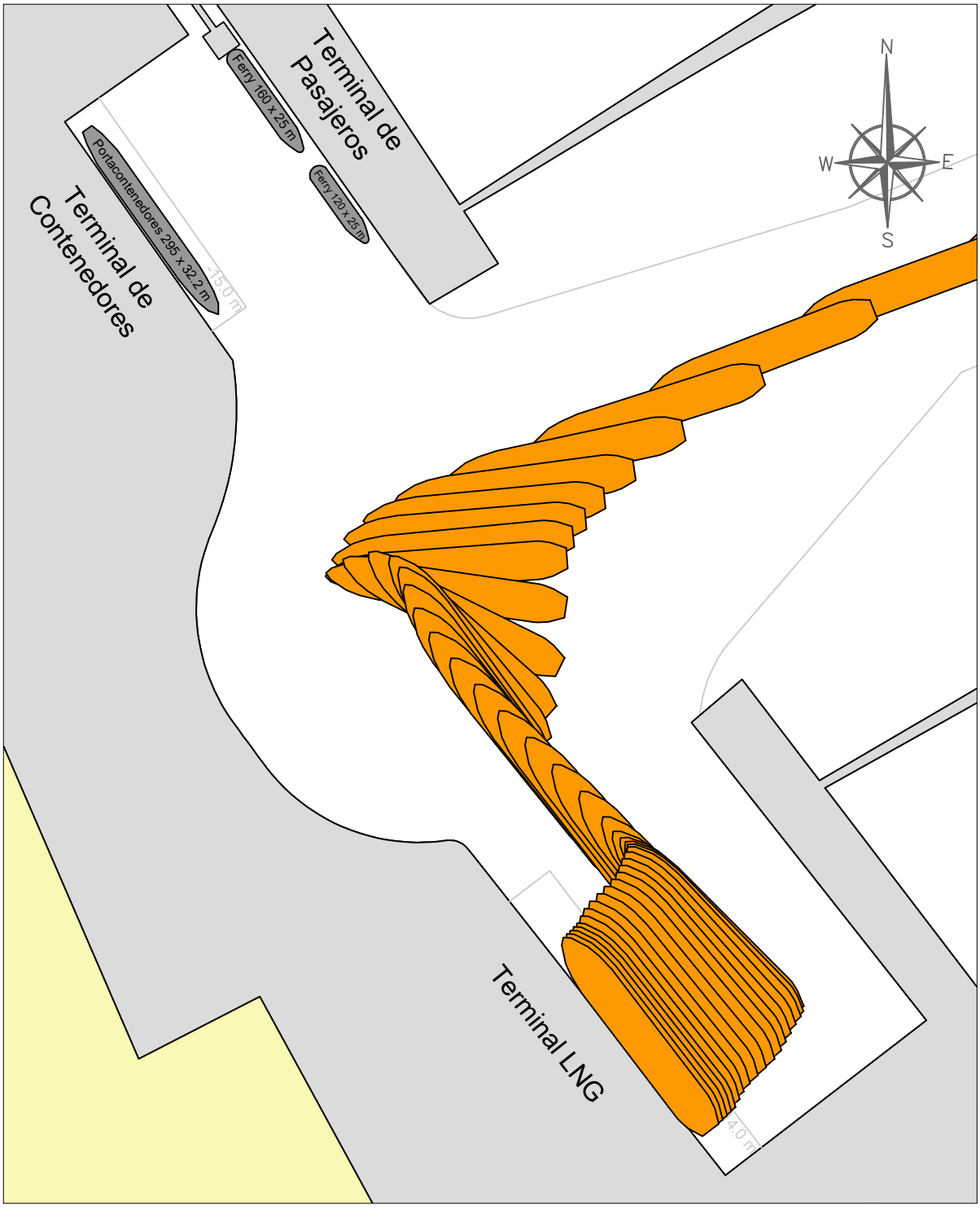
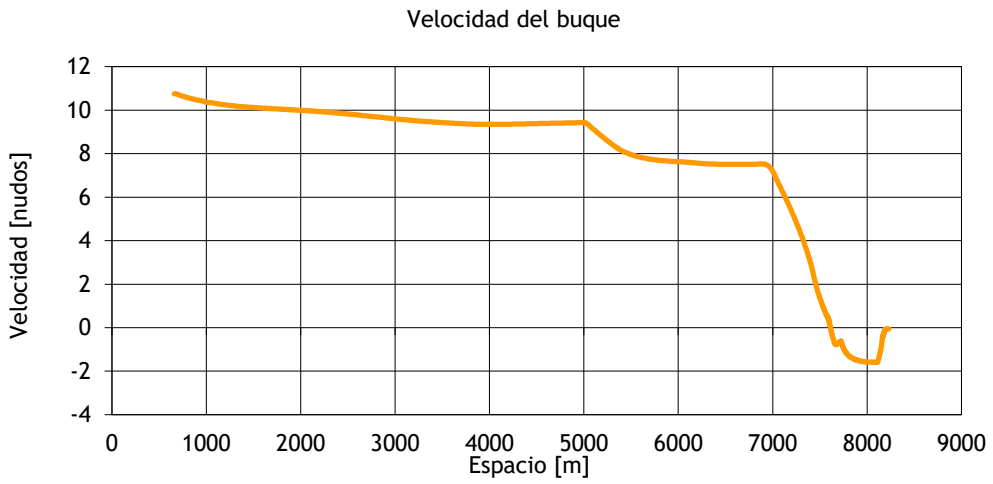
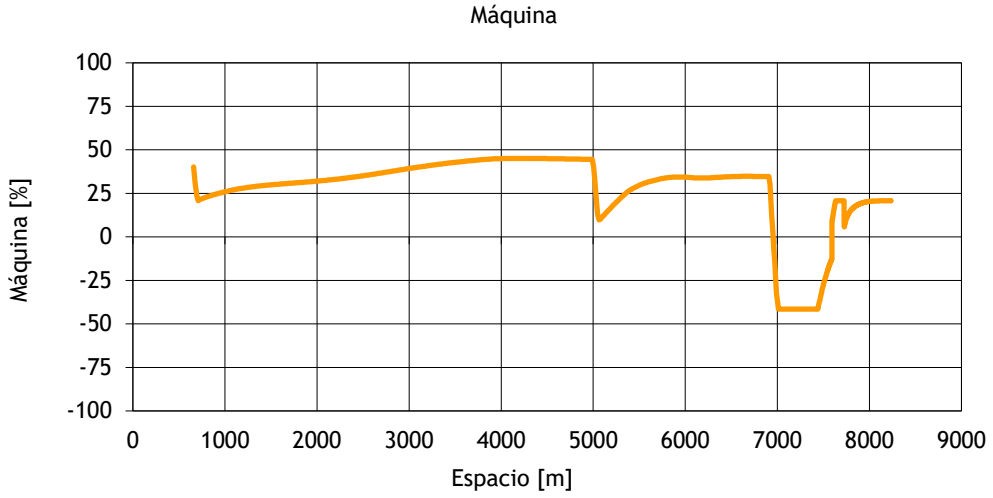
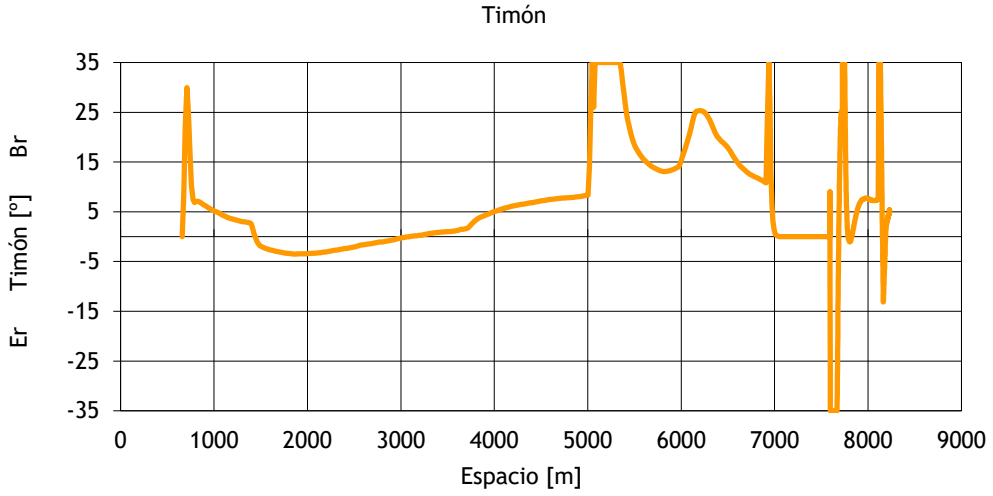


Figura: Trk-1 Q-Flex 315x50x9.3 m. Entrada Viento: NW 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s	Trayectoria Intervalo de dibujo: 60s Escala: 1/8 000
2022165_Argentina_Tierra_Fuego Run 1	Siport21







2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Q-Flex 315x50x9.3 m. Entrada

Viento: NW 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s

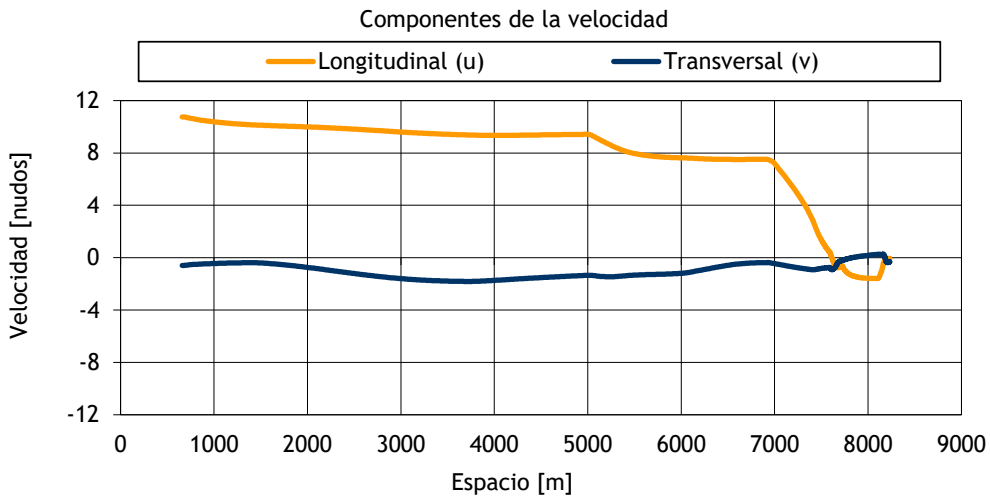
Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)

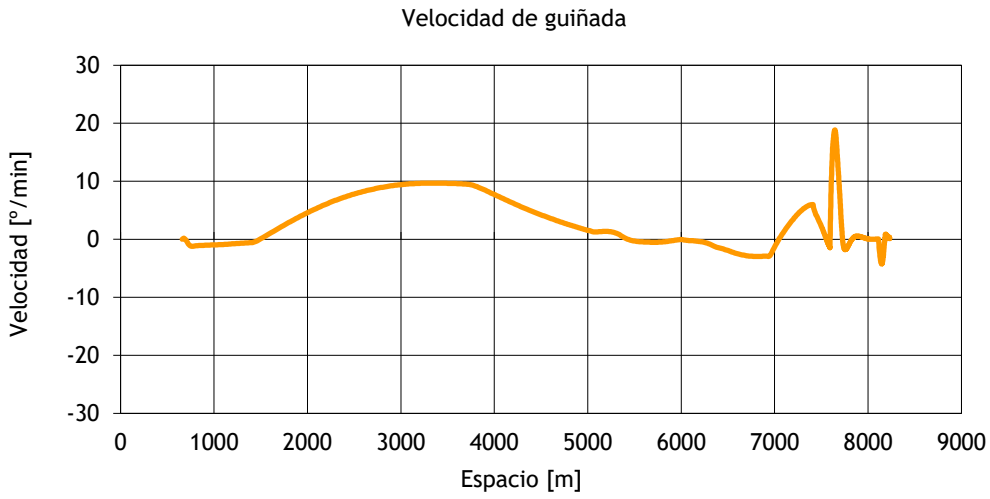
Velocidad, máquina y timón

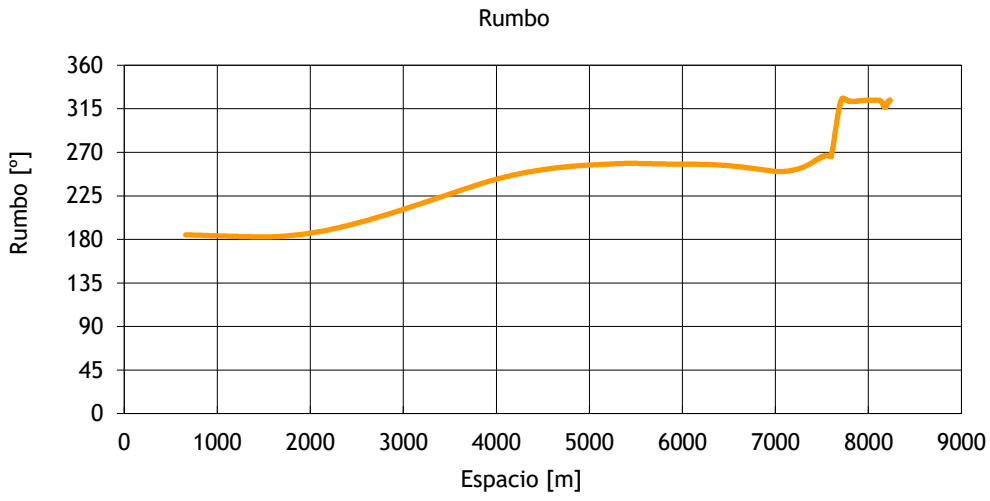
Siport21

D-1

Gráfico 1







2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Q-Flex 315x50x9.3 m. Entrada

Viento: NW 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s

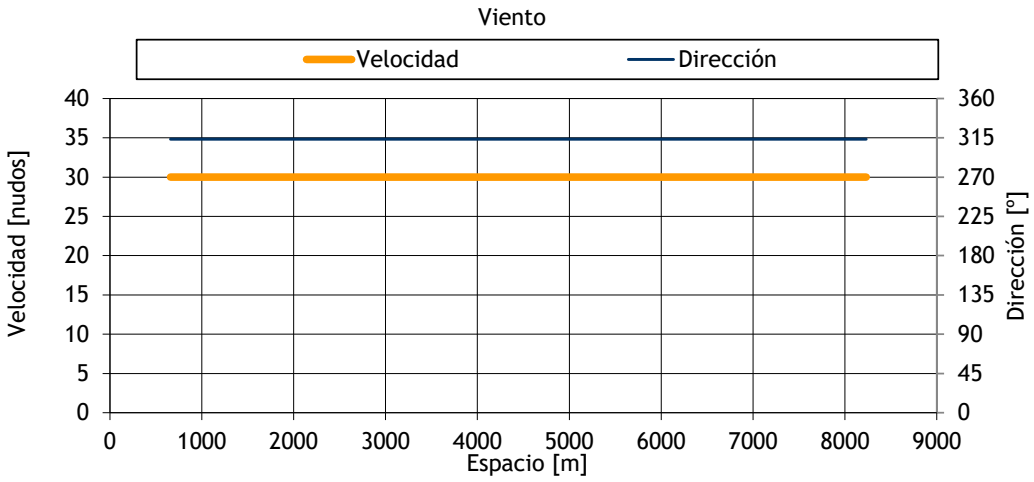
Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)

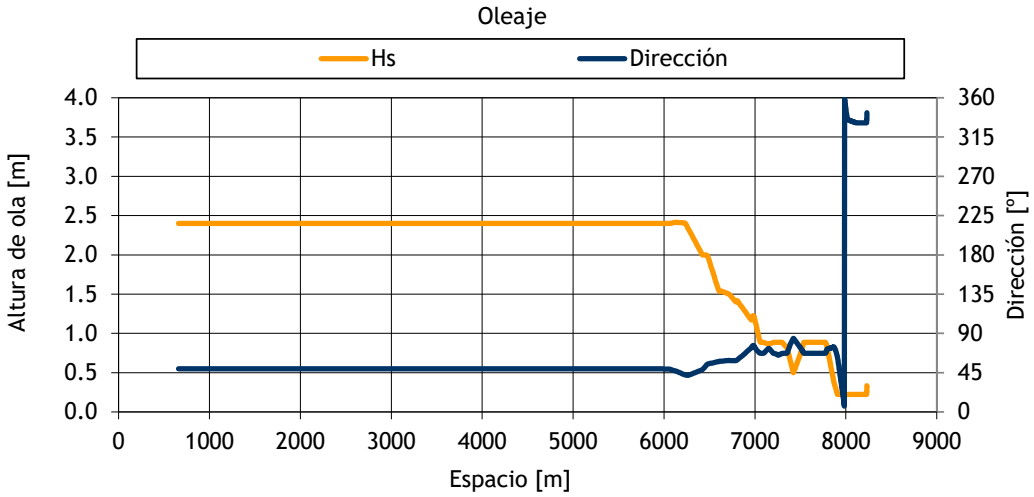
Componentes de la velocidad, velocidad de guiñada y rumbo

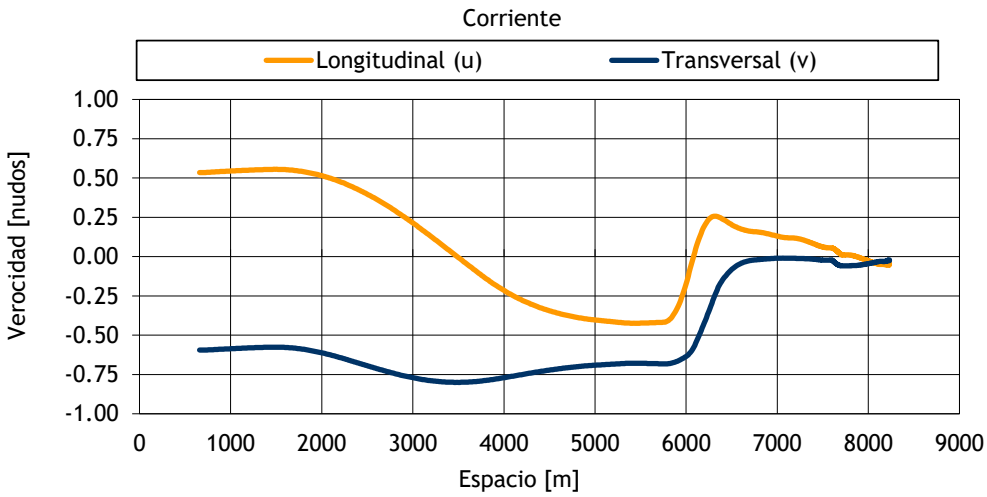
Siport21

D-1

Gráfico 2







2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Q-Flex 315x50x9.3 m. Entrada

Viento: NW 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s

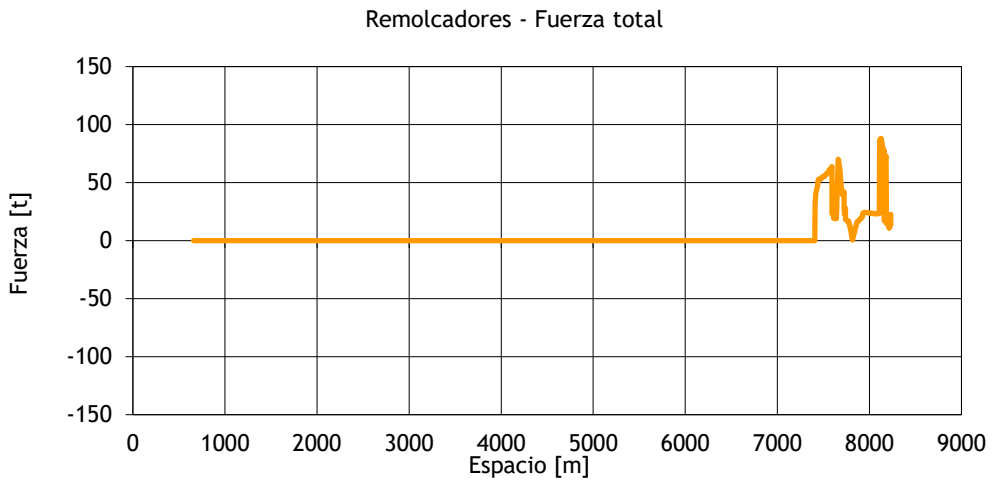
Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)

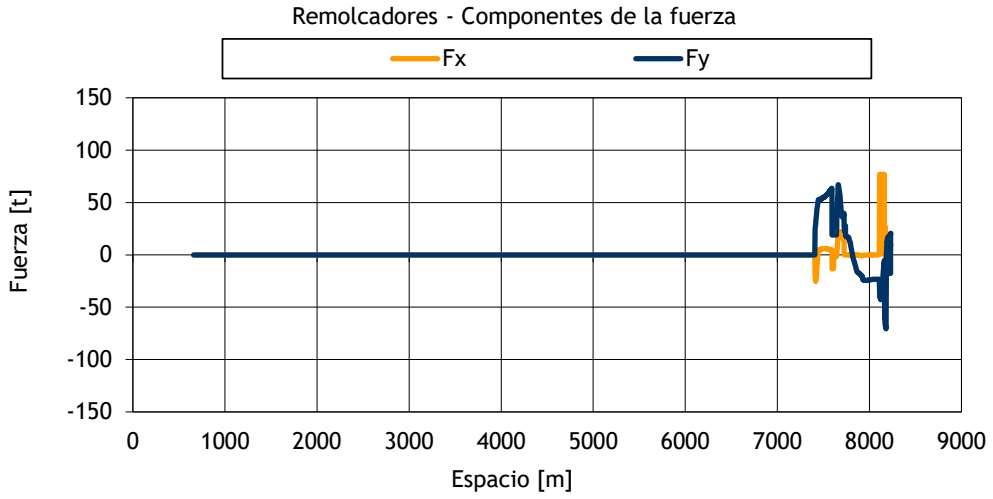
Condiciones climáticas

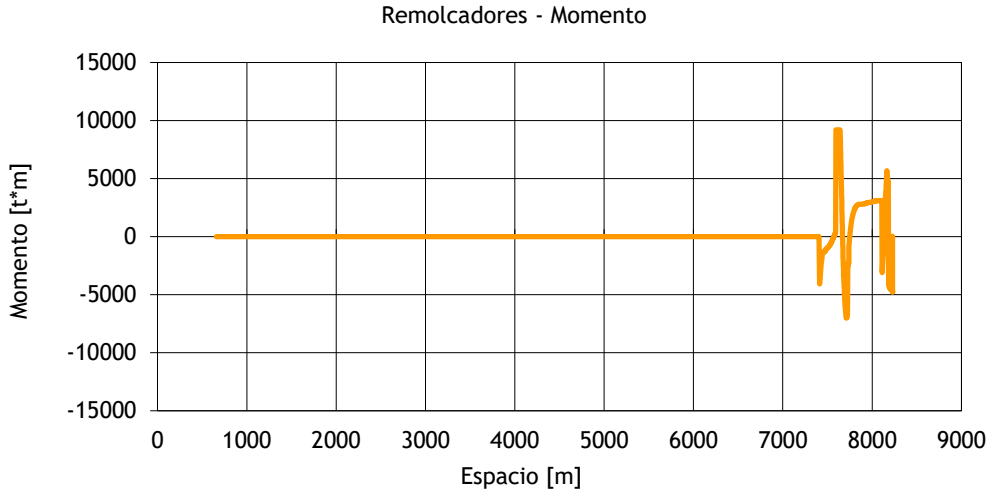
Siport21

D-1

Gráfico 3







2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Q-Flex 315x50x9.3 m. Entrada

Viento: NW 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s

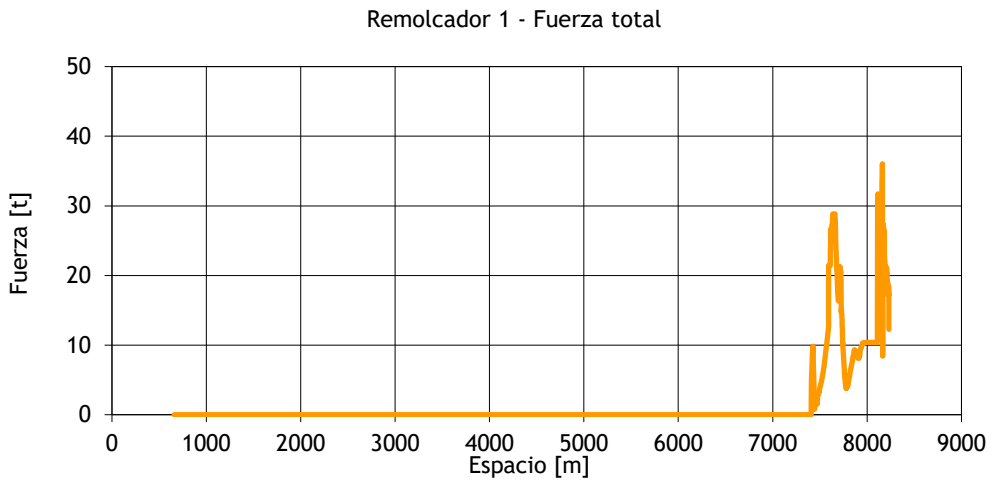
Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)

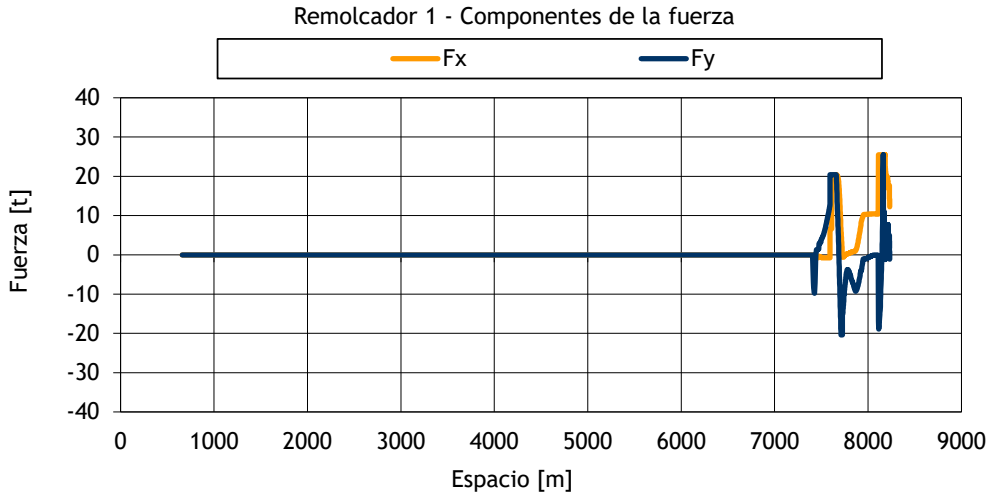
Fuerzas y momento de los remolcadores

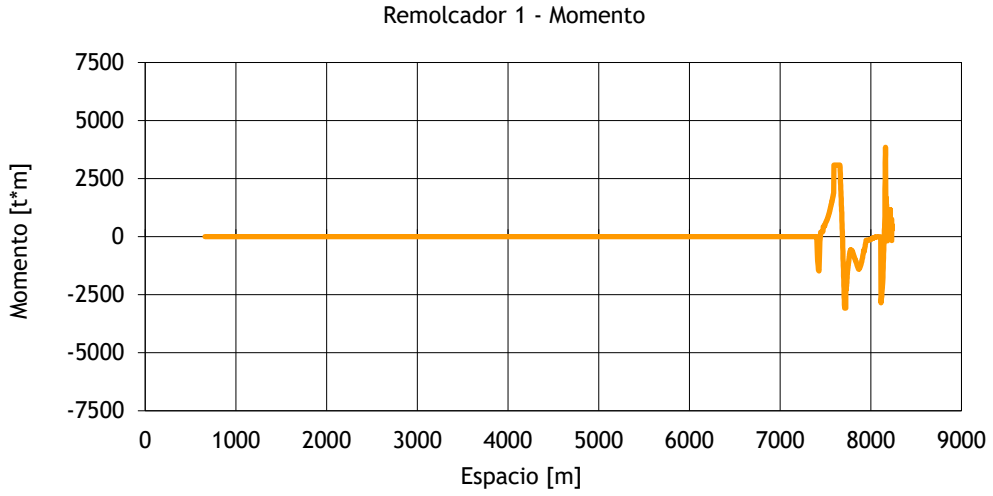
Siport21

D-1

Gráfico 4







2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Q-Flex 315x50x9.3 m. Entrada

Viento: NW 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s

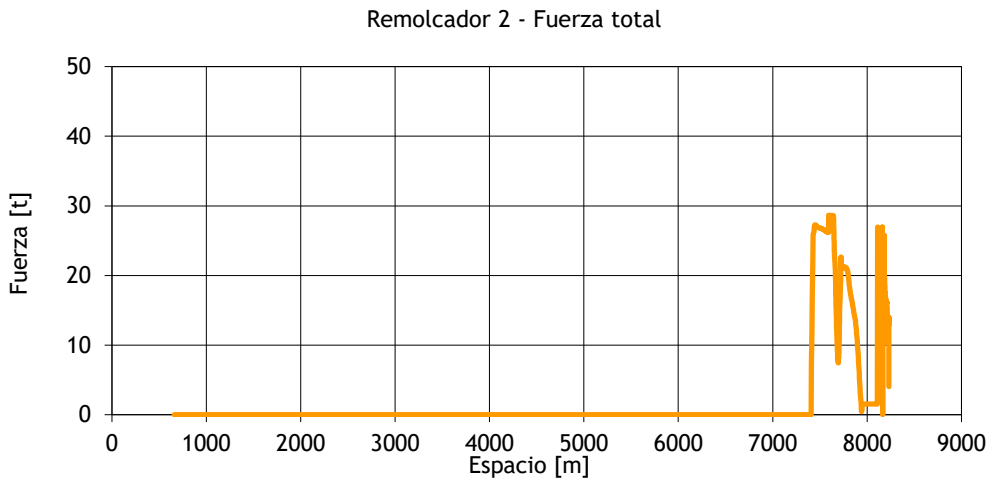
Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)

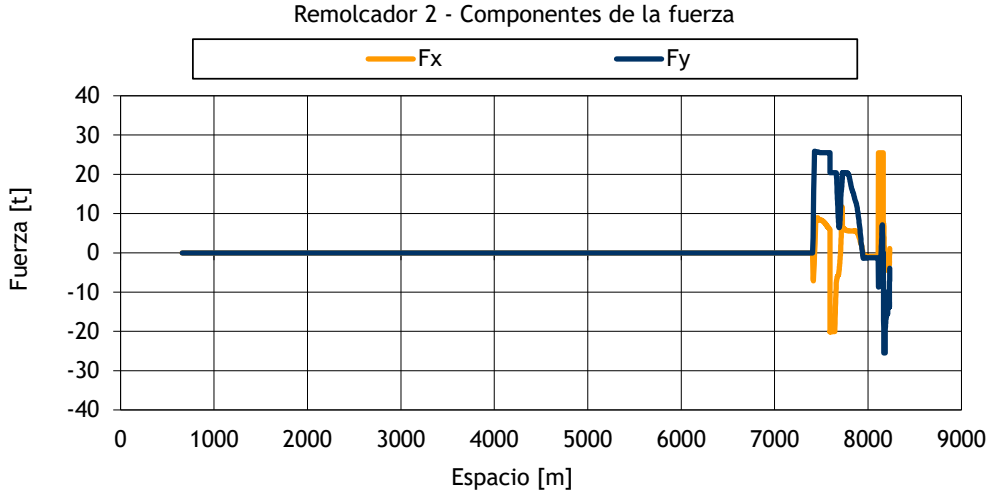
Remolcador de proa

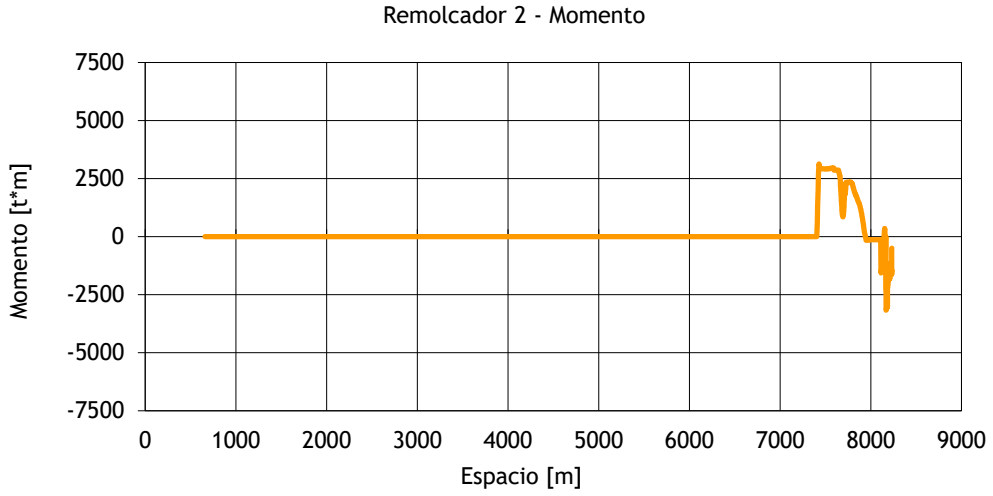
Siport21

D-1

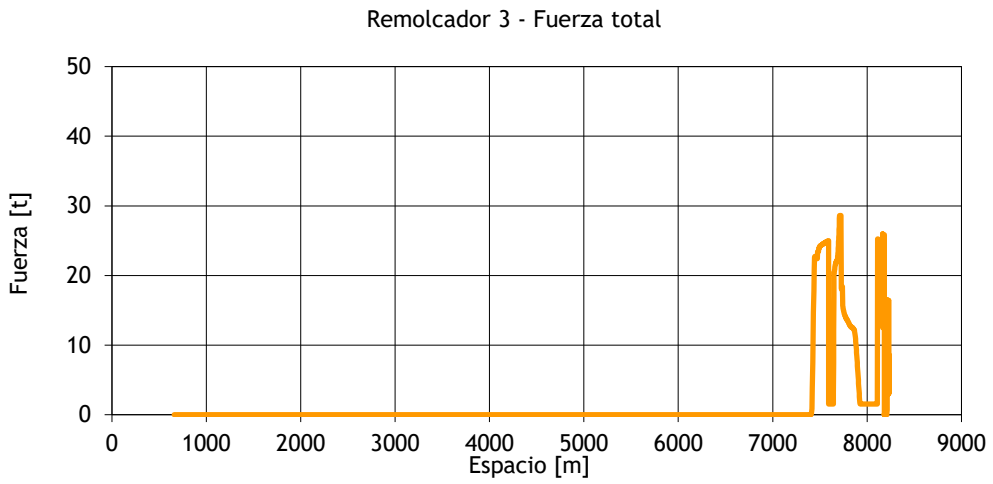
Gráfico 5

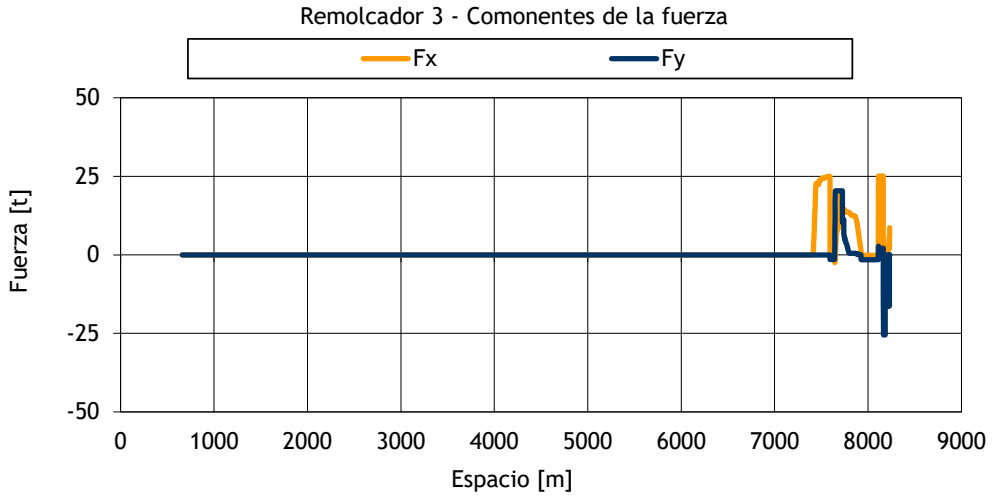


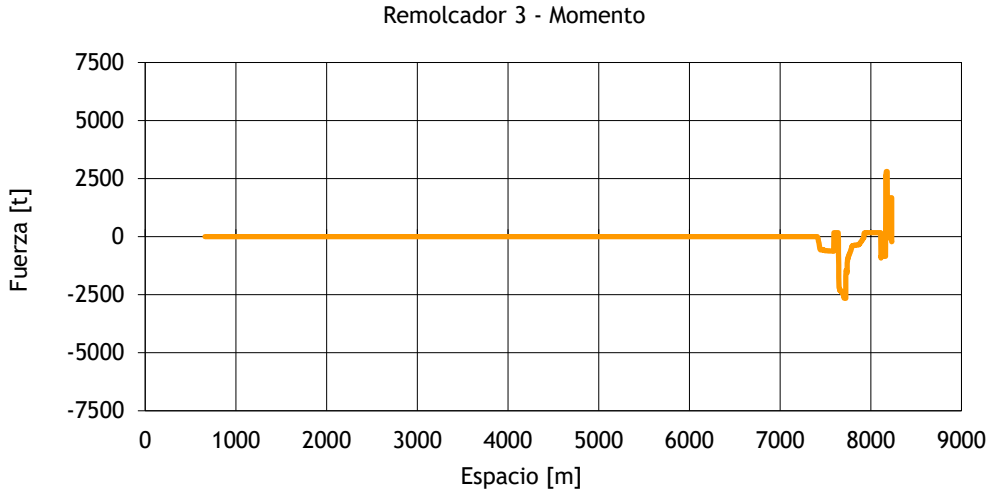




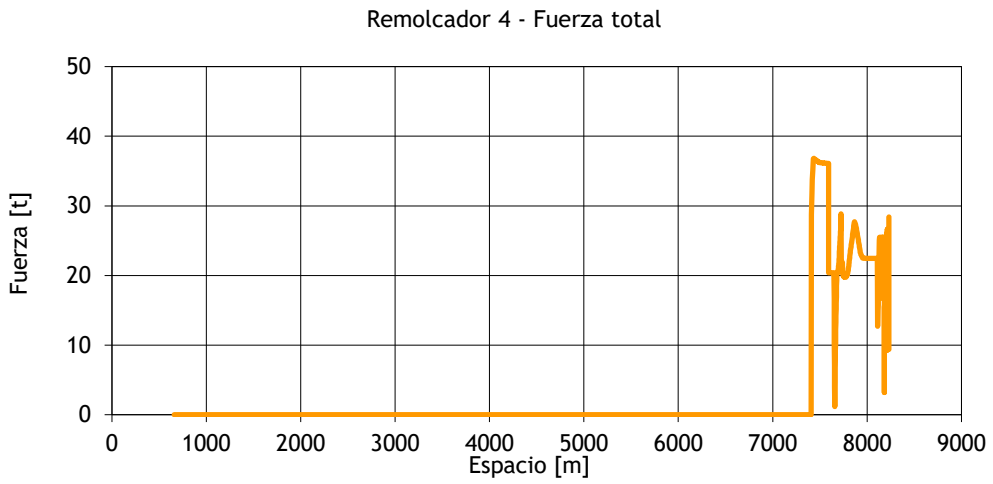
2022165_Argentina_Tierra_Fuego **Q-Flex 315x50x9.3 m. Entrada** Viento: NW 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s **Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)**	Remolcador de amura estribor
Siport21	D-1 Gráfico 6

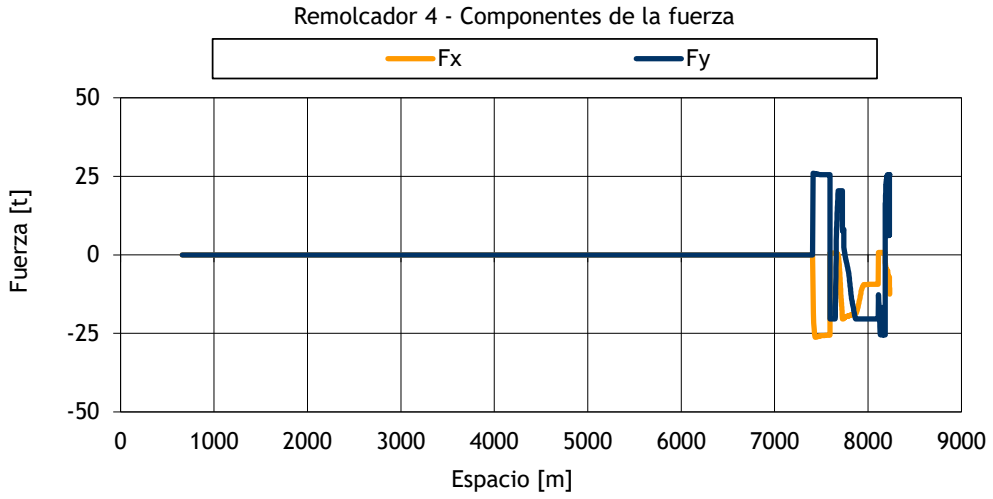


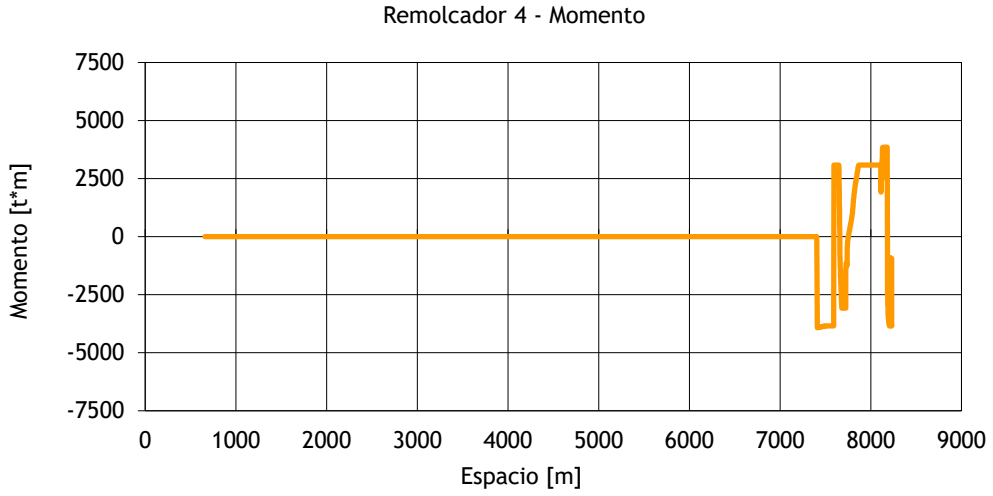




2022165_Argentina_Tierra_Fuego **Q-Flex 315x50x9.3 m. Entrada** Viento: NW 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s **Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)**	Remolcador de aleta estribor
Siport21	D-1 Gráfico 7







2022165_Argentina_Tierra_Fuego **Q-Flex 315x50x9.3 m. Entrada** Viento: NW 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s **Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)**	Remolcador de popa
Siport21	D-1 Gráfico 8

Run: 02

Q-Flex 315x50x9.3 m. Entrada

Viento: W 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s

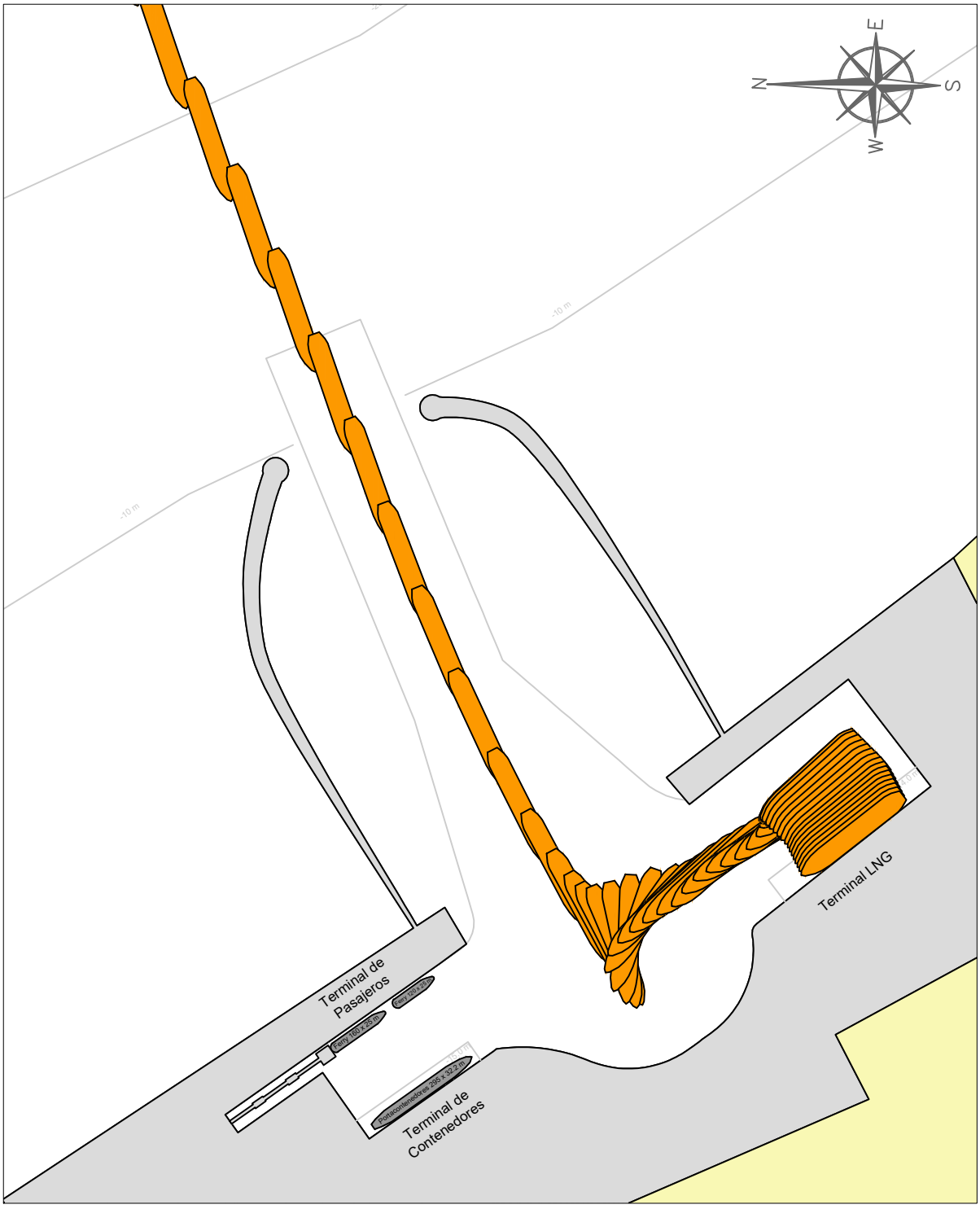


Figura: Trk-2 Q-Flex 315x50x9.3 m. Entrada Viento: W 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s	Trayectoria Intervalo de dibujo: 60s Escala: 1/15 000
2022165_Argentina_Tierra_Fuego Run 2	Siport21

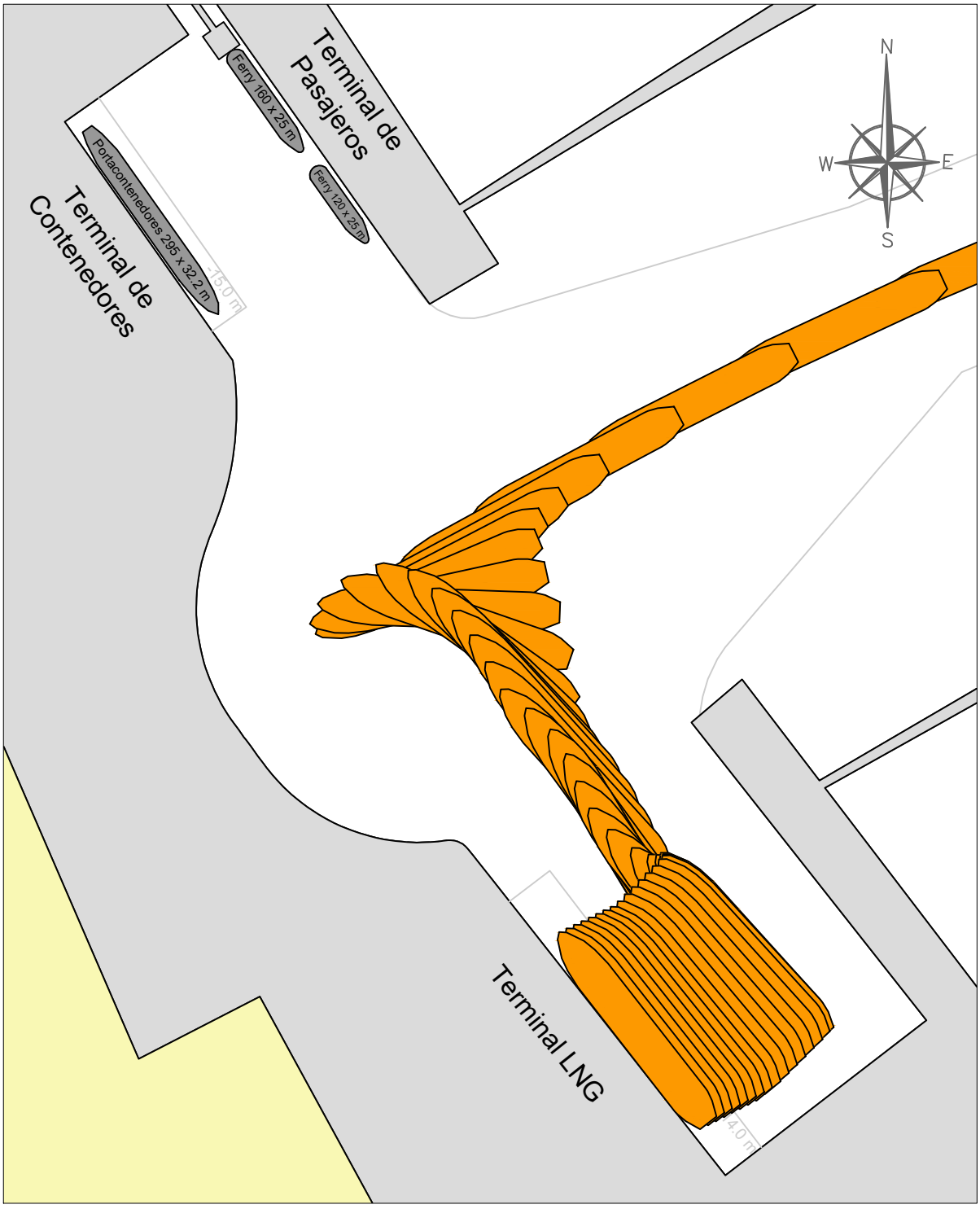
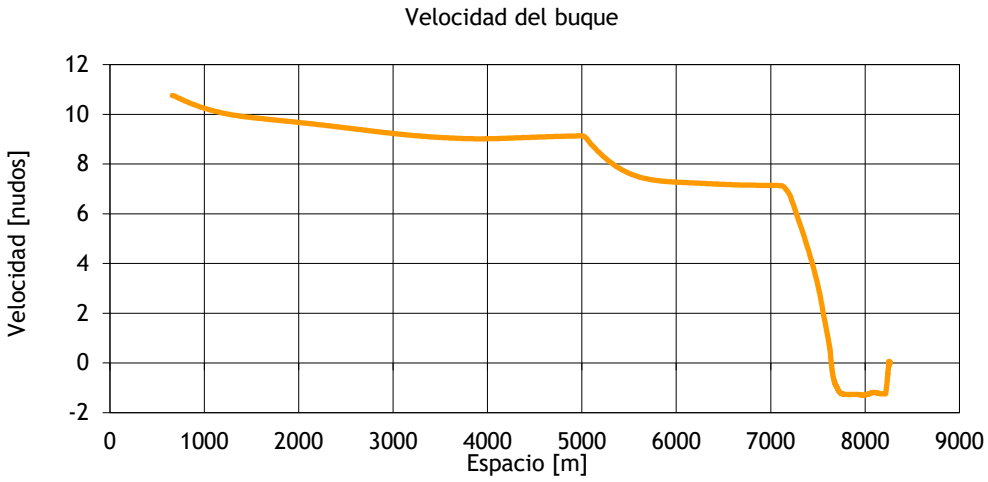
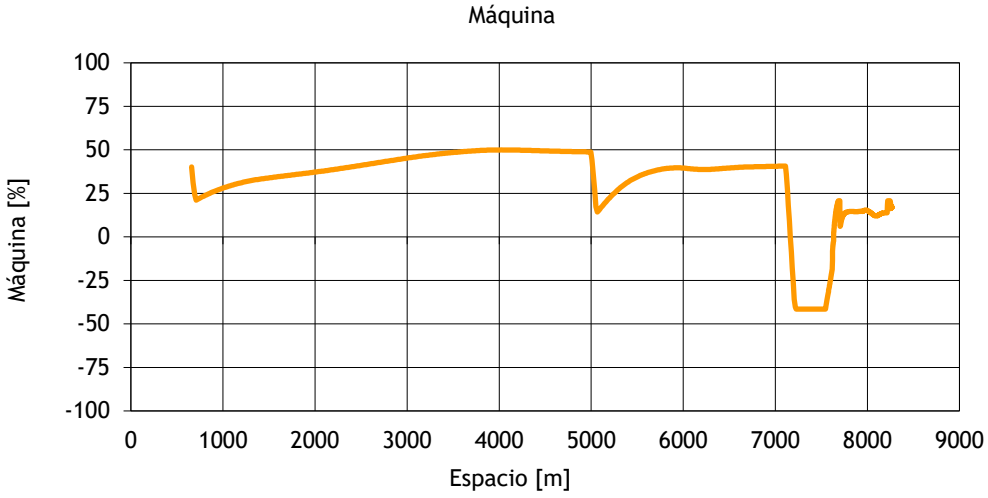
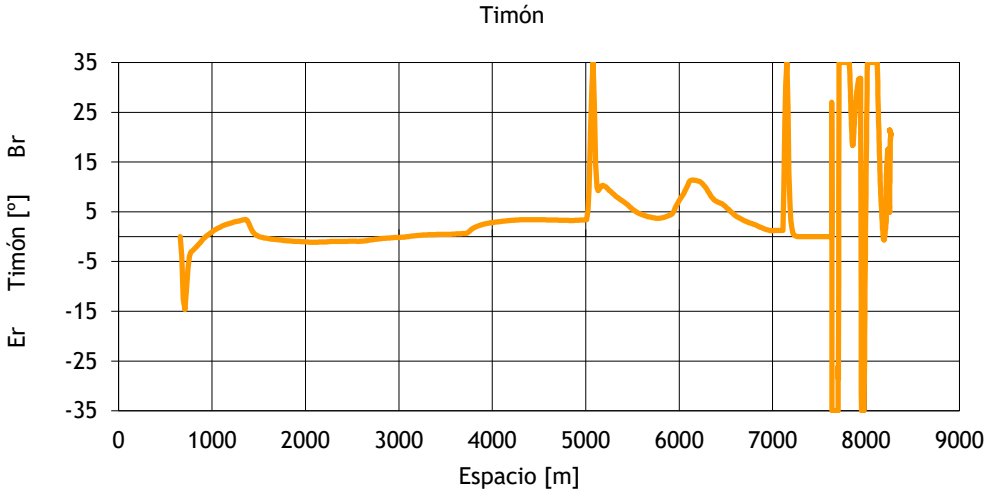


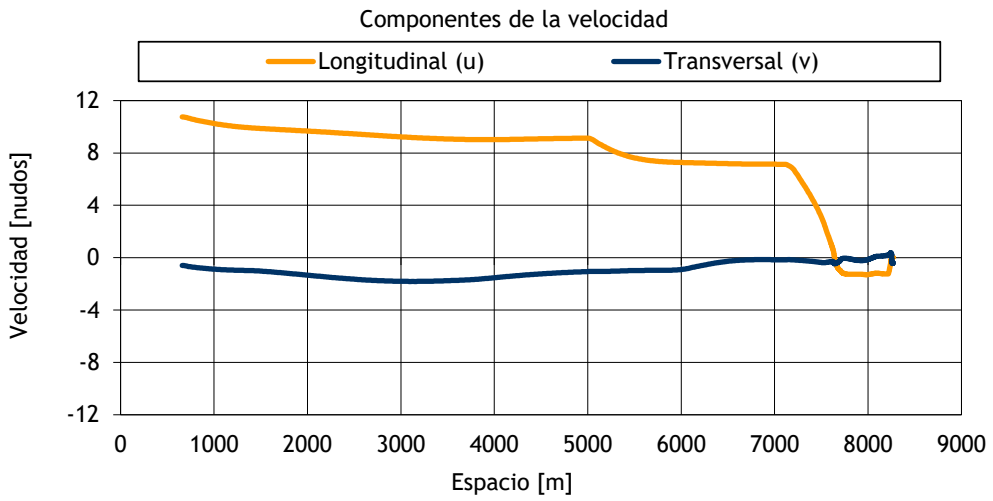
Figura: Trk-2 Q-Flex 315x50x9.3 m. Entrada Viento: W 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s	Trayectoria Intervalo de dibujo: 60s Escala: 1/8 000
2022165_Argentina_Tierra_Fuego Run 2	Siport21

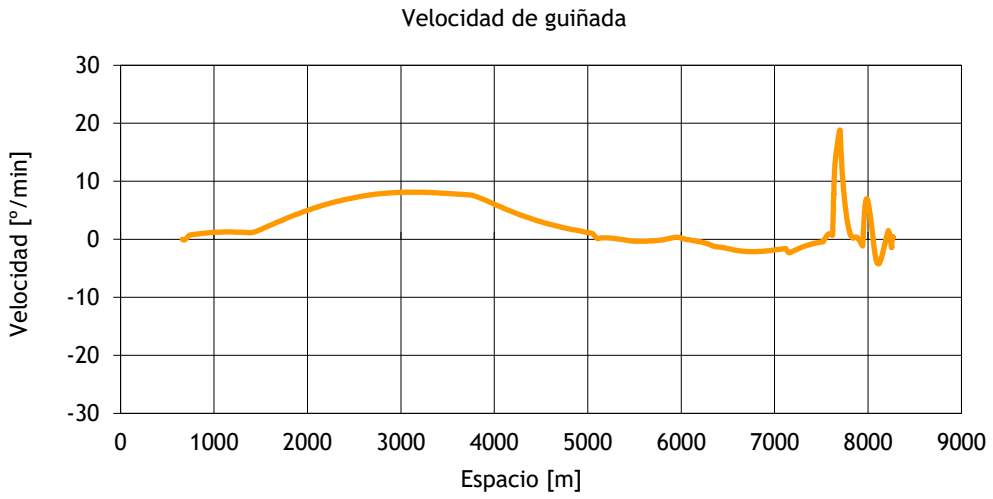


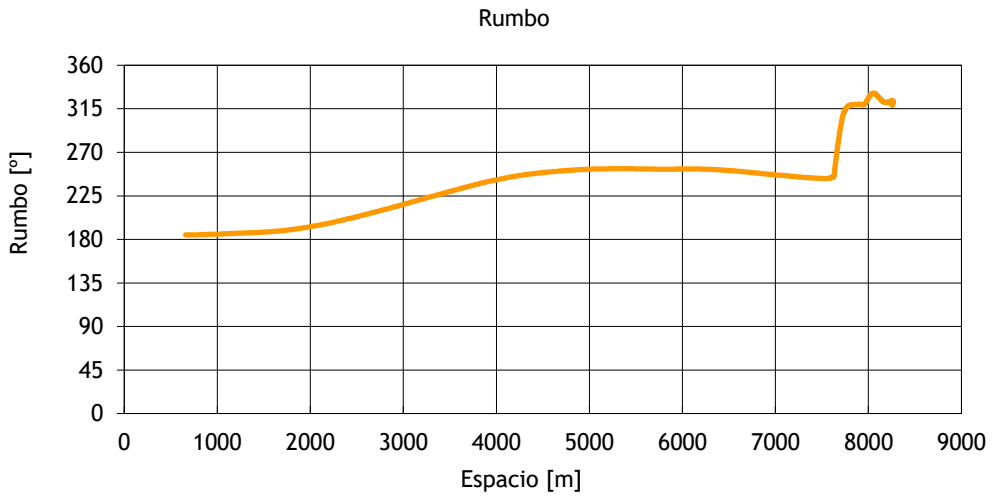




2022165_Argentina_Tierra_Fuego **Q-Flex 315x50x9.3 m. Entrada** Viento: W 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s **Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)**	Velocidad, máquina y timón
Siport21	D-2 Gráfico 1







2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Q-Flex 315x50x9.3 m. Entrada

Viento: W 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s

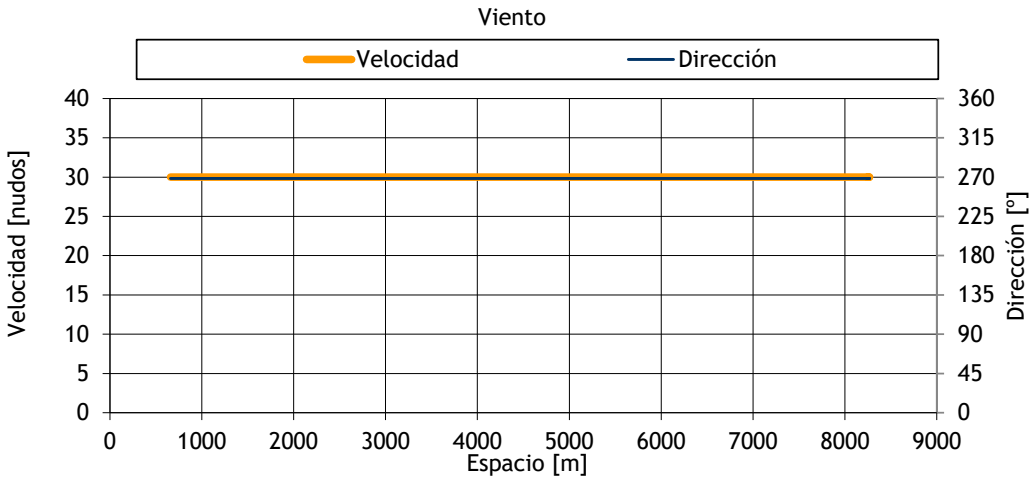
Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)

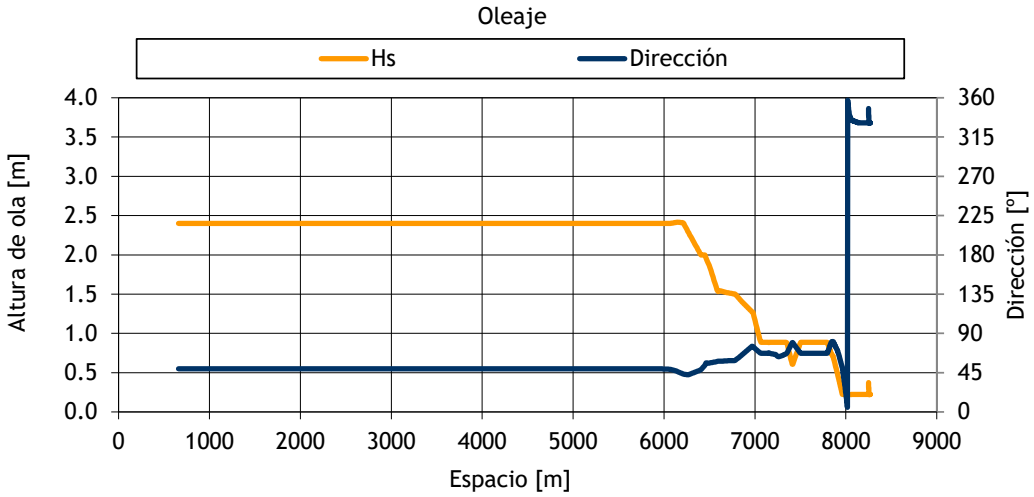
Componentes de la velocidad, velocidad de guiñada y rumbo

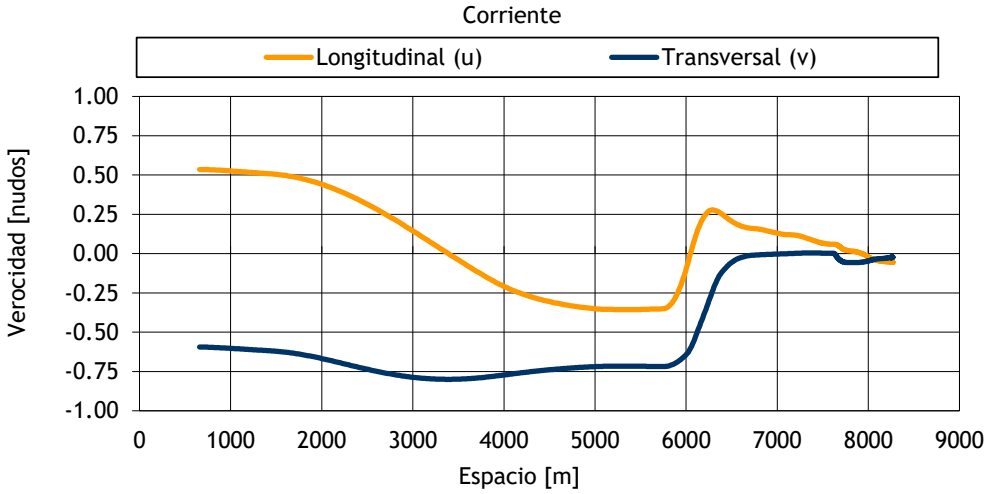
Siport21

D-2

Gráfico 2







2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Q-Flex 315x50x9.3 m. Entrada

Viento: W 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s

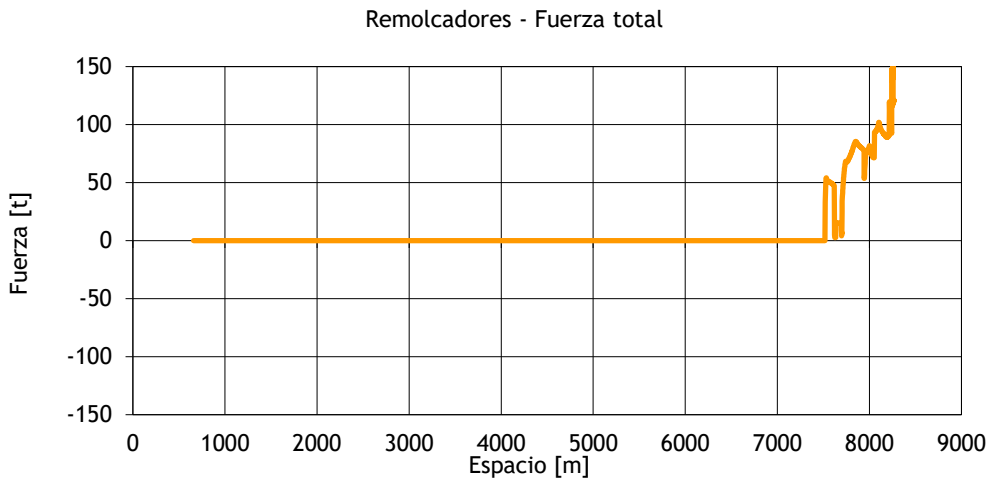
Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)

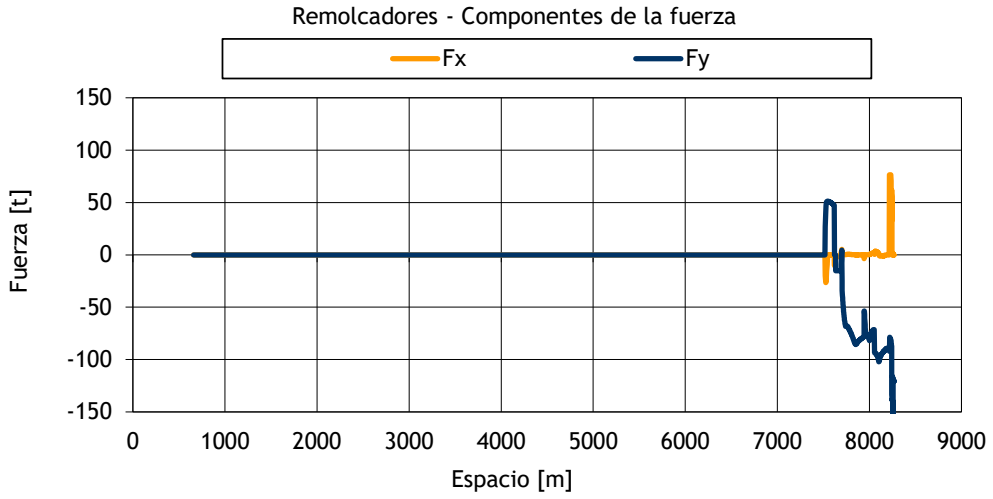
Condiciones climáticas

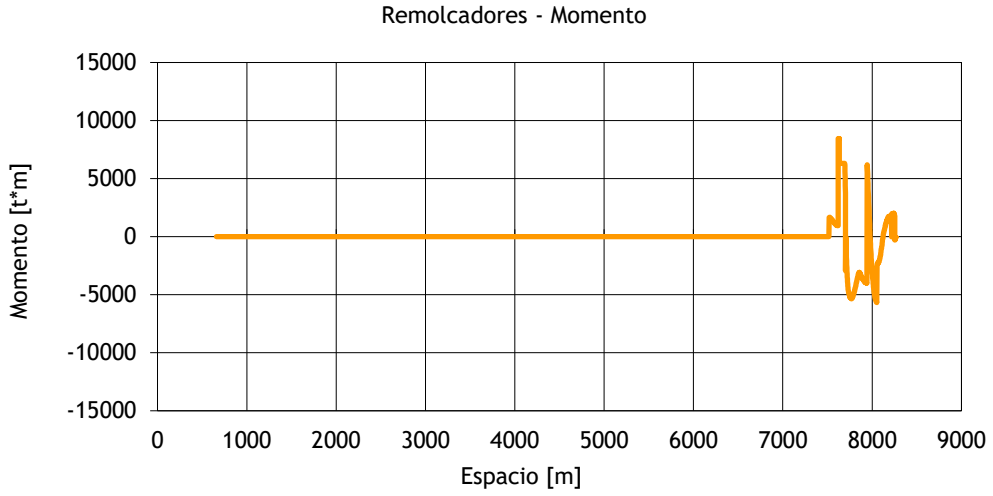
Siport21

D-2

Gráfico 3







2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Q-Flex 315x50x9.3 m. Entrada

Viento: W 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s

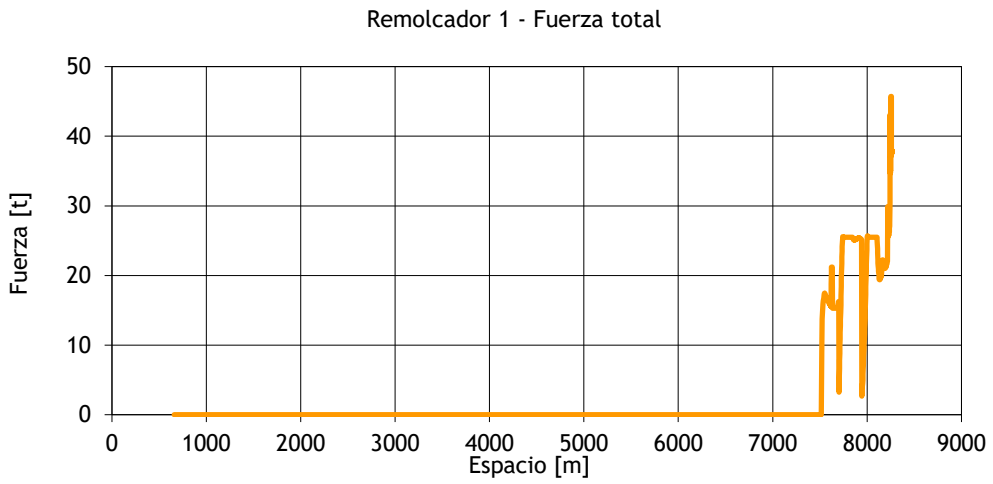
Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)

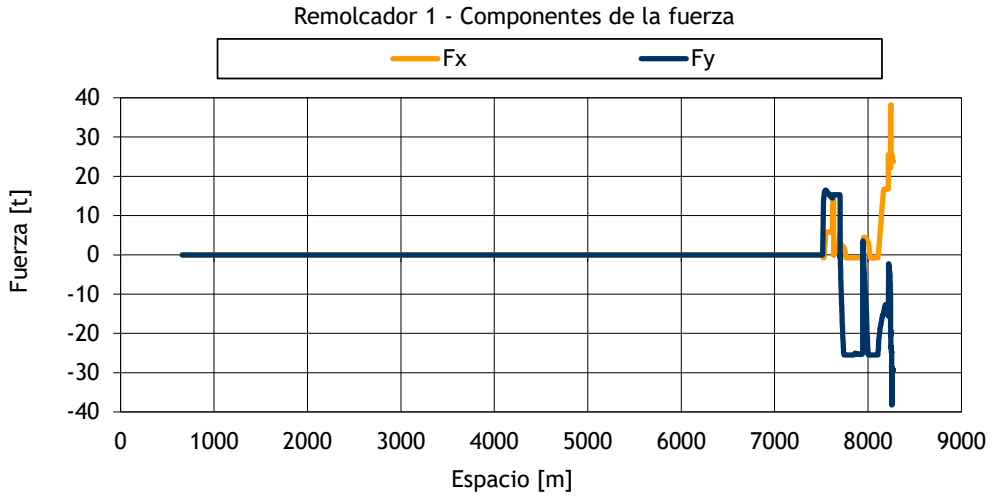
Fuerzas y momento de los remolcadores

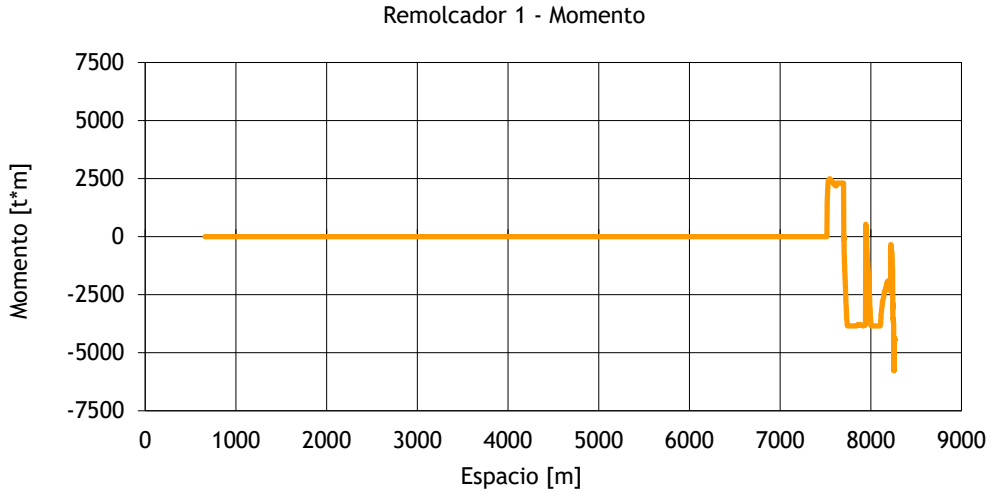
Siport21

D-2

Gráfico 4







2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Q-Flex 315x50x9.3 m. Entrada

Viento: W 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s

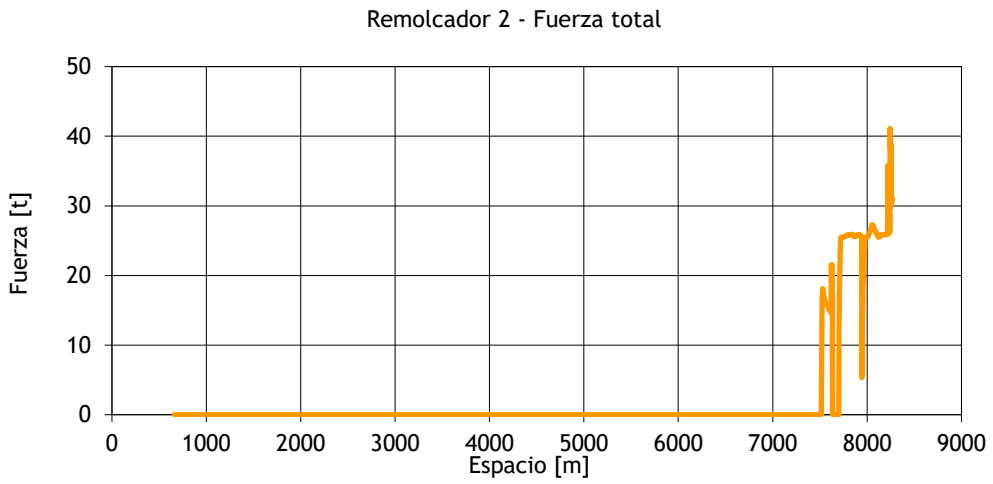
Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)

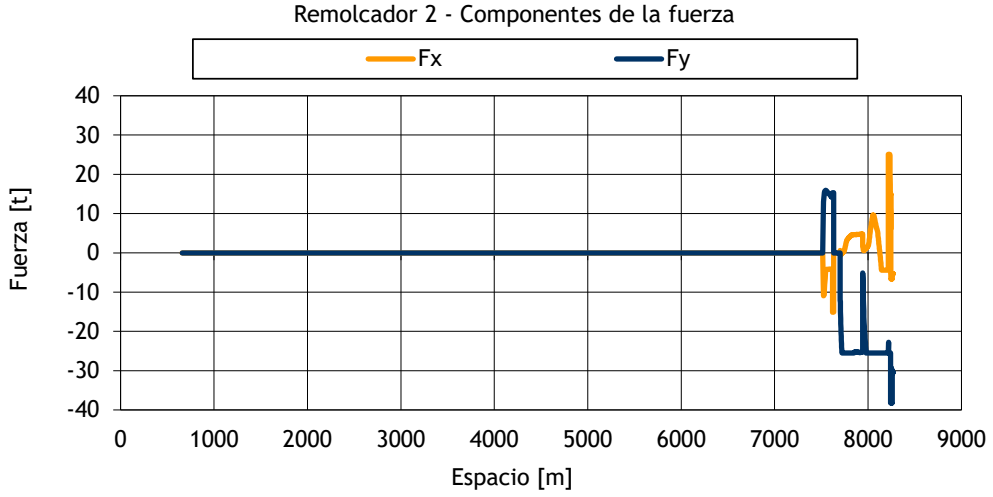
Remolcador de proa

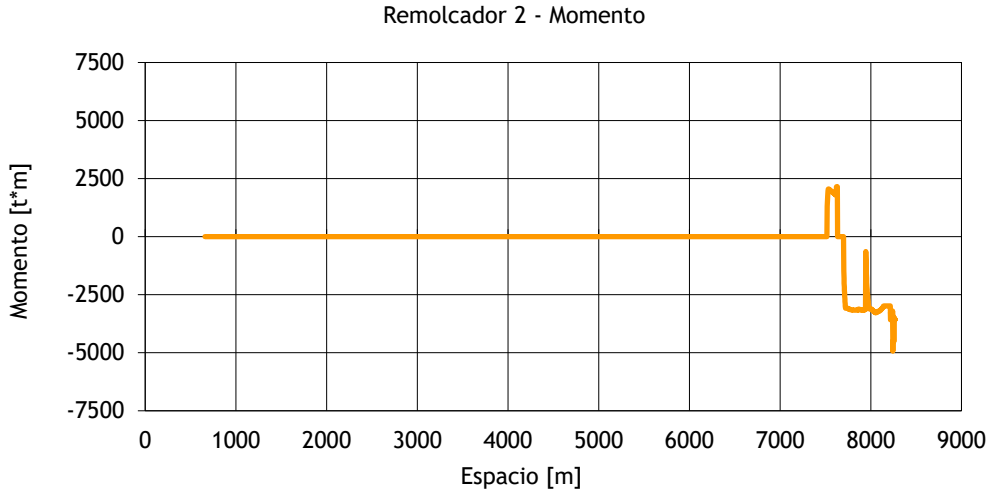
Siport21

D-2

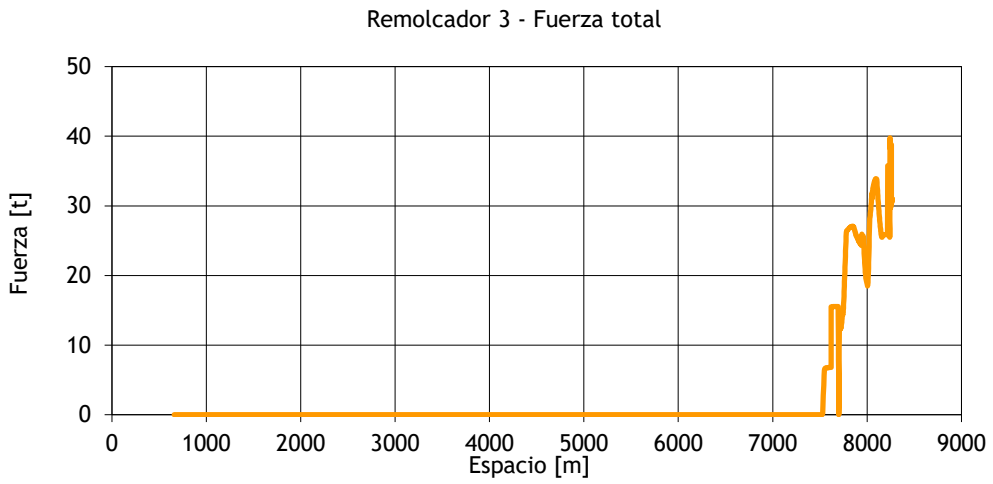
Gráfico 5

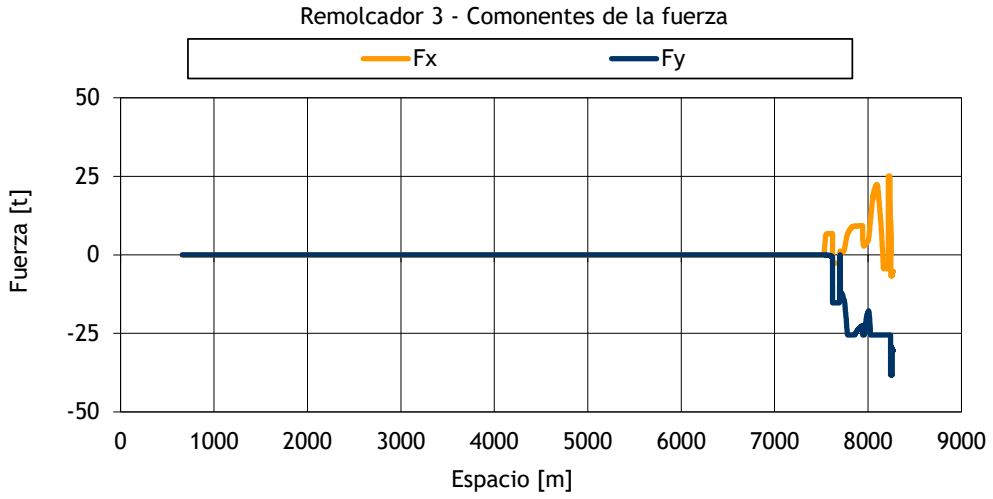


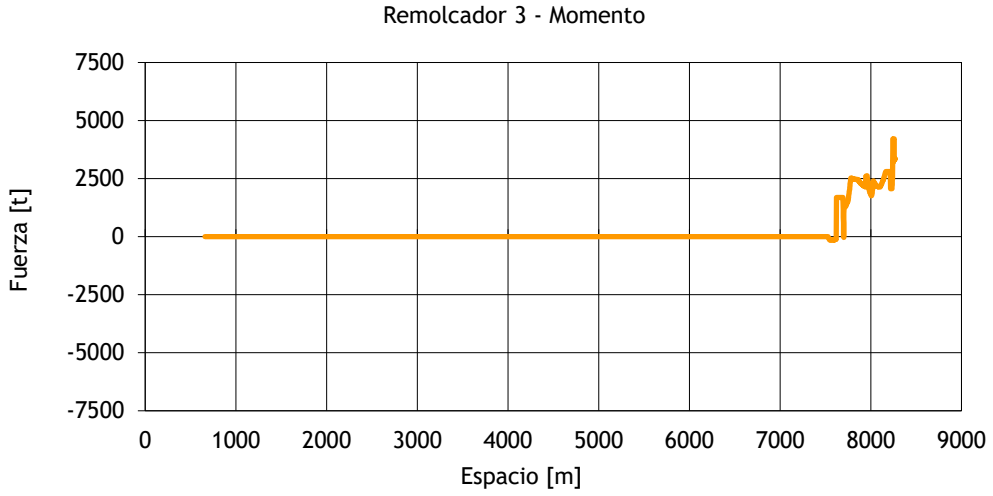




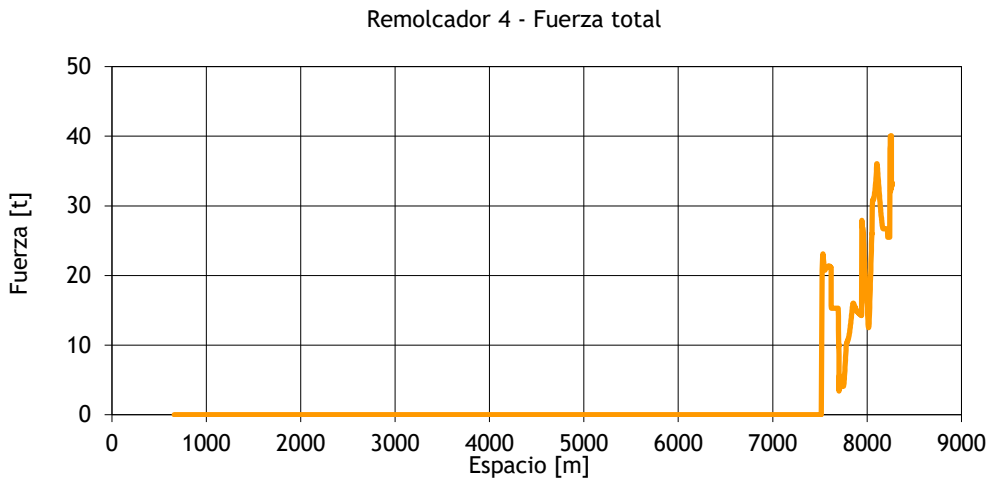
2022165_Argentina_Tierra_Fuego **Q-Flex 315x50x9.3 m. Entrada** Viento: W 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s **Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)**	Remolcador de amura estribor
Siport21	D-2 Gráfico 6

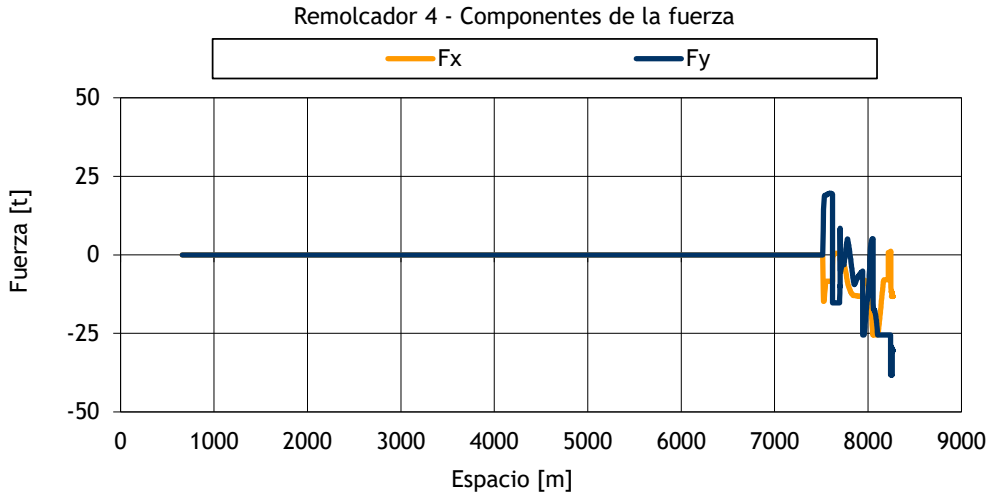


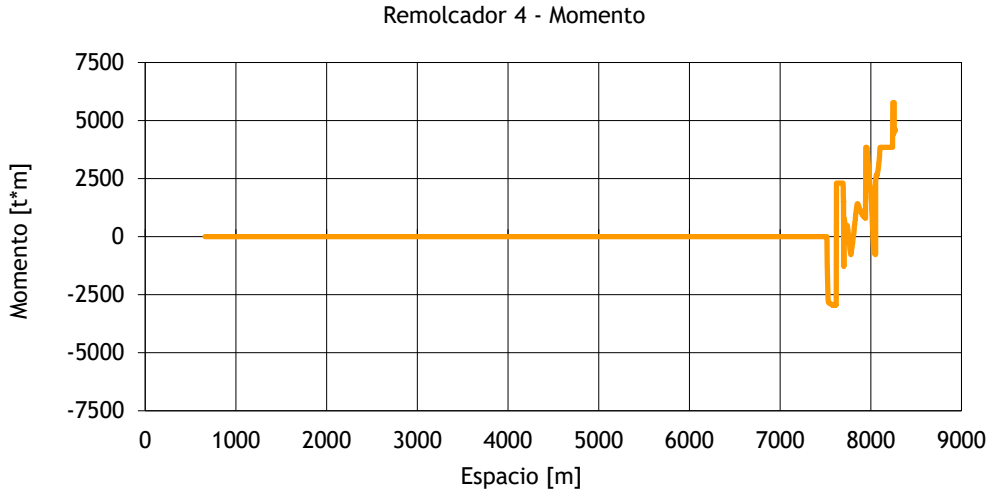




2022165_Argentina_Tierra_Fuego **Q-Flex 315x50x9.3 m. Entrada** Viento: W 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s **Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)**	Remolcador de aleta estribor
Siport21	D-2 Gráfico 7







2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Q-Flex 315x50x9.3 m. Entrada

Viento: W 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s

Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)

Remolcador de popa

Siport21

D-2

Gráfico 8

Run: 03

Q-Flex 315x50x9.3 m. Entrada

Viento: SW 30 kn; Ola: NE 1.5 m - 11 s; Corriente: NW 0.3 m/s

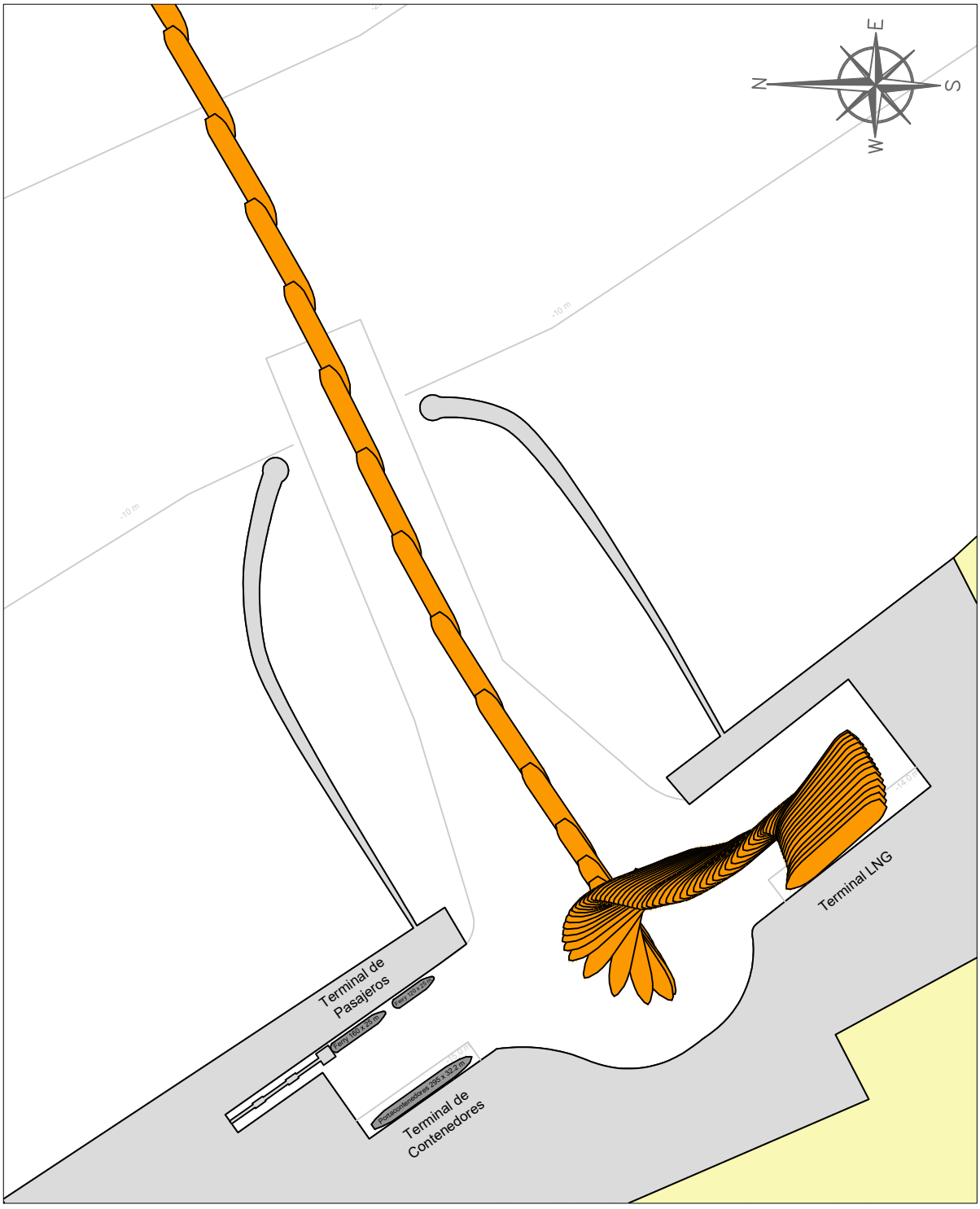


Figura: Trk-3 Q-Flex 315x50x9.3 m. Entrada Viento: SW 30 kn; Ola: NE 1.5 m - 11 s; Corriente: NW 0.3 m/s	Trayectoria Intervalo de dibujo: 60s Escala: 1/15 000
2022165_Argentina_Tierra_Fuego Run 3	Siport21

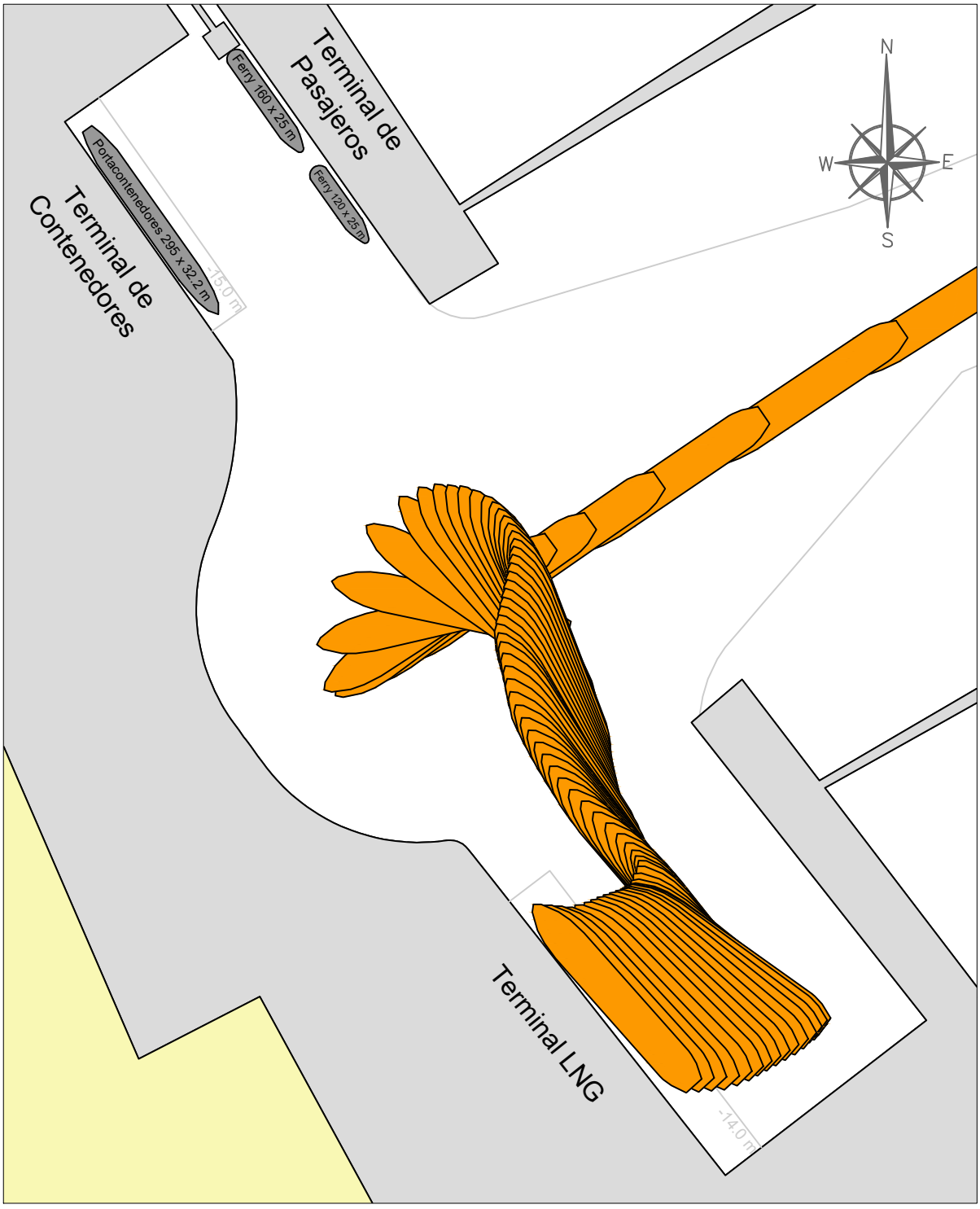
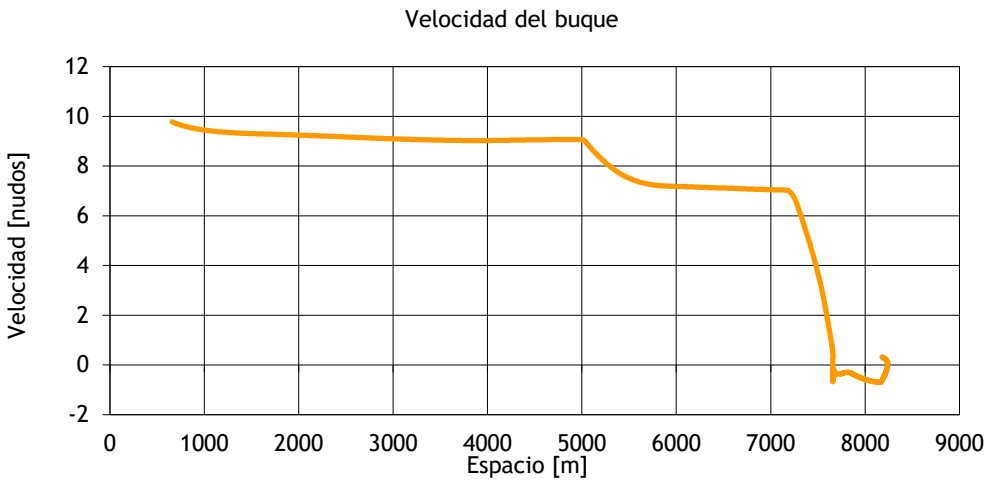
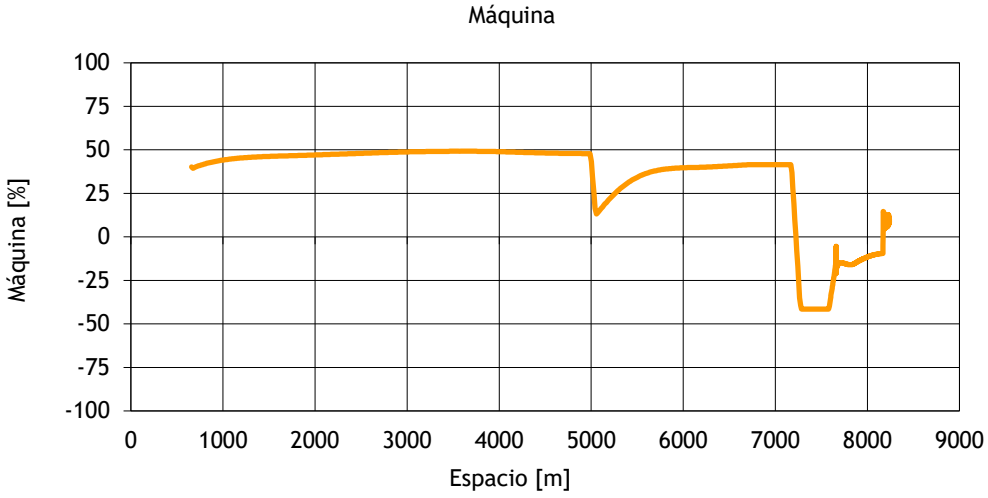
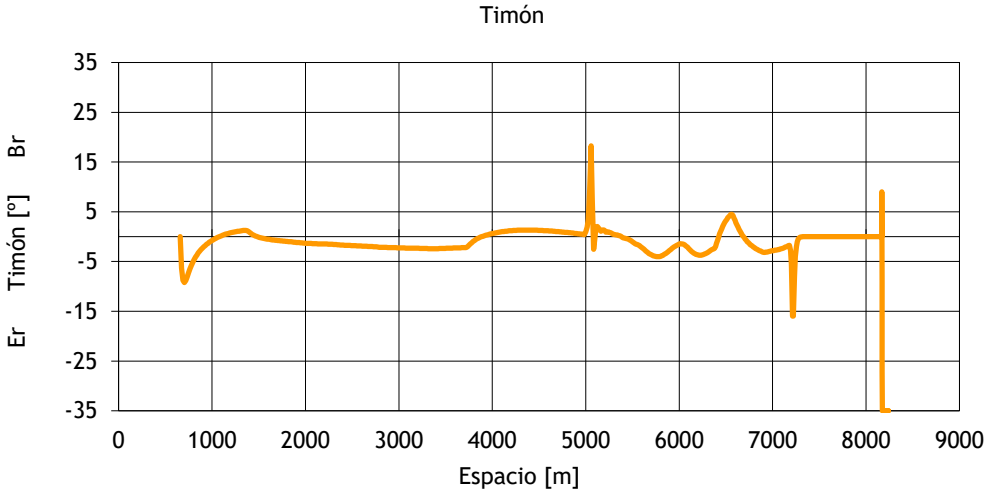


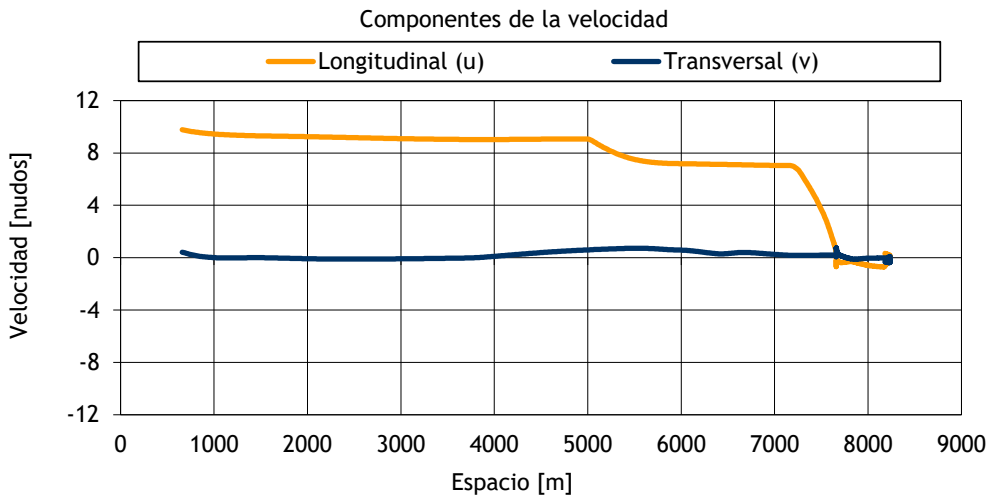
Figura: Trk-3 Q-Flex 315x50x9.3 m. Entrada Viento: SW 30 kn; Ola: NE 1.5 m - 11 s; Corriente: NW 0.3 m/s	Trayectoria Intervalo de dibujo: 60s Escala: 1/8 000
2022165_Argentina_Tierra_Fuego Run 3	Siport21

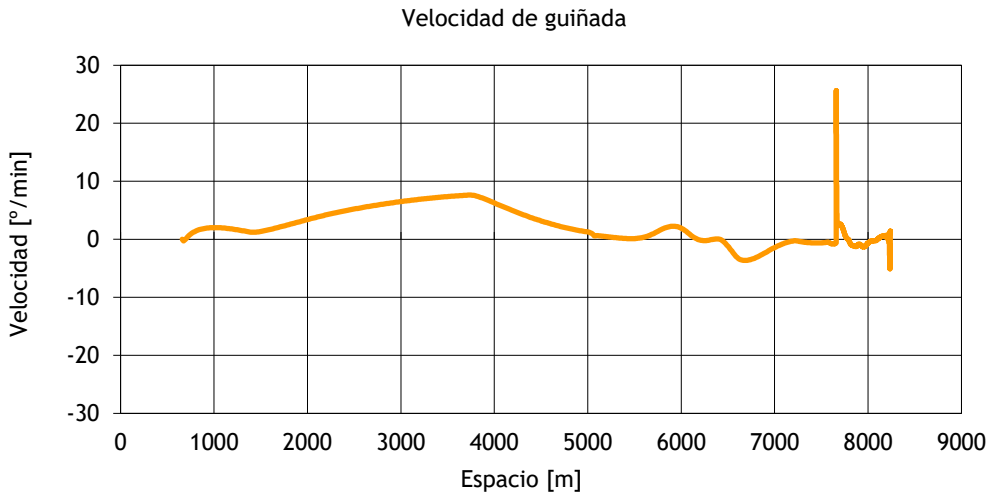


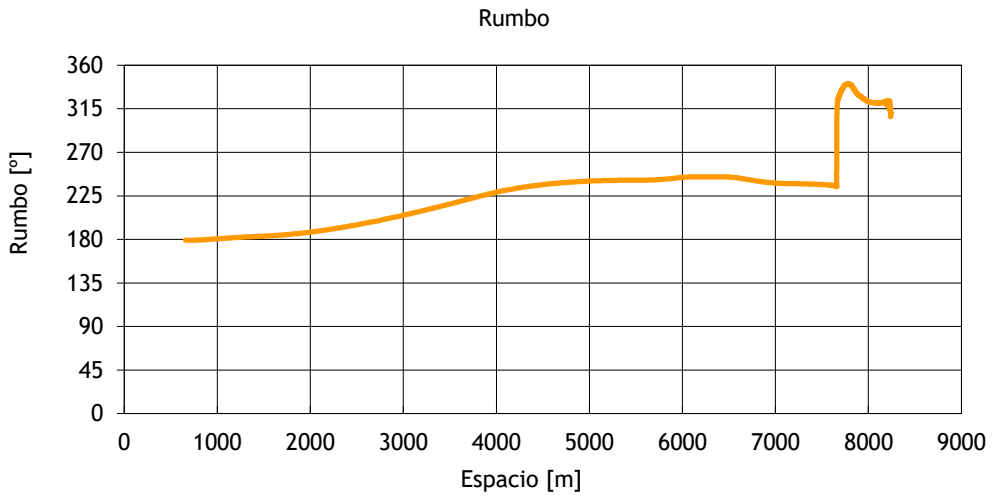




2022165_Argentina_Tierra_Fuego **Q-Flex 315x50x9.3 m. Entrada** Viento: SW 30 kn; Ola: NE 1.5 m - 11 s; Corriente: NW 0.3 m/s **Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)**	Velocidad, máquina y timón
Siport21	D-3 Gráfico 1







2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Q-Flex 315x50x9.3 m. Entrada

Viento: SW 30 kn; Ola: NE 1.5 m - 11 s; Corriente: NW 0.3 m/s

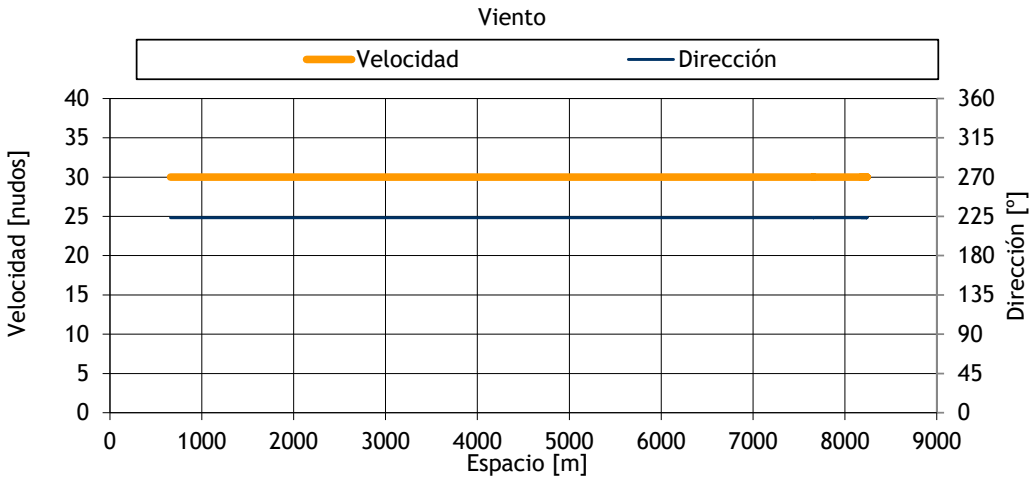
Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)

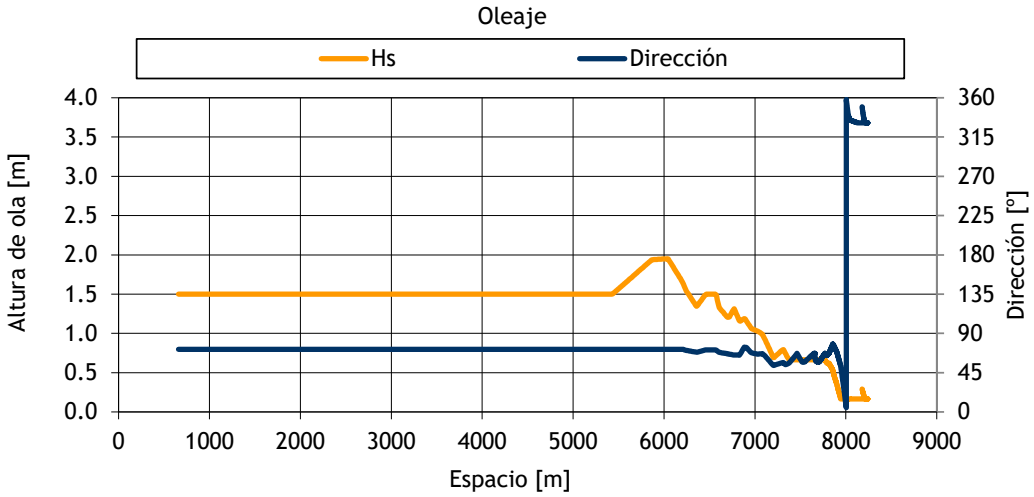
Componentes de la velocidad, velocidad de guiñada y rumbo

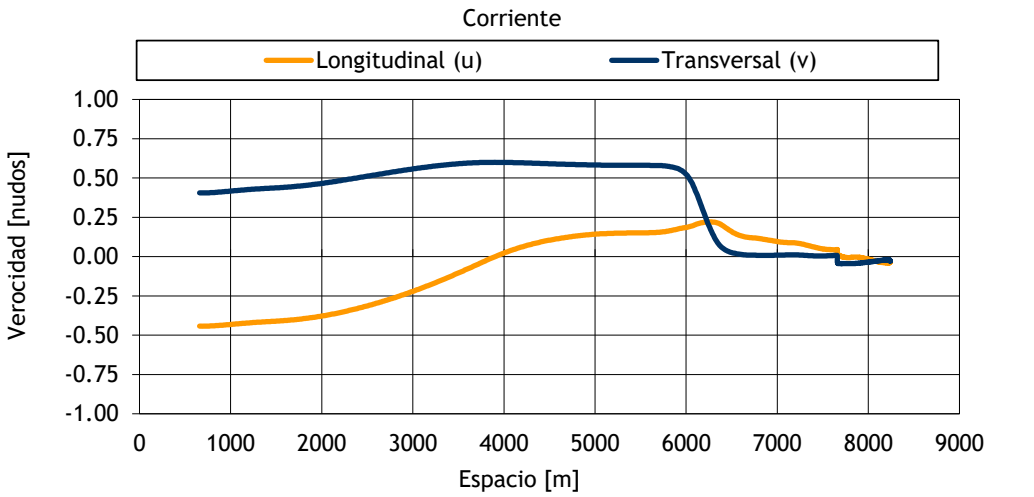
Siport21

D-3

Gráfico 2







2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Q-Flex 315x50x9.3 m. Entrada

Viento: SW 30 kn; Ola: NE 1.5 m - 11 s; Corriente: NW 0.3 m/s

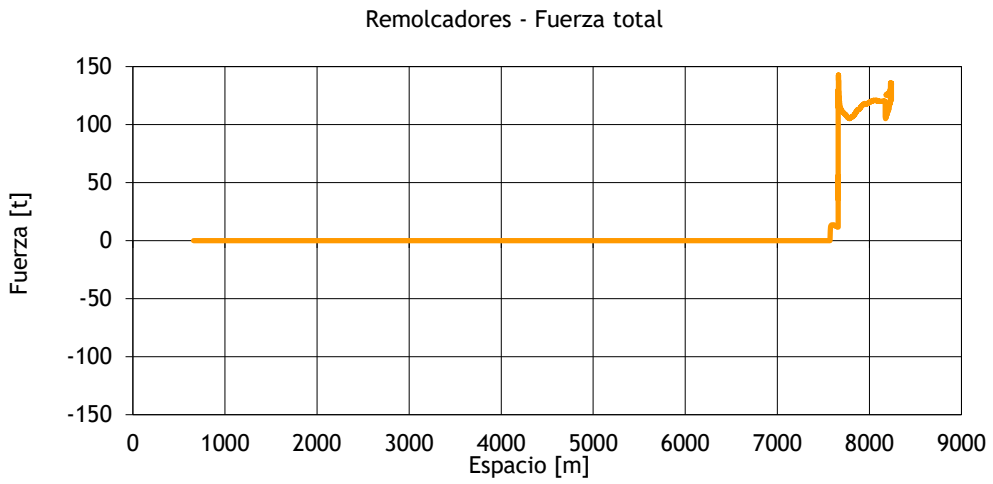
Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)

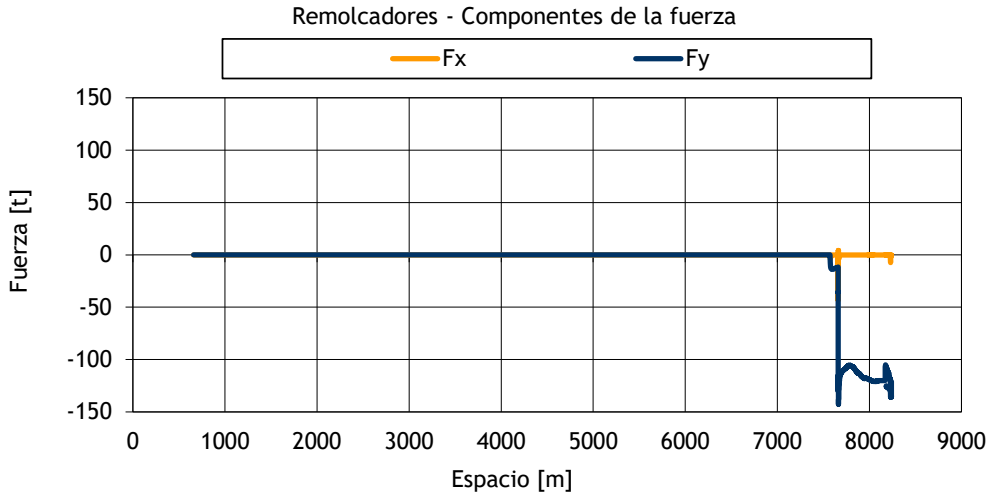
Condiciones climáticas

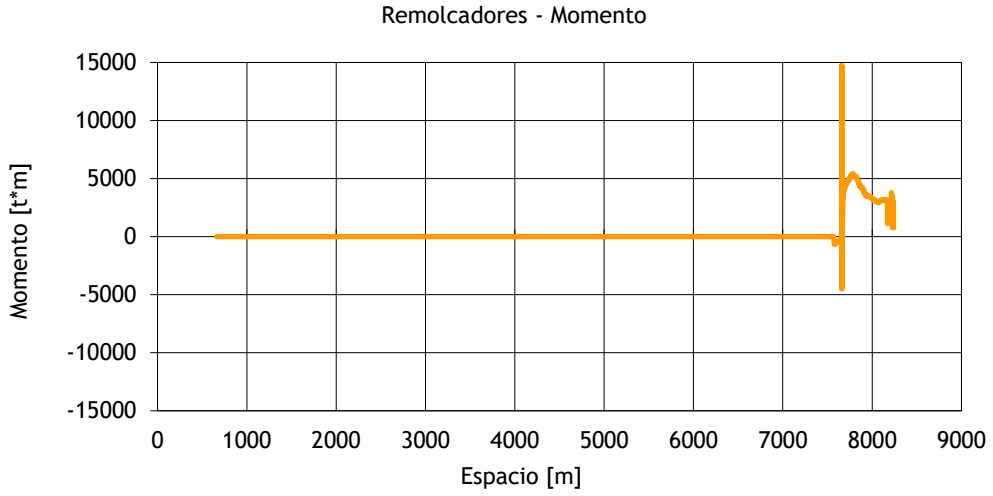
Siport21

D-3

Gráfico 3







2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Q-Flex 315x50x9.3 m. Entrada

Viento: SW 30 kn; Ola: NE 1.5 m - 11 s; Corriente: NW 0.3 m/s

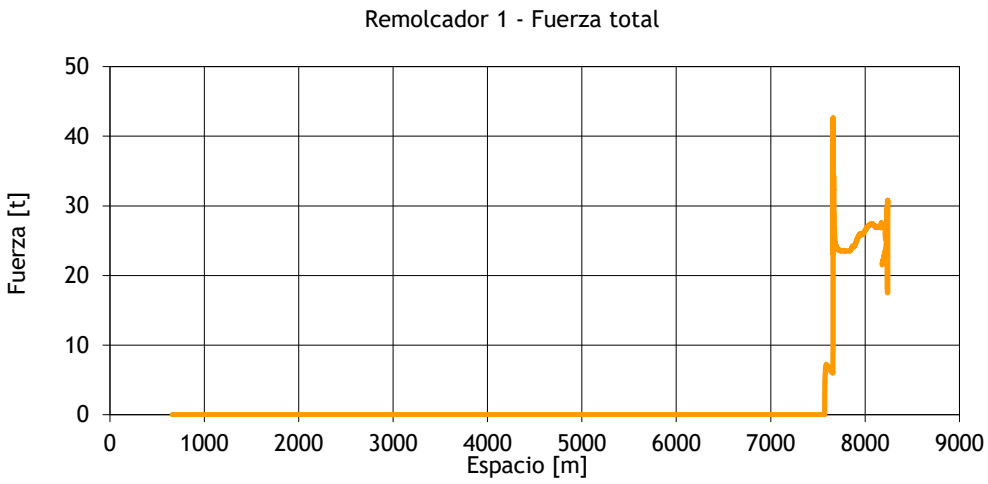
Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)

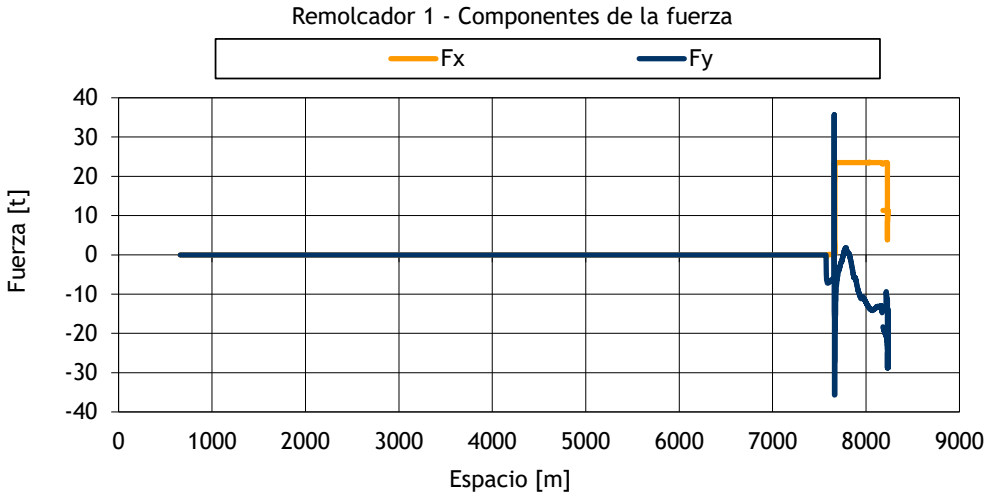
Fuerzas y momento de los remolcadores

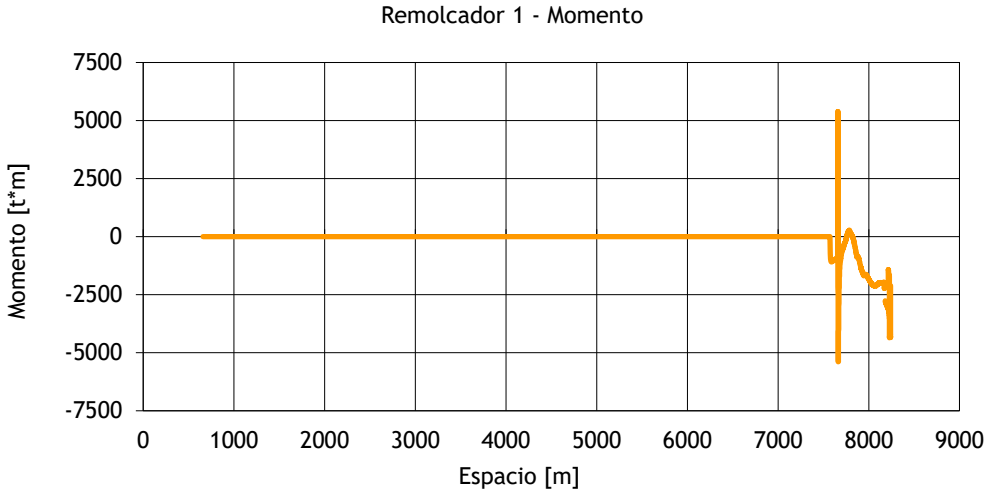
Siport21

D-3

Gráfico 4







2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Q-Flex 315x50x9.3 m. Entrada

Viento: SW 30 kn; Ola: NE 1.5 m - 11 s; Corriente: NW 0.3 m/s

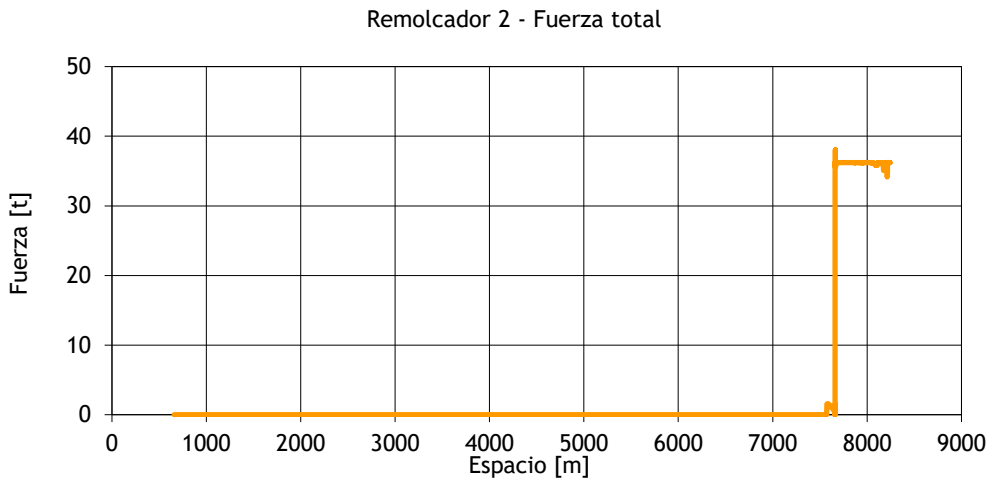
Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)

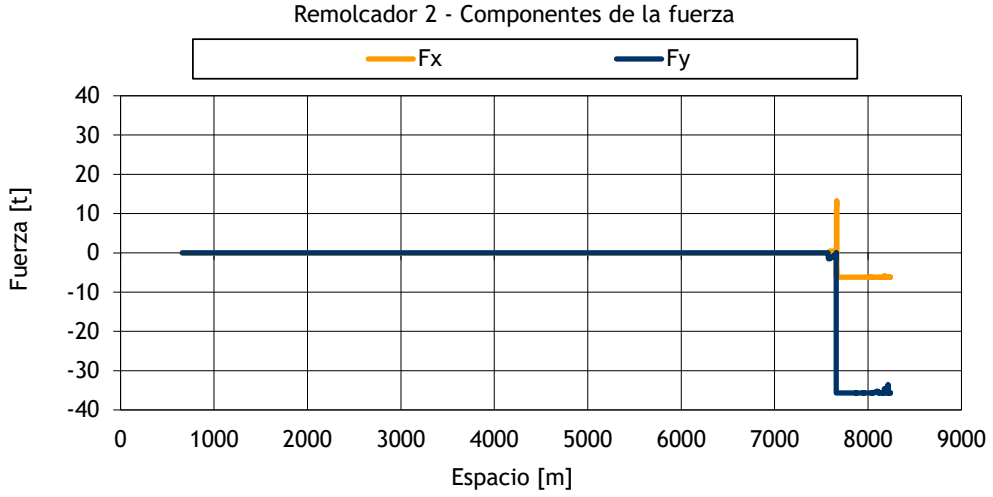
Remolcador de proa

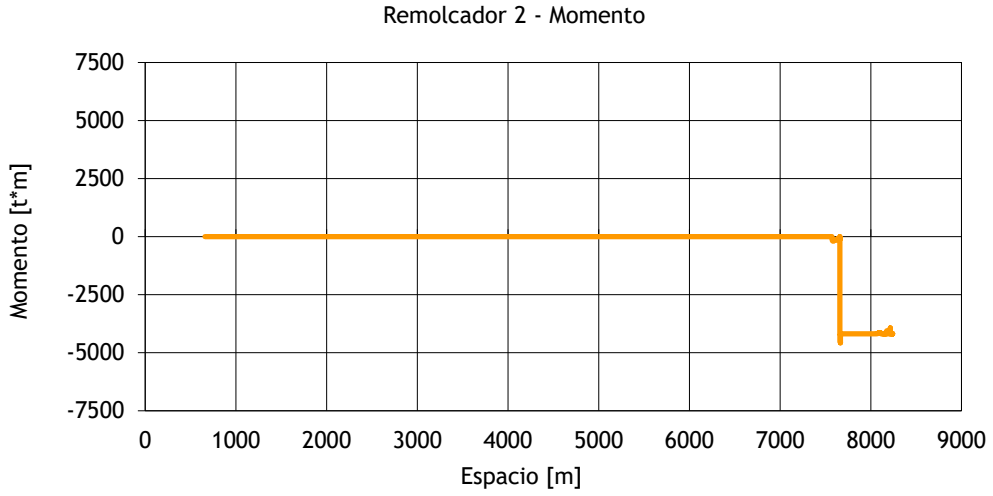
Siport21

D-3

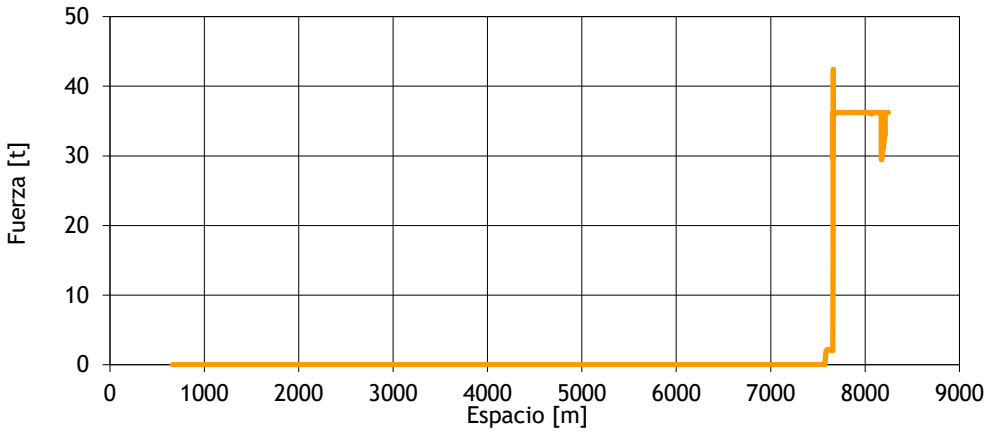
Gráfico 5

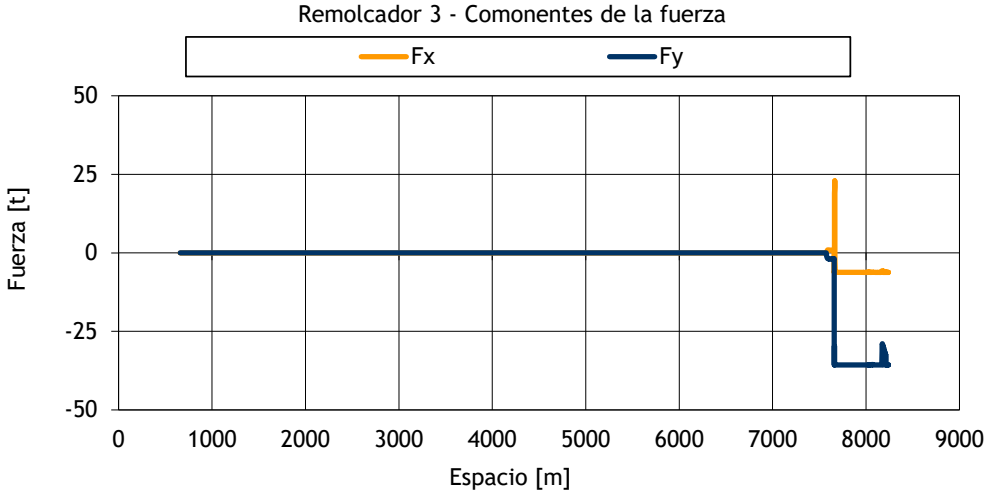


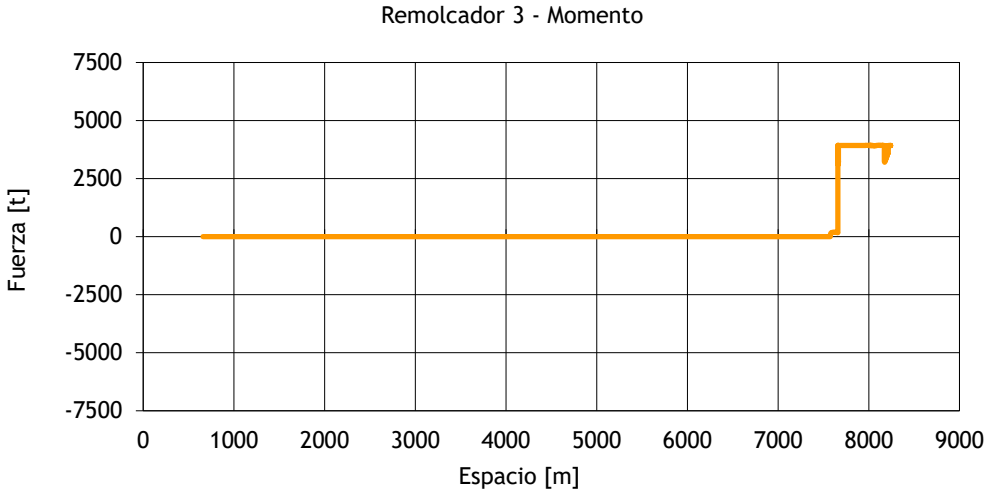




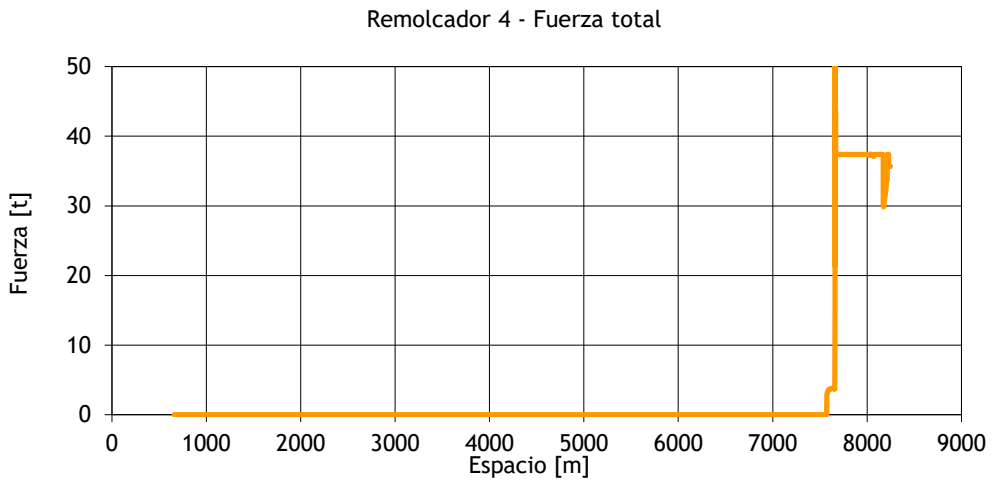
2022165_Argentina_Tierra_Fuego **Q-Flex 315x50x9.3 m. Entrada** Viento: SW 30 kn; Ola: NE 1.5 m - 11 s; Corriente: NW 0.3 m/s **Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)**	Remolcador de amura estribor
Siport21	D-3 Gráfico 6

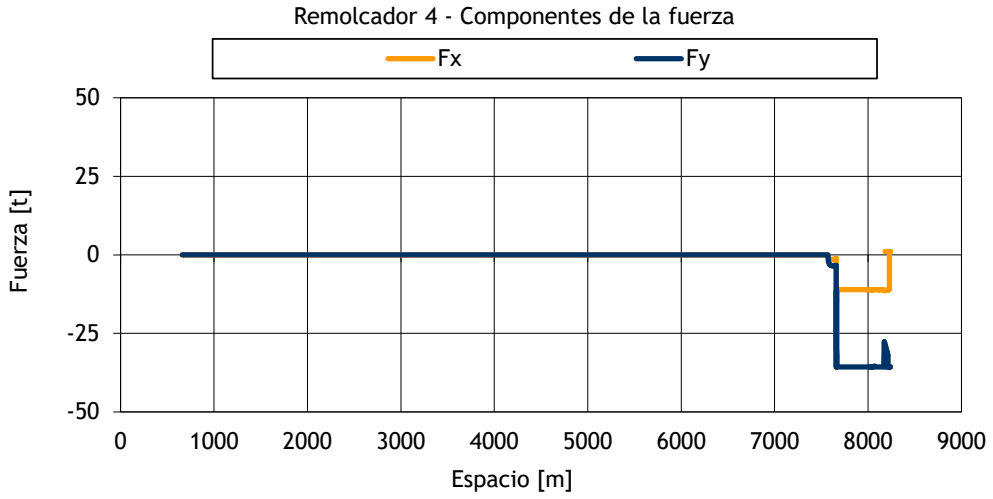


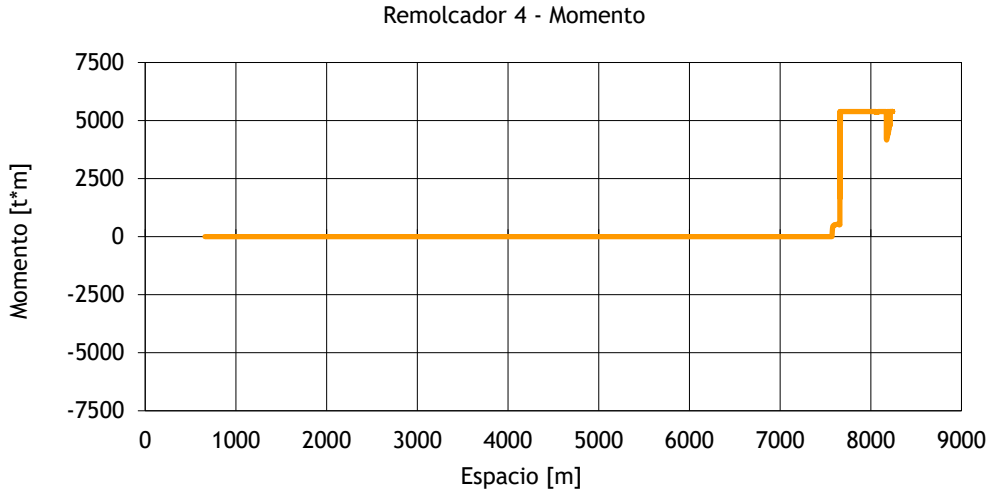




2022165_Argentina_Tierra_Fuego **Q-Flex 315x50x9.3 m. Entrada** Viento: SW 30 kn; Ola: NE 1.5 m - 11 s; Corriente: NW 0.3 m/s **Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)**	Remolcador de aleta estribor
Siport21	D-3
	Gráfico 7







2022165_Argentina_Tierra_Fuego **Q-Flex 315x50x9.3 m. Entrada** Viento: SW 30 kn; Ola: NE 1.5 m - 11 s; Corriente: NW 0.3 m/s **Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)**	Remolcador de popa
Siport21	D-3 Gráfico 8

Run: 04

Q-Flex 315x50x12.0 m. Salida

Viento: NW 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s;
Corriente: SE 0.4 m/s

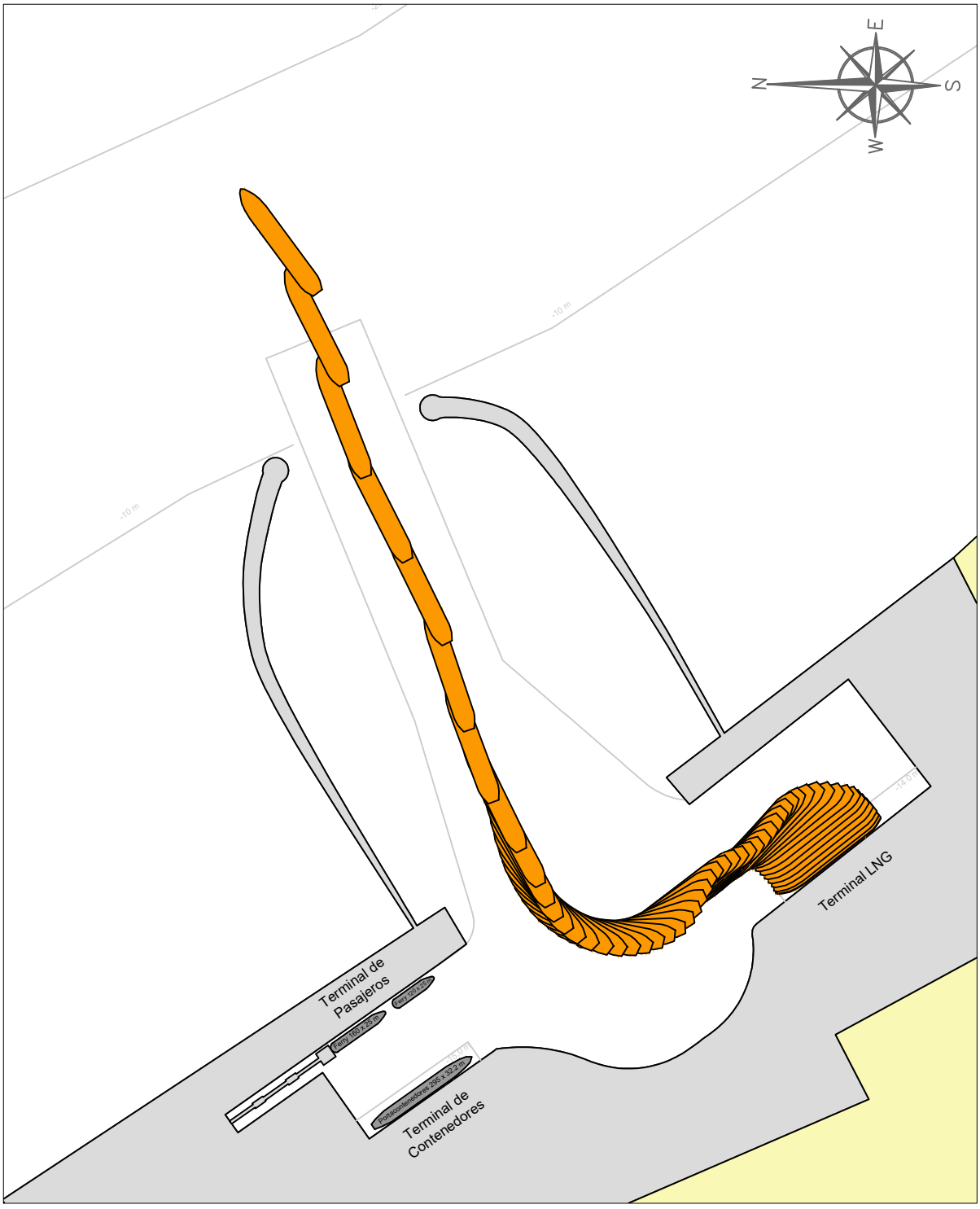


Figura: Trk-4 Q-Flex 315x50x12.0 m. Salida Viento: NW 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s	Trayectoria Intervalo de dibujo: 60s Escala: 1/15 000
2022165_Argentina_Tierra_Fuego Run 4	Siport21

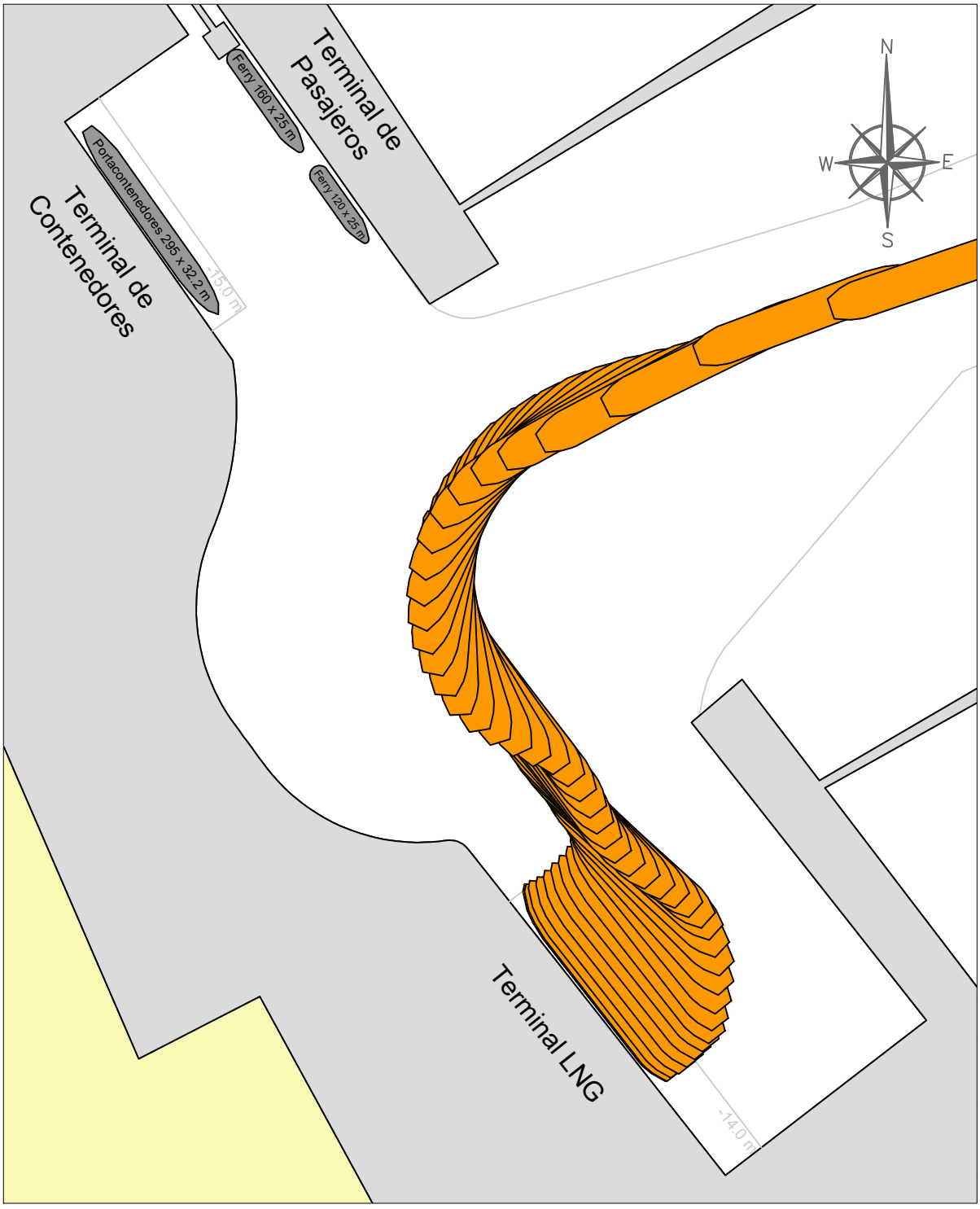
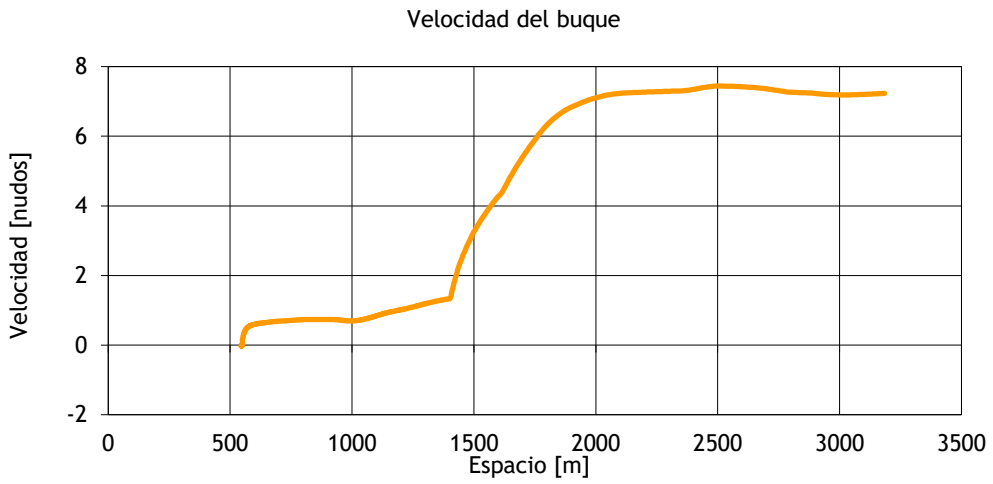
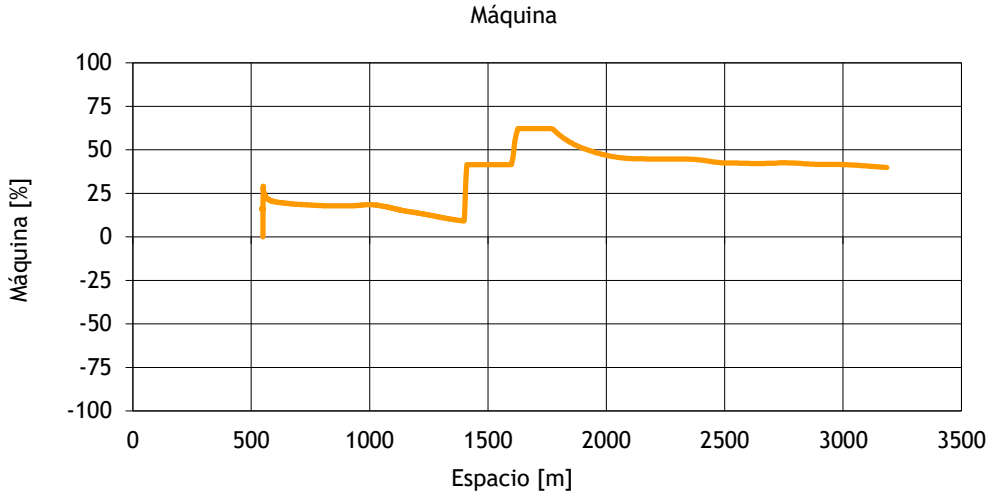
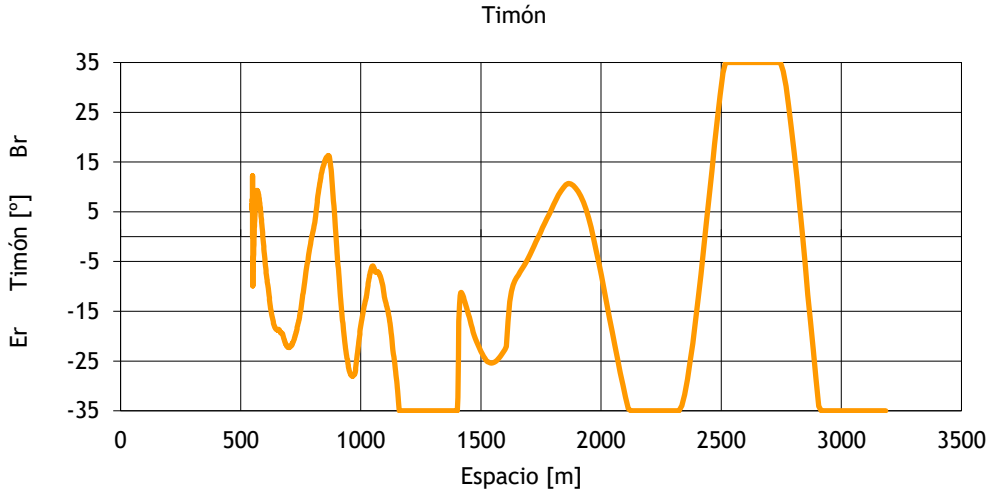


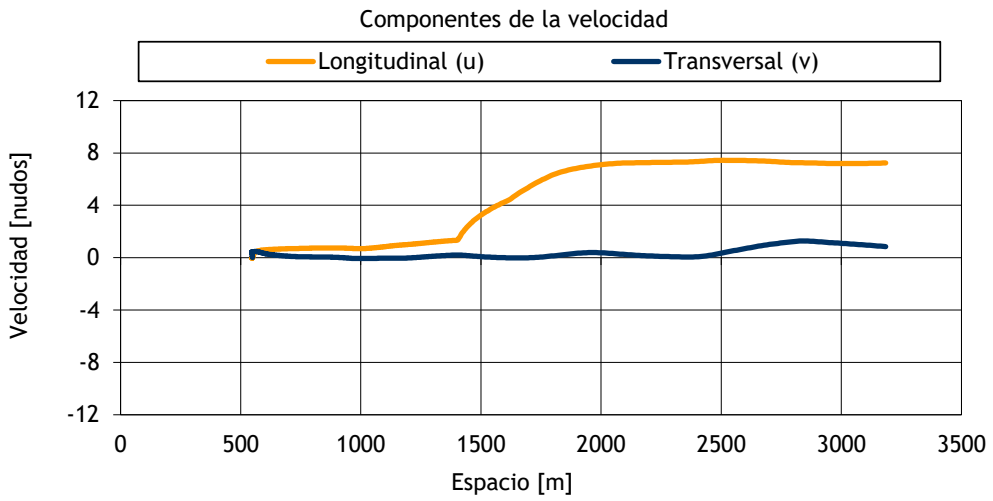
Figura: Trk-4 Q-Flex 315x50x12.0 m. Salida Viento: NW 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s	Trayectoria Intervalo de dibujo: 60s Escala: 1/8 000
2022165_Argentina_Tierra_Fuego Run 4	Siport21

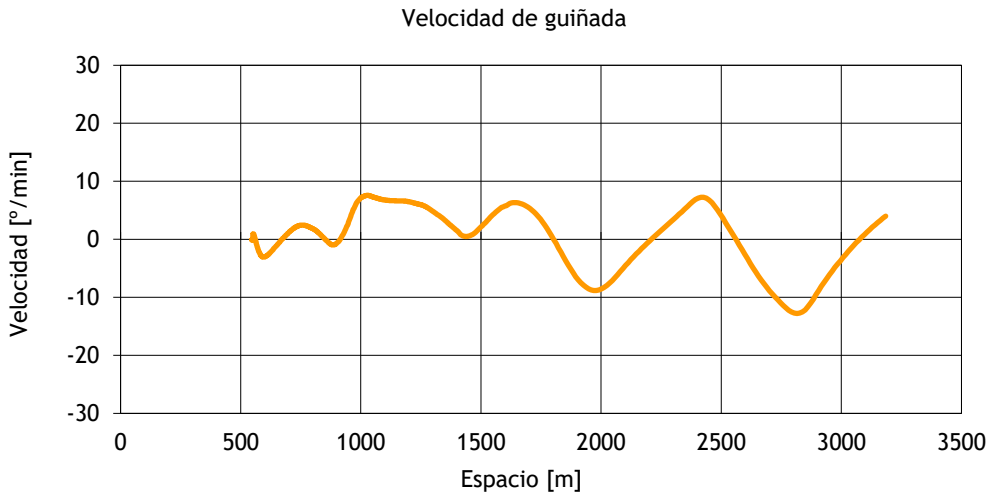


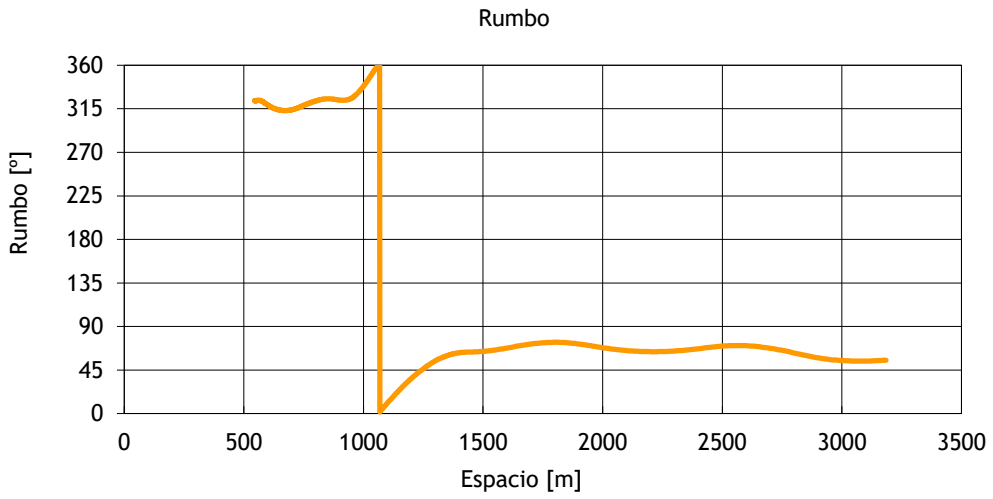




2022165_Argentina_Tierra_Fuego **Q-Flex 315x50x12.0 m. Salida** Viento: NW 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s **Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)**	Velocidad, máquina y timón
Siport21	D-4 Gráfico 1







2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Q-Flex 315x50x12.0 m. Salida

Viento: NW 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s

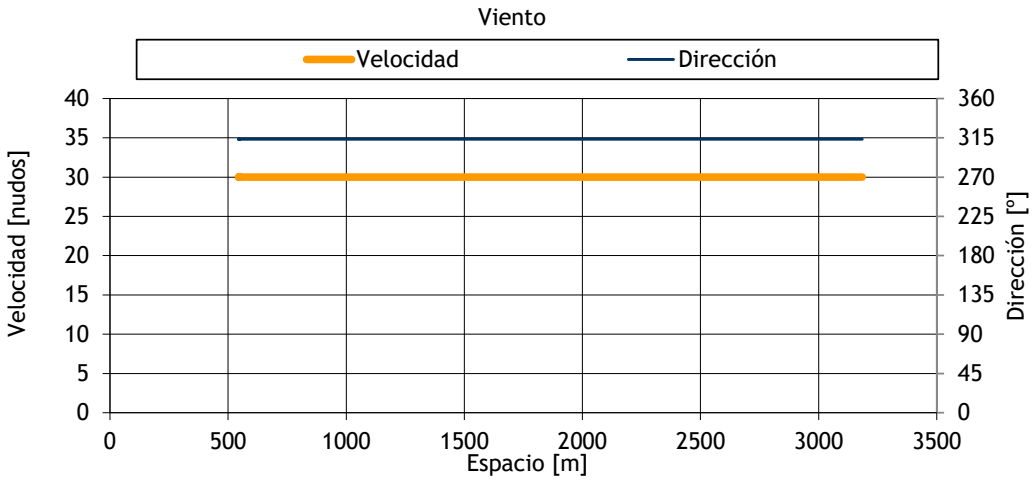
Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)

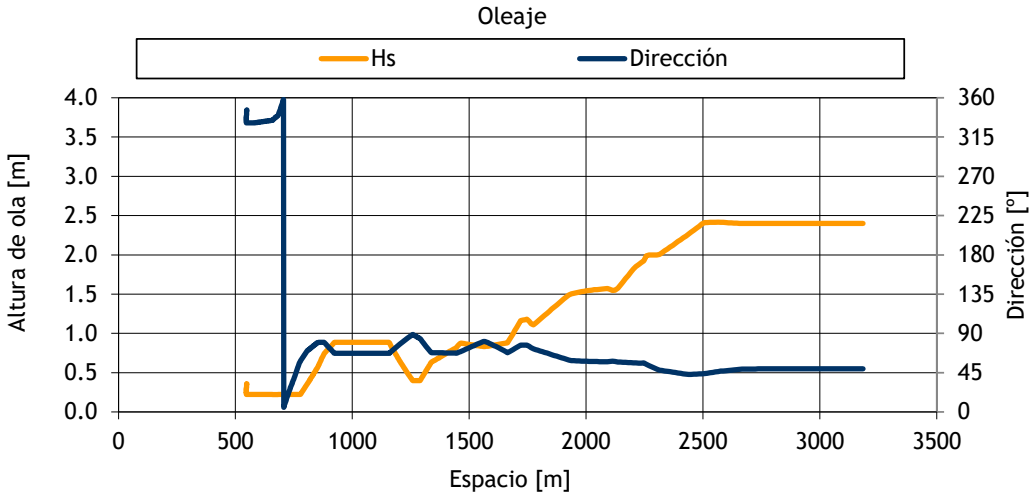
Componentes de la velocidad, velocidad de guiñada y rumbo

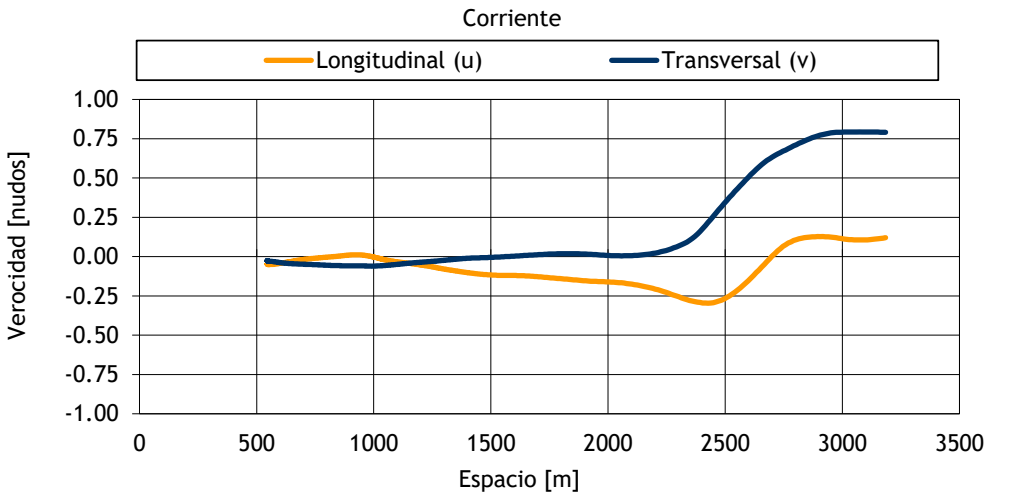
Siport21

D-4

Gráfico 2







2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Q-Flex 315x50x12.0 m. Salida

Viento: NW 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s

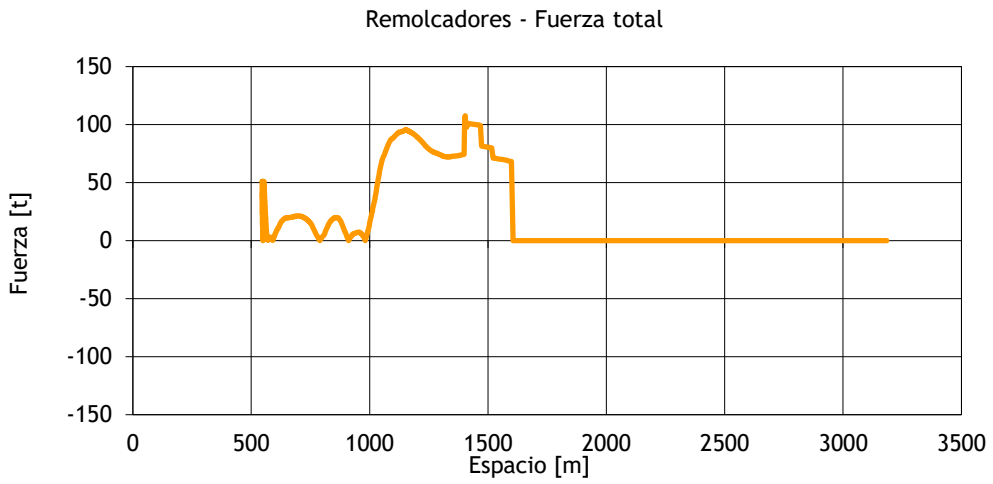
Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)

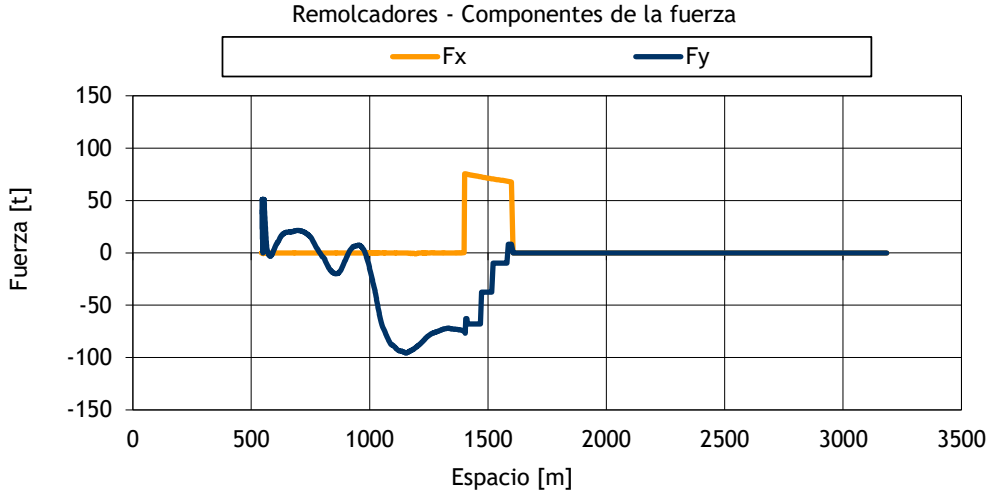
Condiciones climáticas

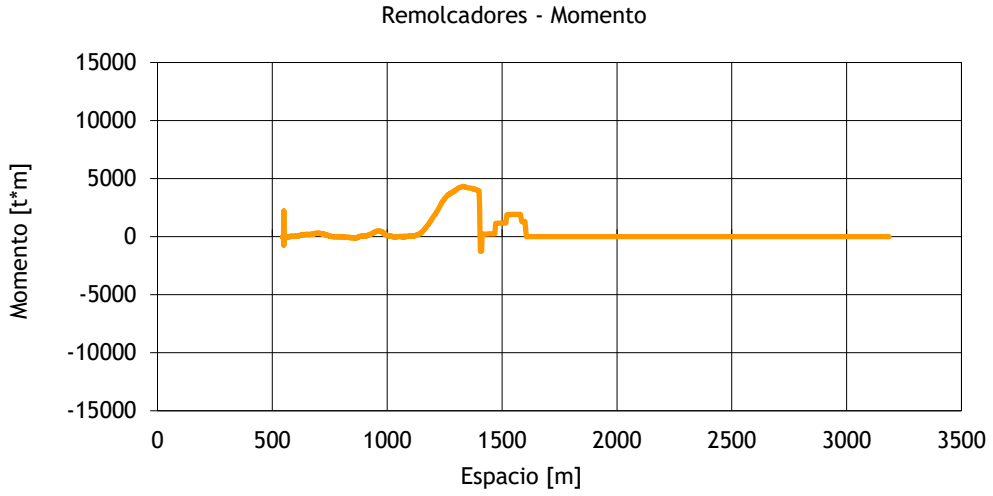
Siport21

D-4

Gráfico 3







2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Q-Flex 315x50x12.0 m. Salida

Viento: NW 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s

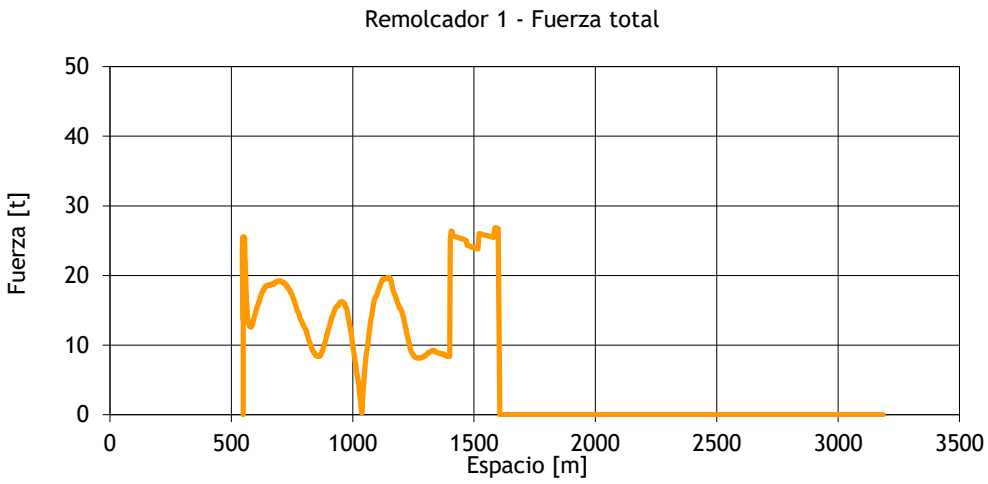
Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)

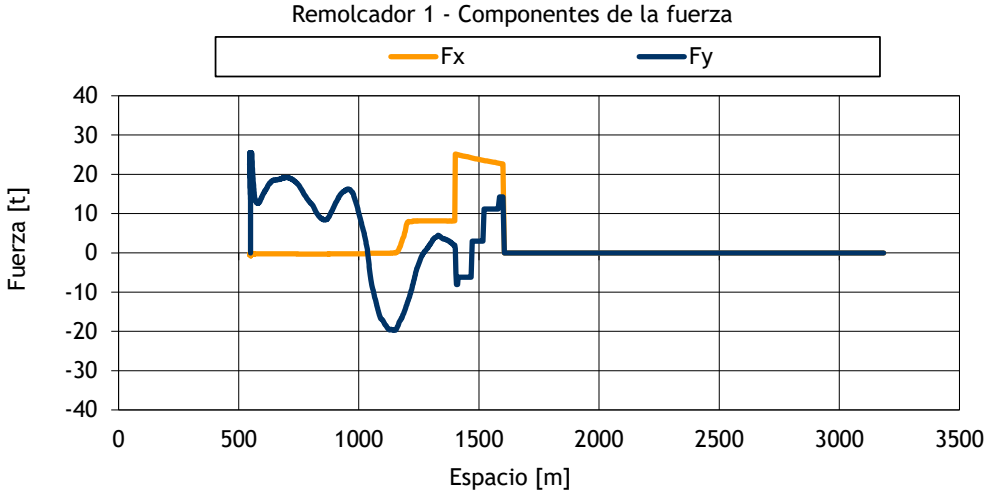
Fuerzas y momento de los remolcadores

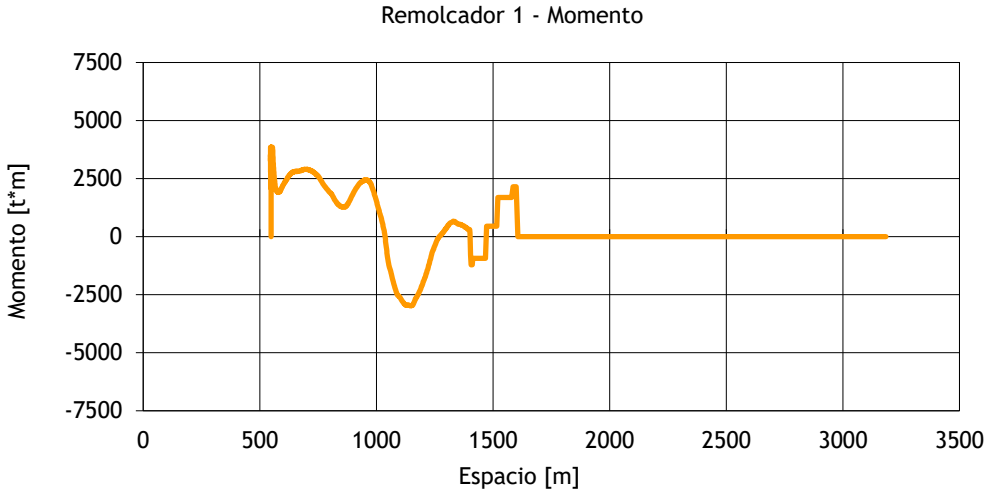
Siport21

D-4

Gráfico 4







2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Q-Flex 315x50x12.0 m. Salida

Viento: NW 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s

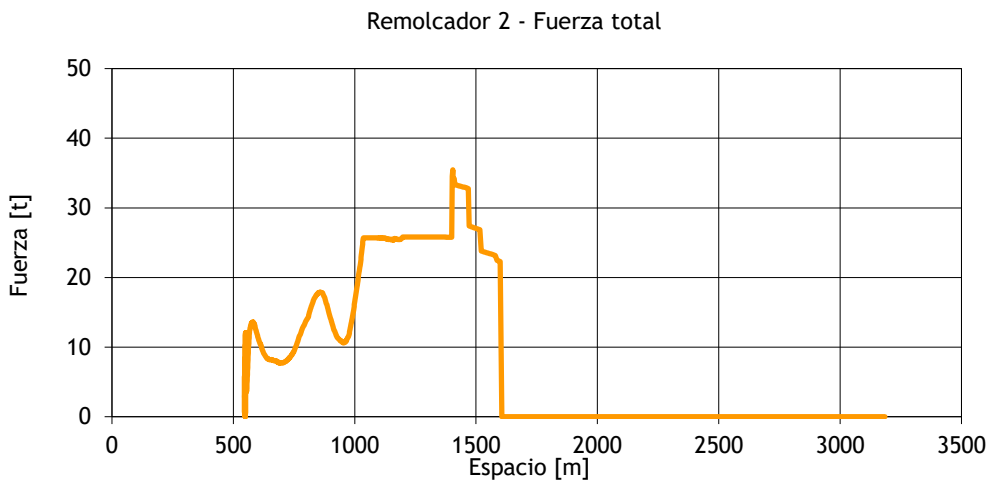
Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)

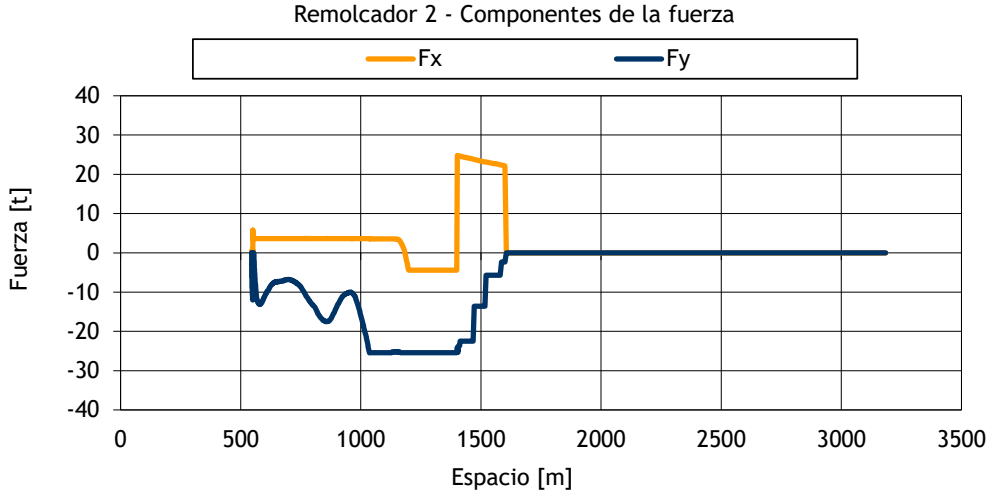
Remolcador de proa

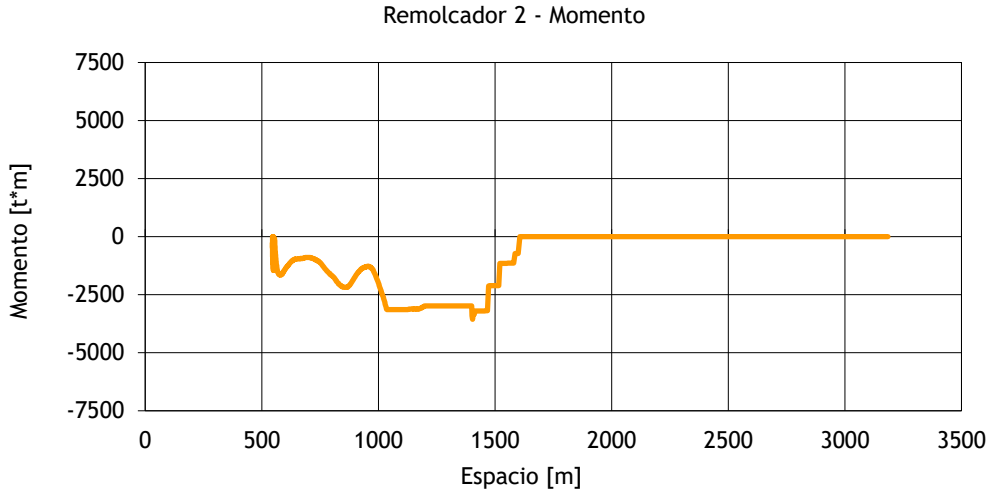
Siport21

D-4

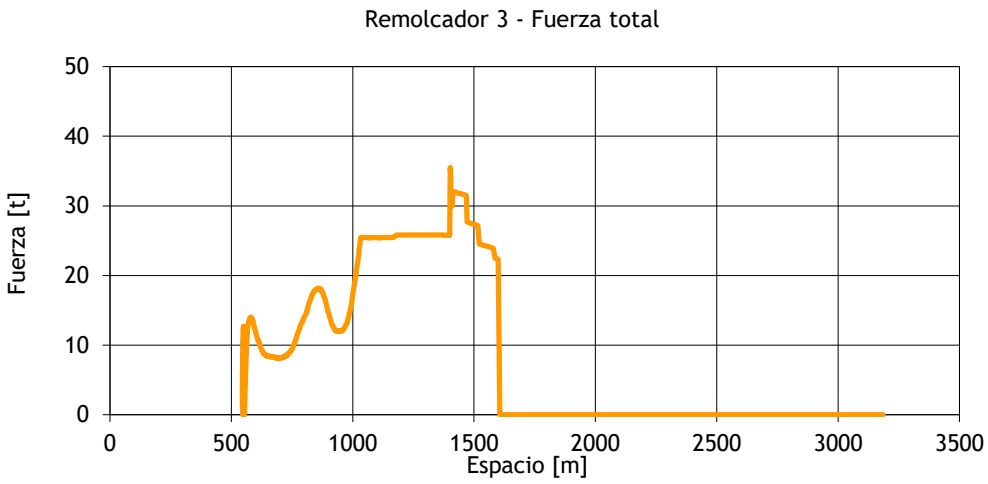
Gráfico 5

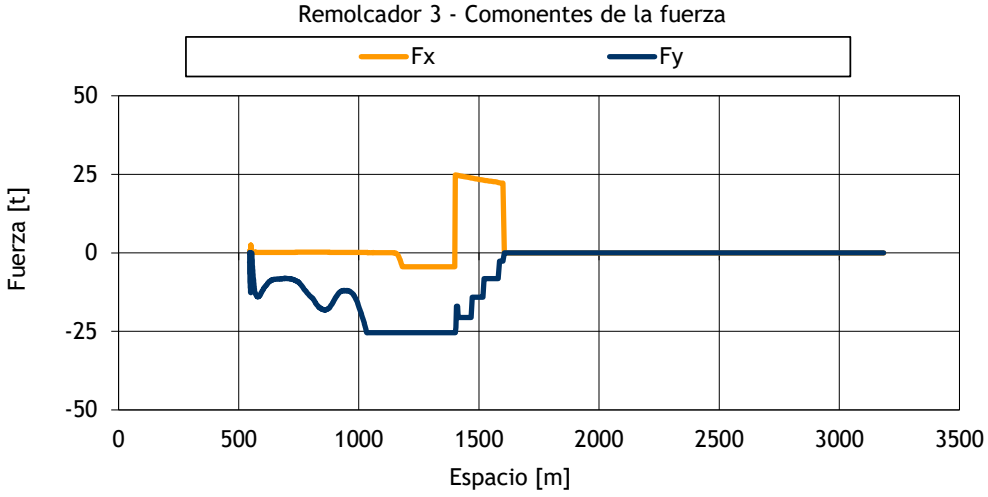


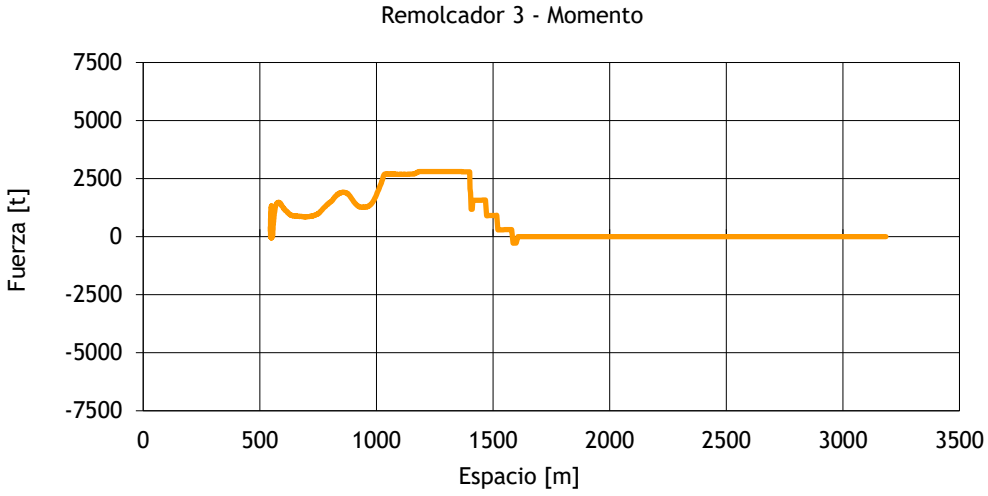




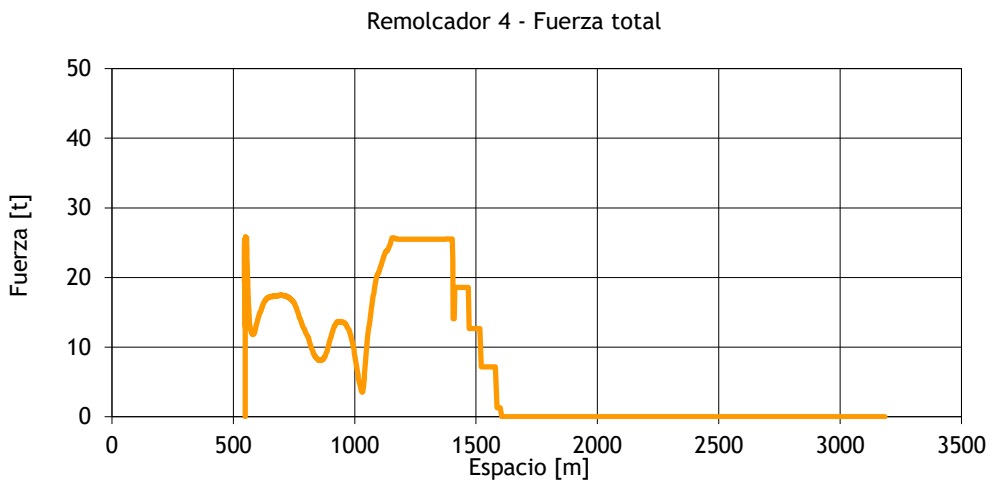
2022165_Argentina_Tierra_Fuego **Q-Flex 315x50x12.0 m. Salida** Viento: NW 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s **Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)**	Remolcador de amura estribor
Siport21	D-4 Gráfico 6

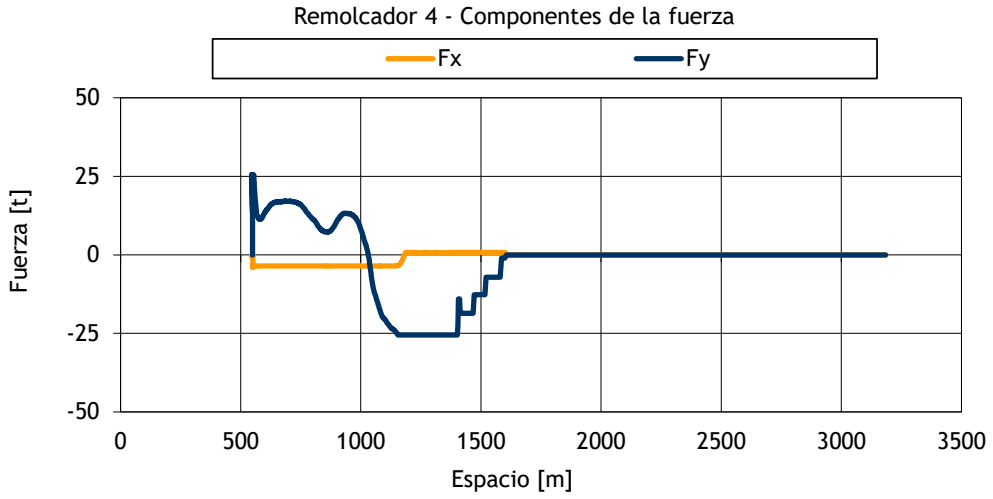


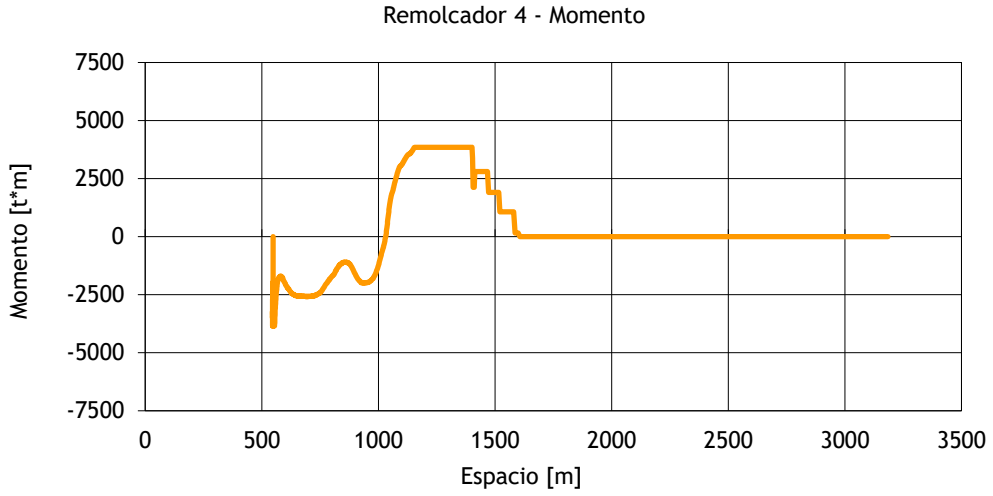




2022165_Argentina_Tierra_Fuego **Q-Flex 315x50x12.0 m. Salida** Viento: NW 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s **Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)**	Remolcador de aleta estribor
Siport21	D-4 Gráfico 7







2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Q-Flex 315x50x12.0 m. Salida

Viento: NW 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s

Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)

Remolcador de popa

Siport21

D-4

Gráfico 8

Run: 05

Q-Flex 315x50x12.0 m. Salida

Viento: W 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s

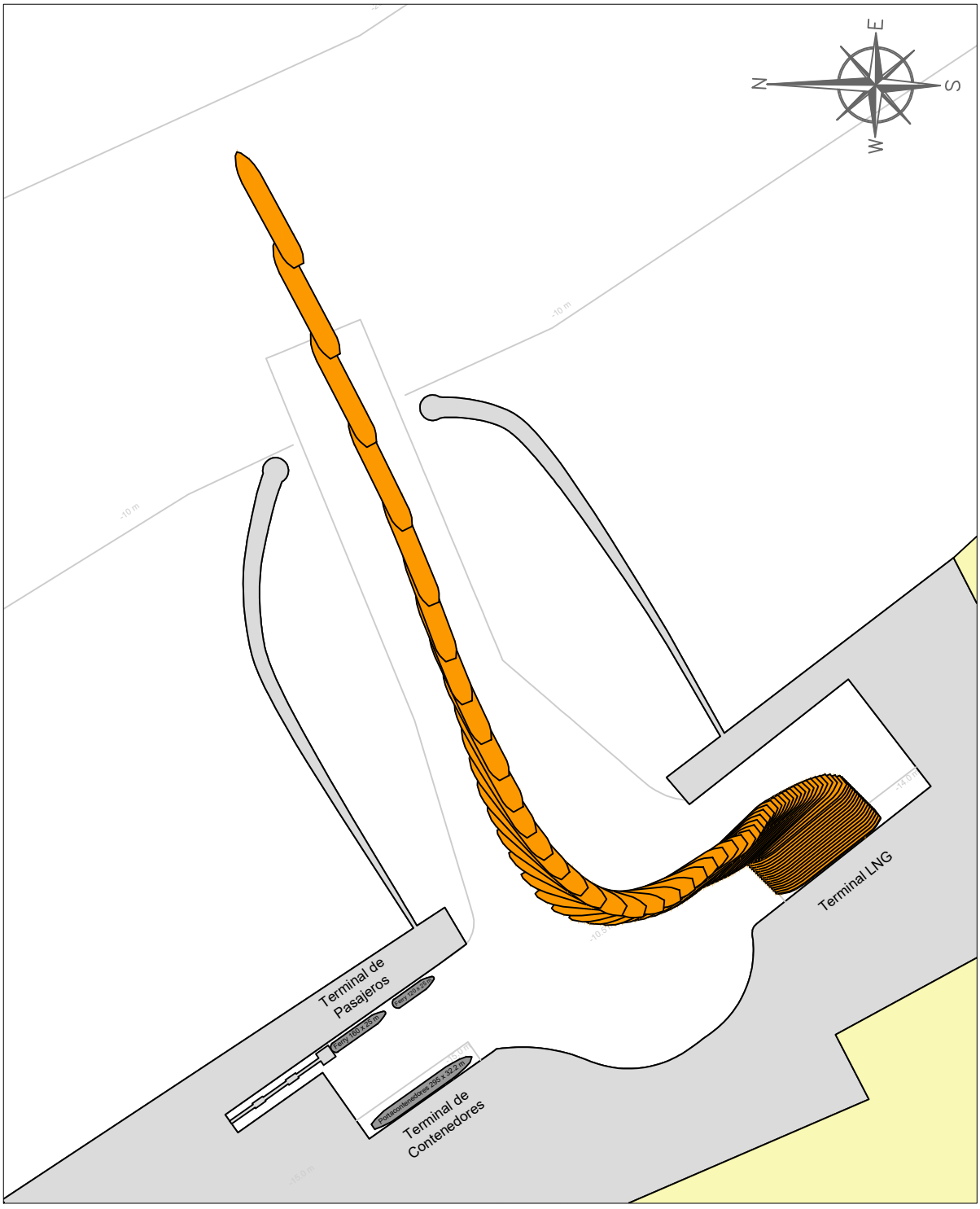


Figura: Trk-5 Q-Flex 315x50x12.0 m. Salida Viento: W 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s	Trayectoria Intervalo de dibujo: 60s Escala: 1/15 000
2022165_Argentina_Tierra_Fuego Run 5	Siport21

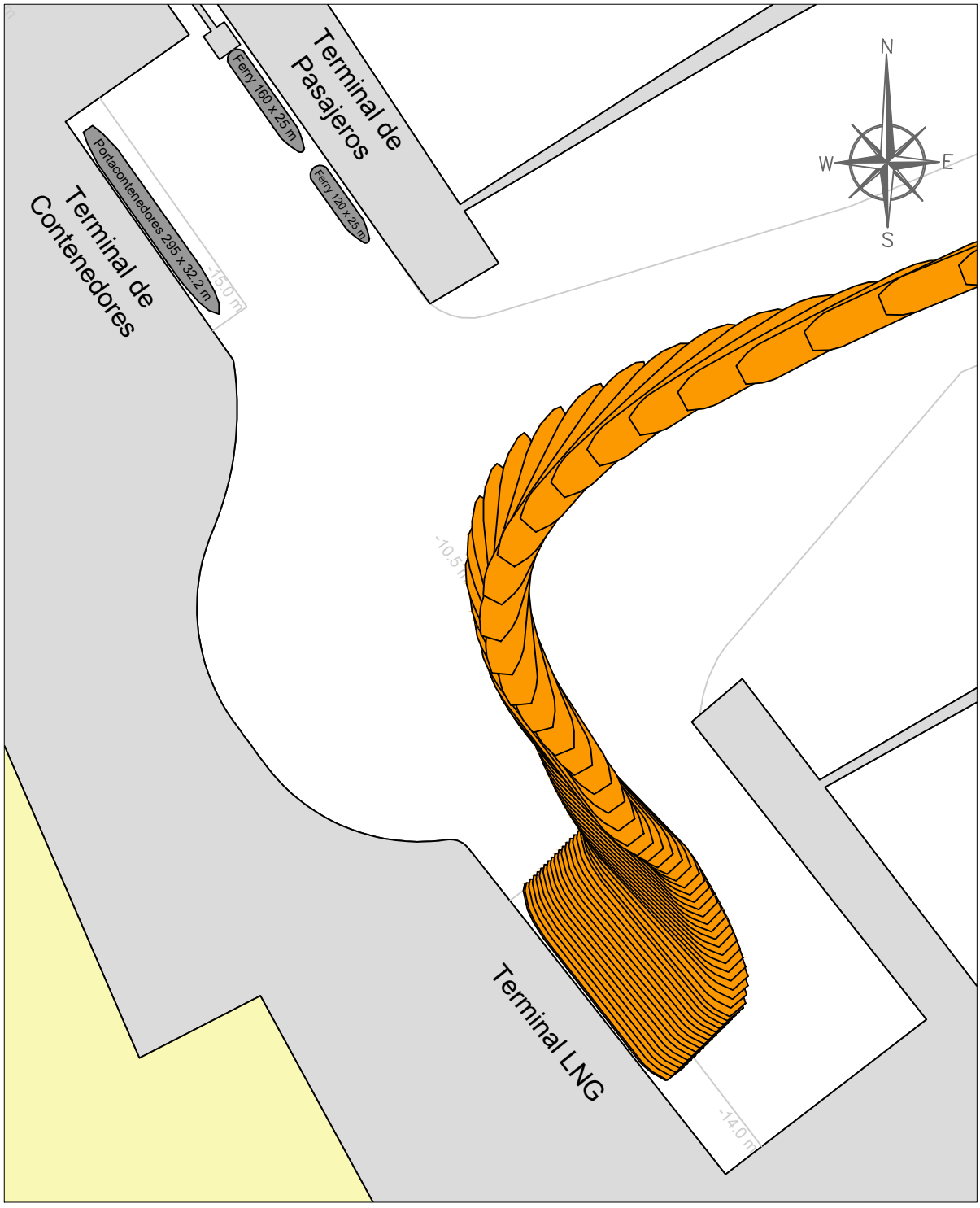
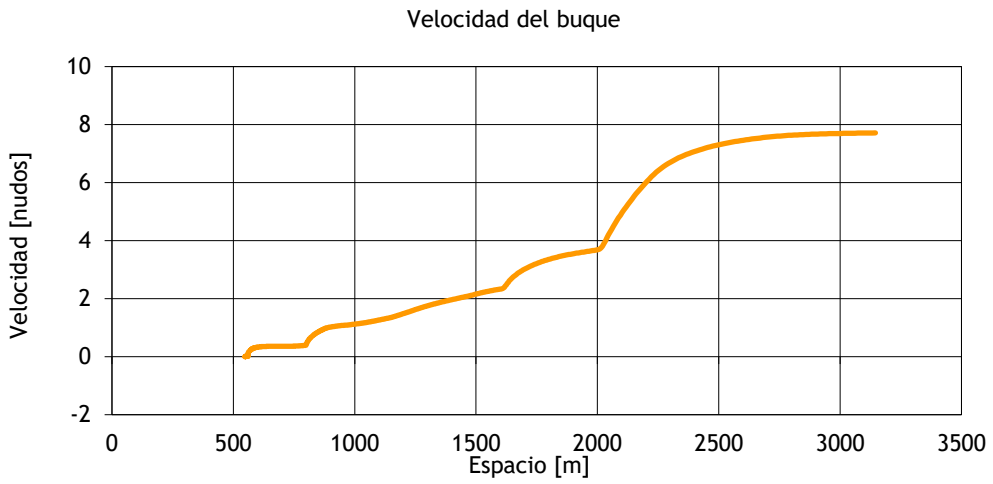
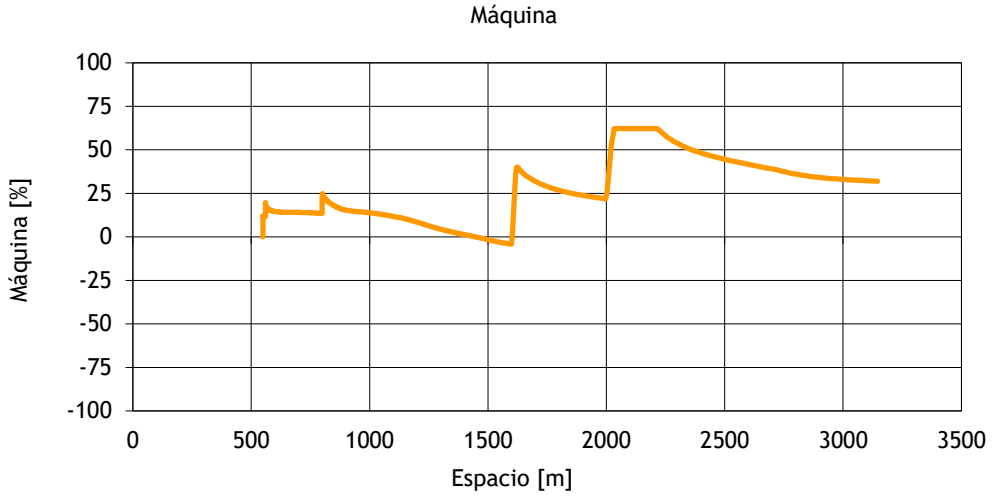
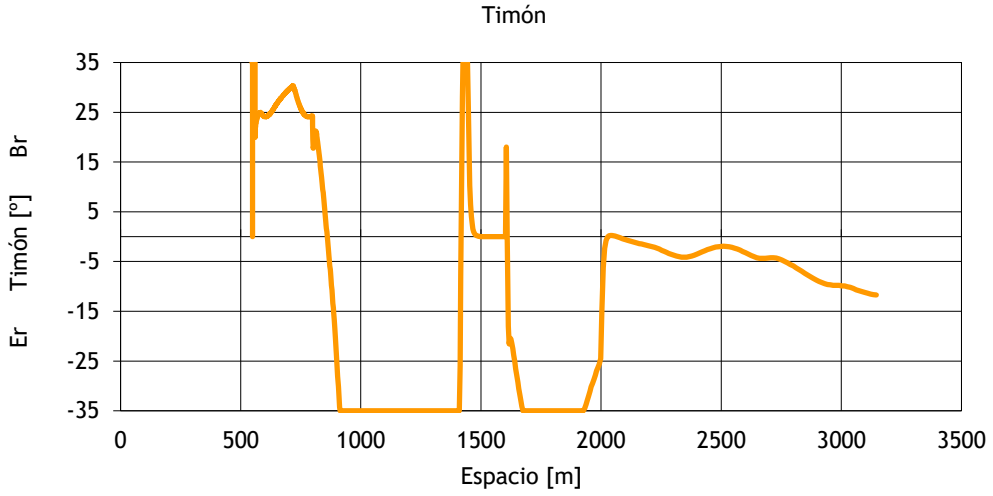


Figura: Trk-5 Q-Flex 315x50x12.0 m. Salida Viento: W 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s	Trayectoria Intervalo de dibujo: 60s Escala: 1/8 000
2022165_Argentina_Tierra_Fuego Run 5	Siport21







2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Q-Flex 315x50x12.0 m. Salida

Viento: W 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s

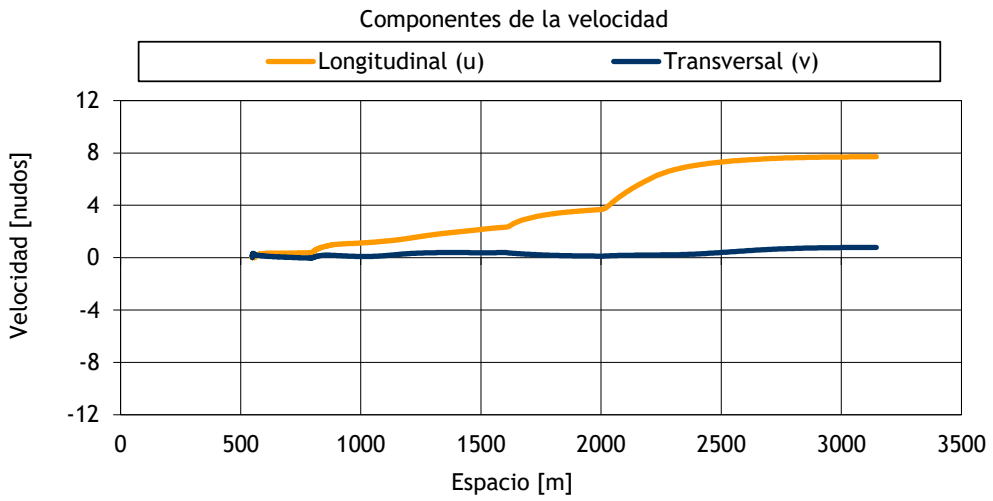
Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)

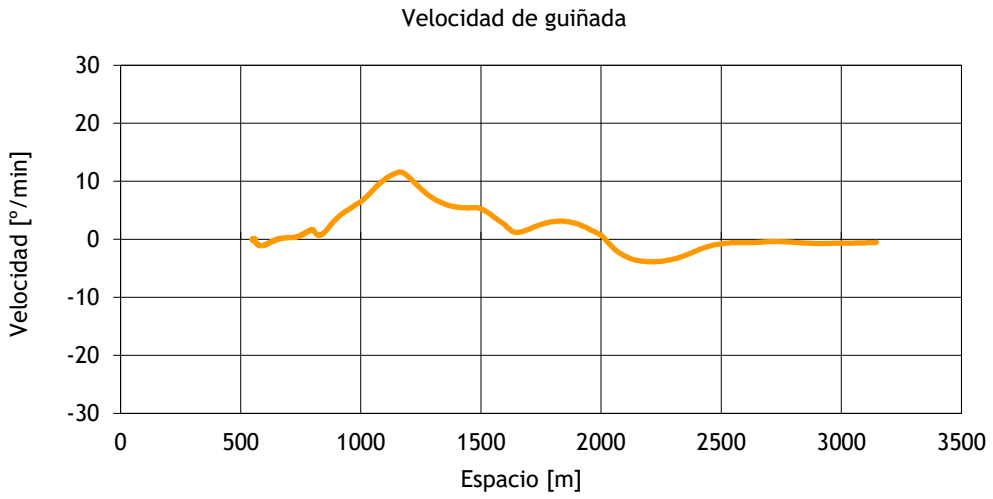
Velocidad, máquina y timón

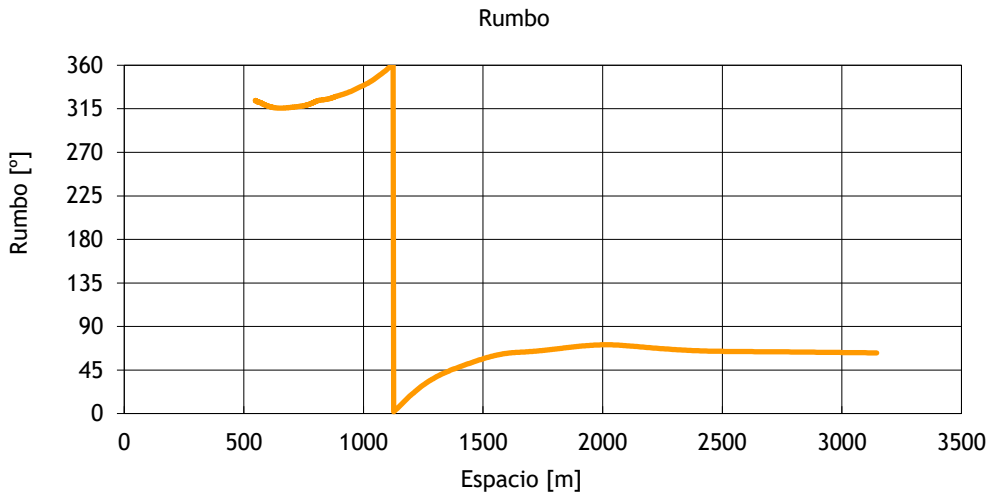
Siport21

D-5

Gráfico 1







2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Q-Flex 315x50x12.0 m. Salida

Viento: W 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s

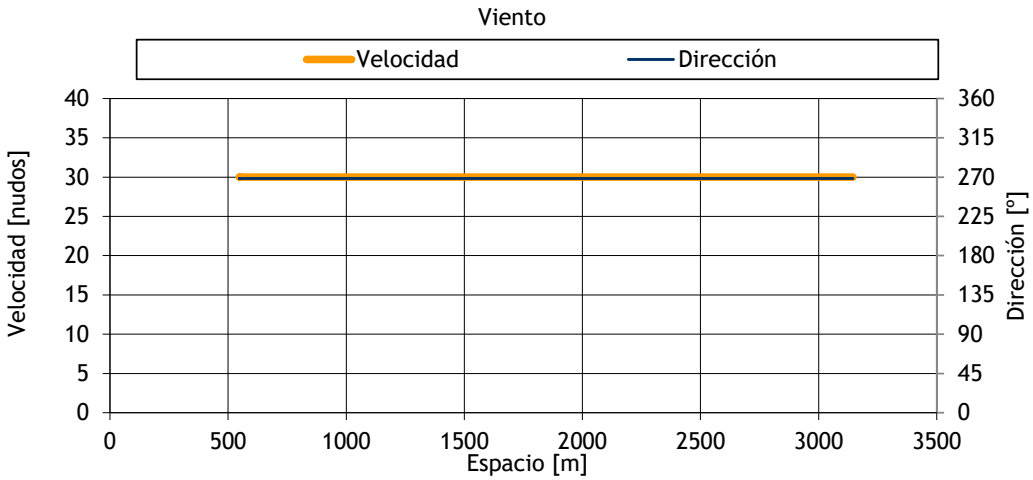
Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)

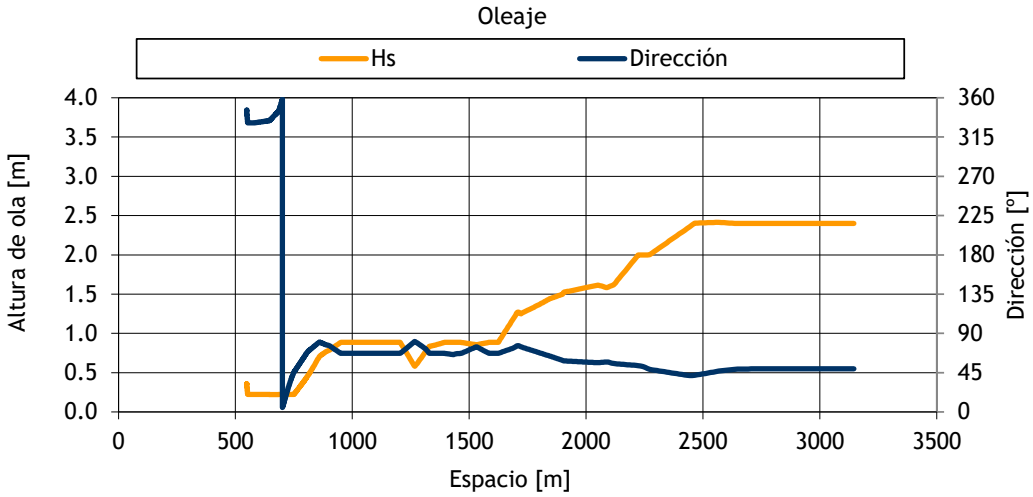
Componentes de la velocidad, velocidad de guiñada y rumbo

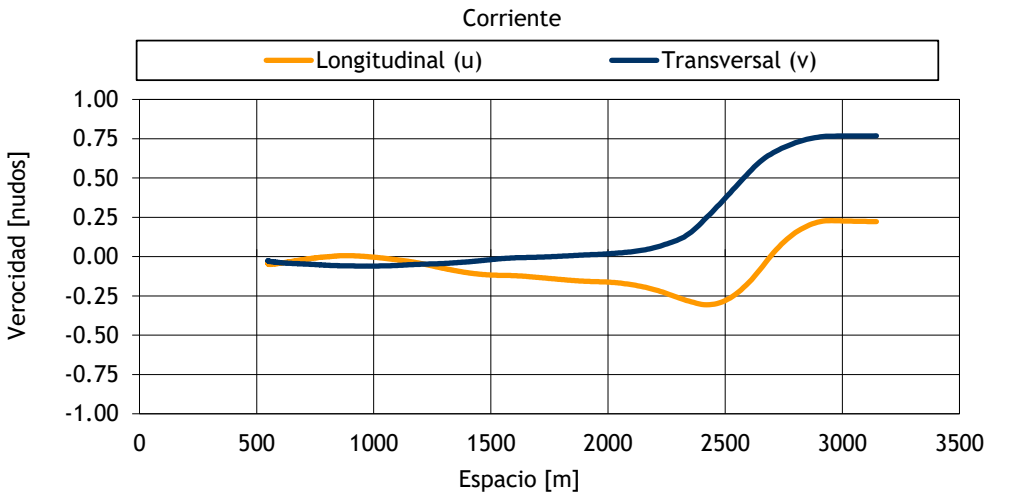
Siport21

D-5

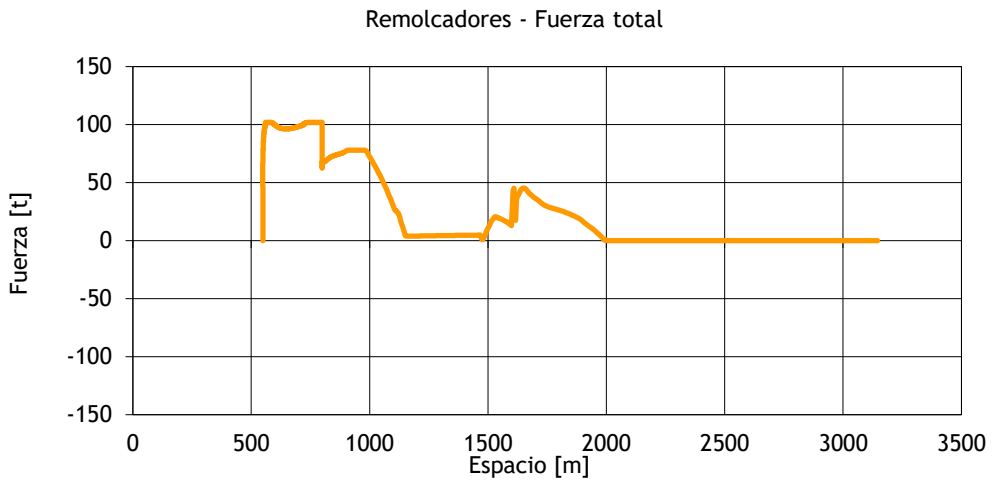
Gráfico 2

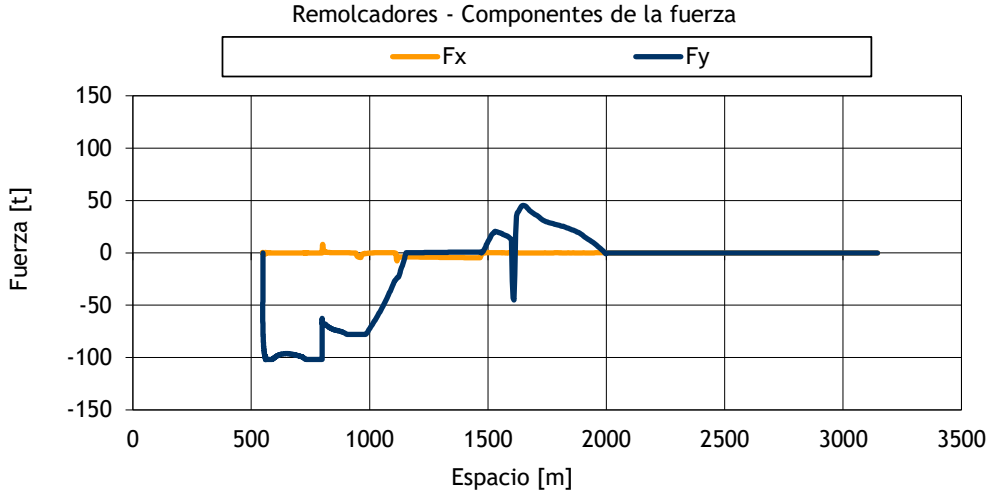


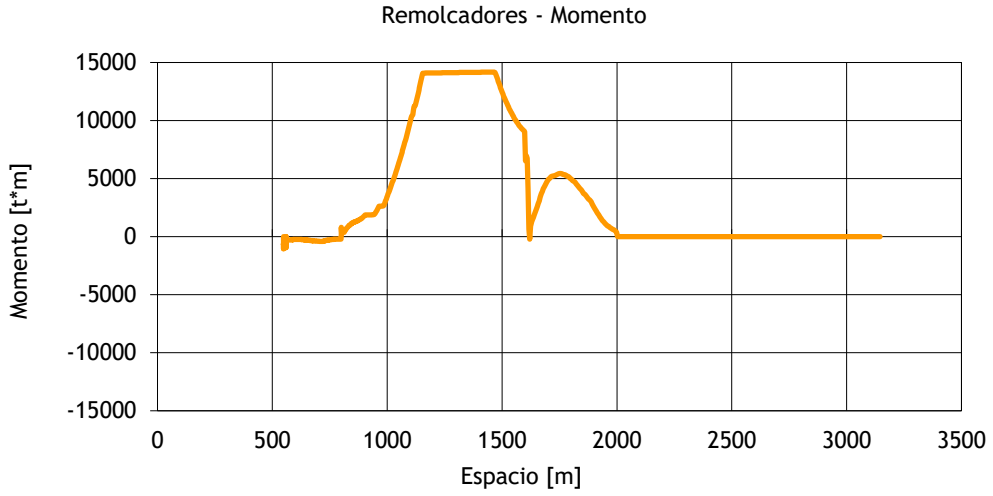




2022165_Argentina_Tierra_Fuego **Q-Flex 315x50x12.0 m. Salida** Viento: W 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s **Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)**	Condiciones climáticas
Siport21	D-5 Gráfico 3







2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Q-Flex 315x50x12.0 m. Salida

Viento: W 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s

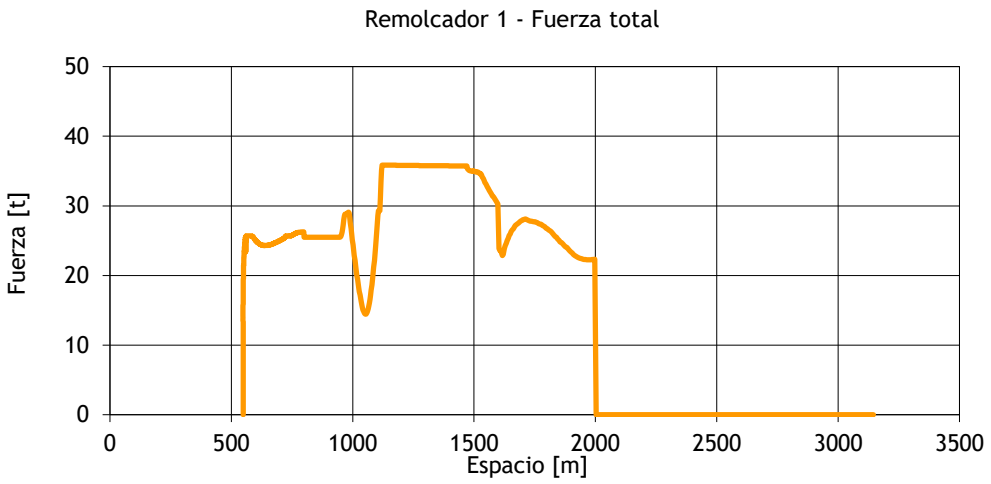
Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)

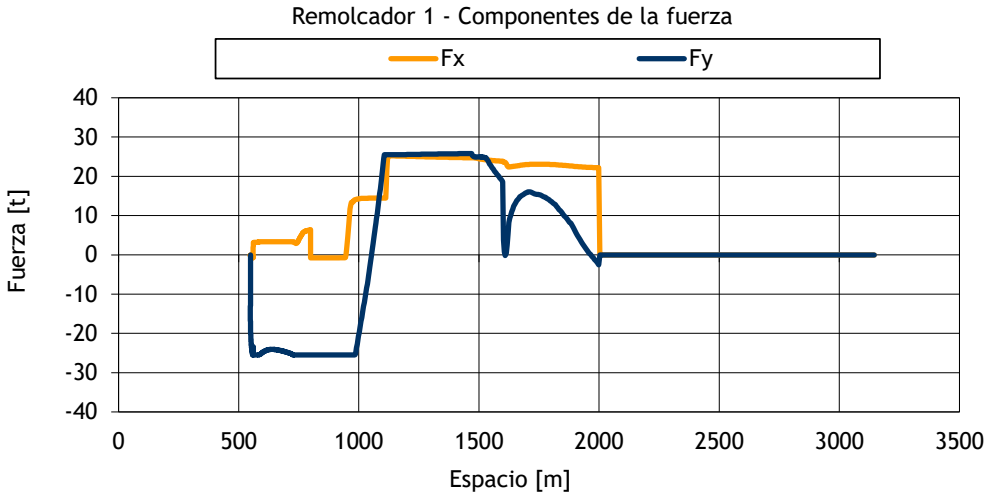
Fuerzas y momento de los remolcadores

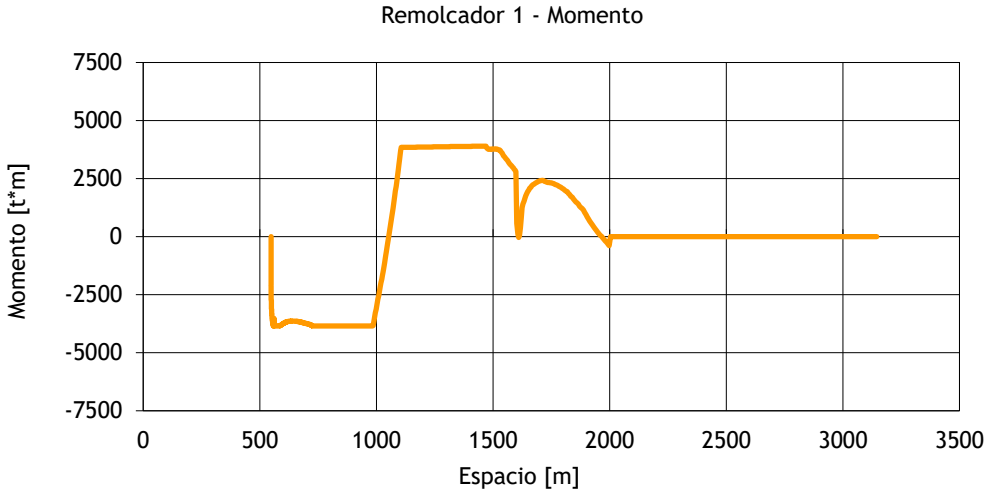
Siport21

D-5

Gráfico 4







2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Q-Flex 315x50x12.0 m. Salida

Viento: W 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s

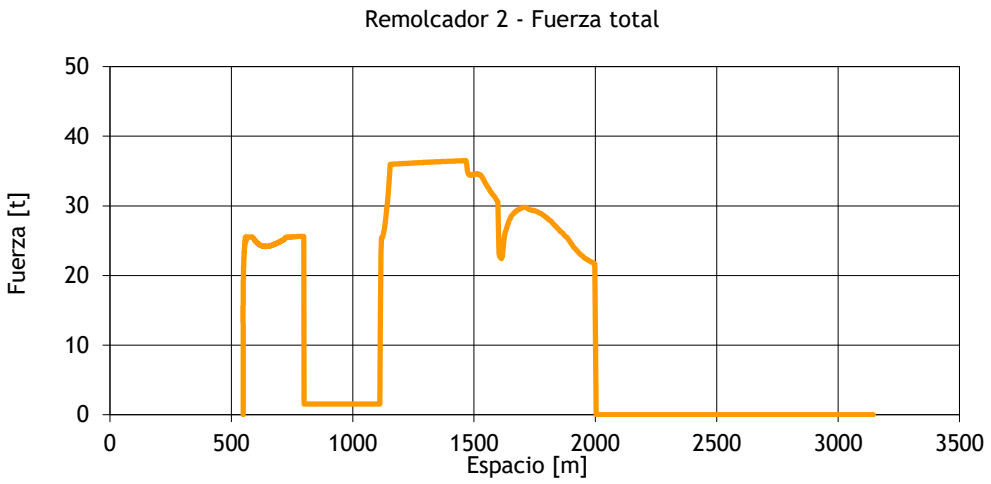
Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)

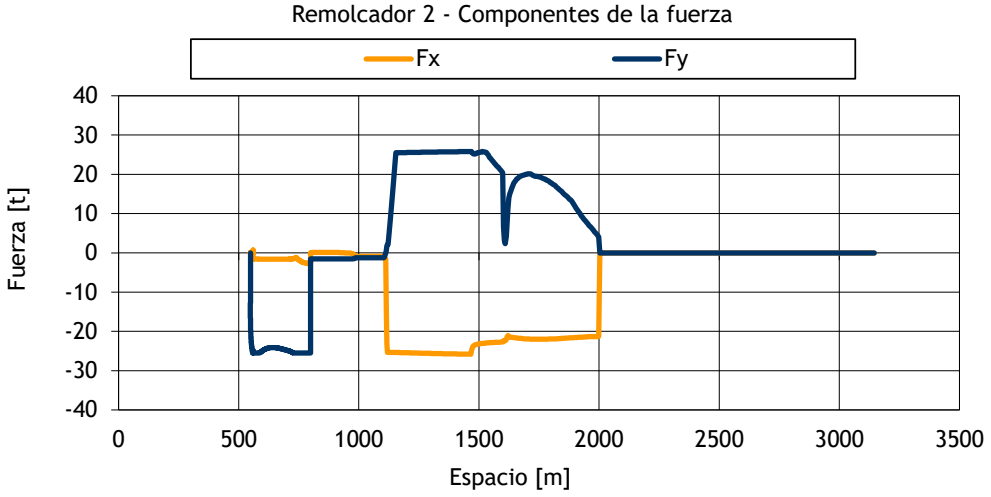
Remolcador de proa

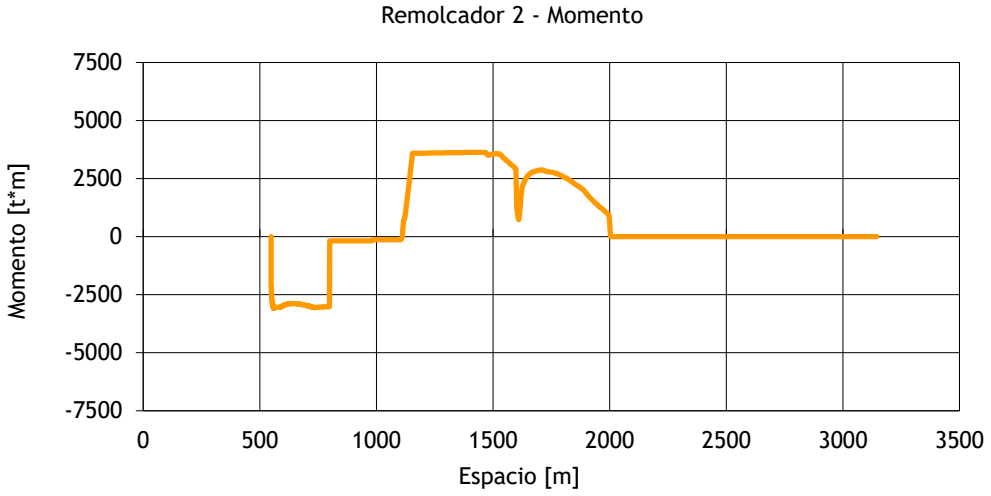
Siport21

D-5

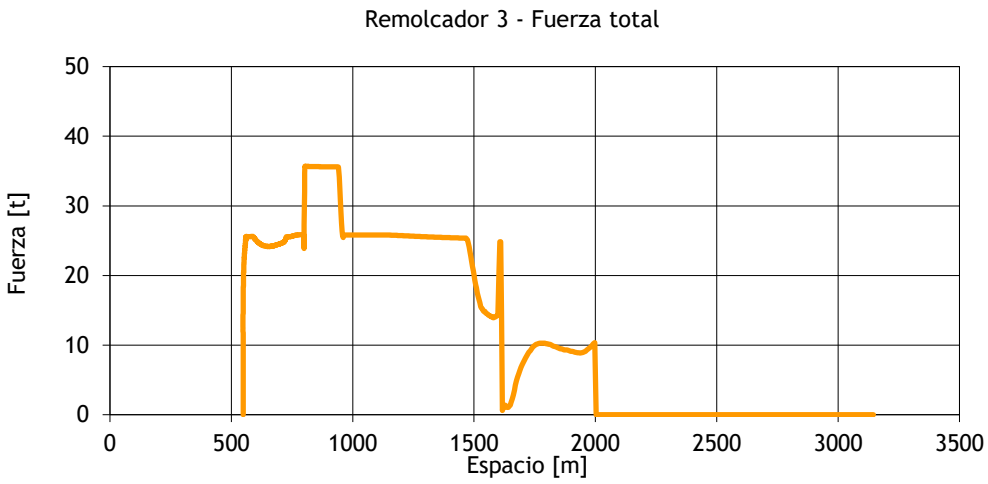
Gráfico 5

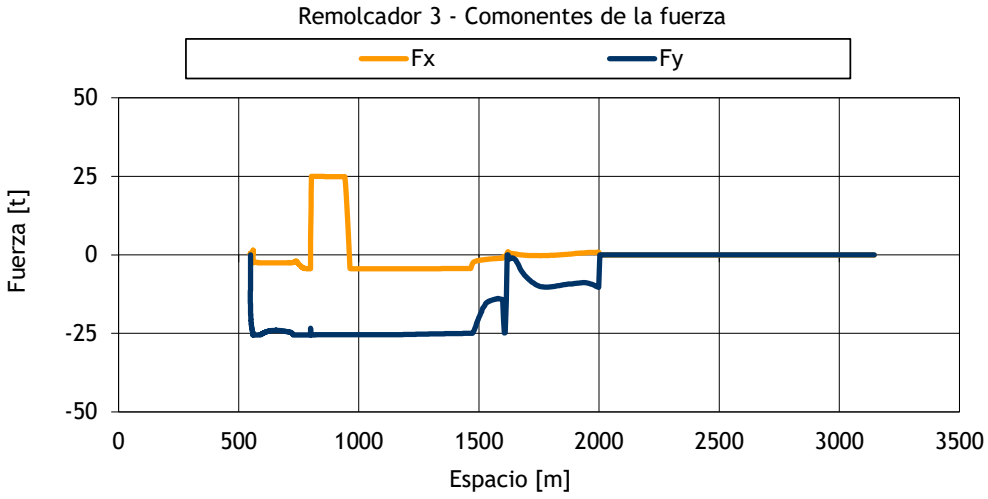


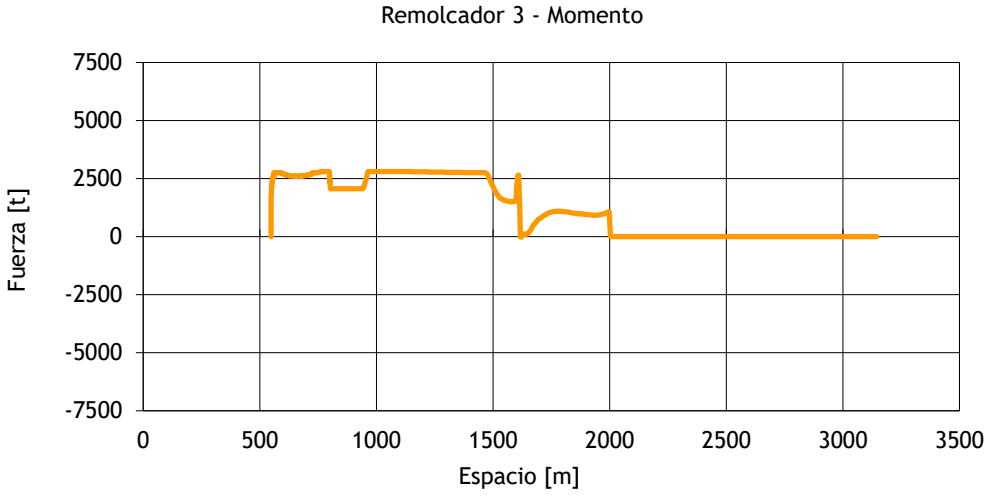




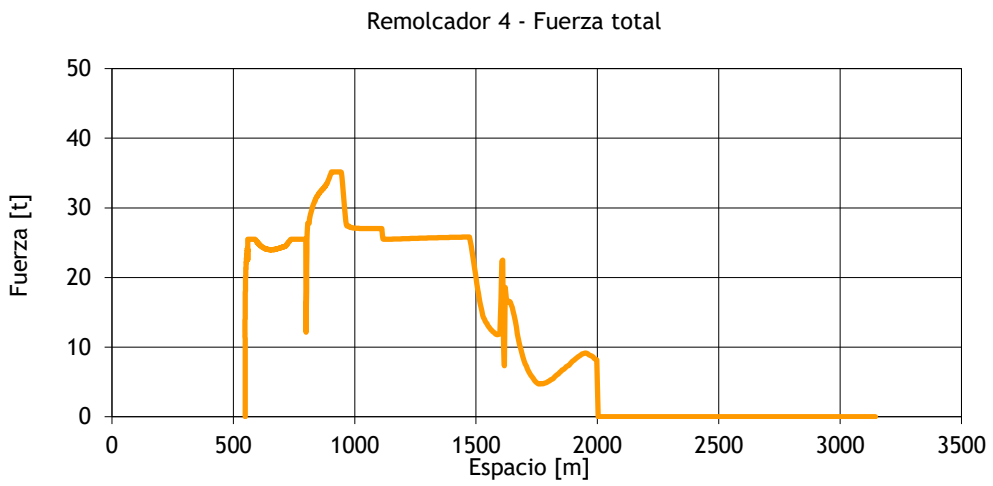
2022165_Argentina_Tierra_Fuego **Q-Flex 315x50x12.0 m. Salida** Viento: W 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s **Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)**	Remolcador de amura estribor
Siport21	D-5
	Gráfico 6

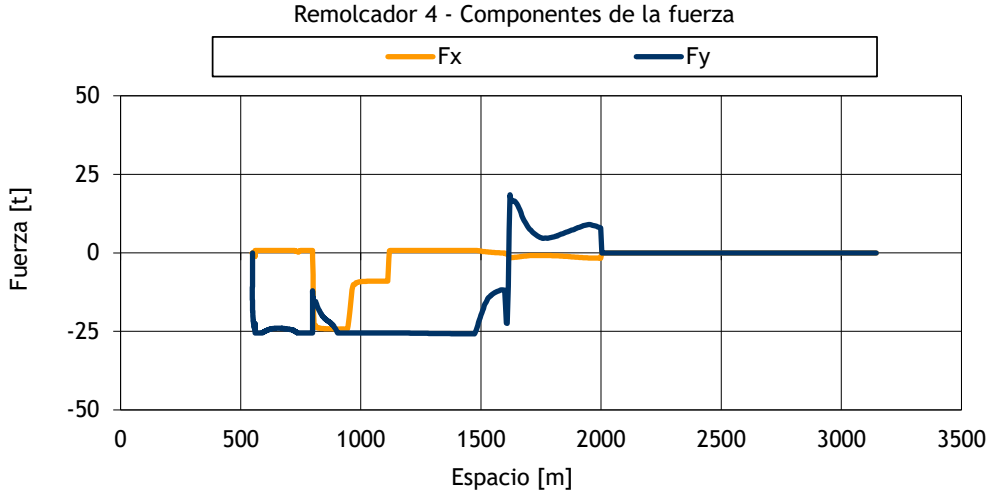


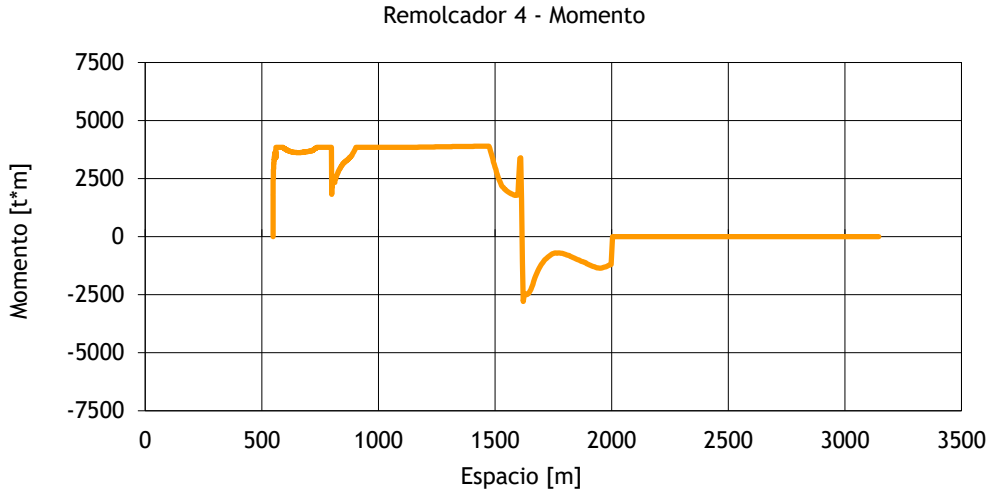




2022165_Argentina_Tierra_Fuego **Q-Flex 315x50x12.0 m. Salida** Viento: W 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s **Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)**	Remolcador de aleta estribor
Siport21	D-5
	Gráfico 7







2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Q-Flex 315x50x12.0 m. Salida

Viento: W 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s

Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)

Remolcador de popa

Siport21

D-5

Gráfico 8

Run: 06

Q-Flex 315x50x12.0 m. Salida

Viento: SW 30 kn; Ola: NE 1.5 m - 11 s; Corriente: NW 0.3 m/s

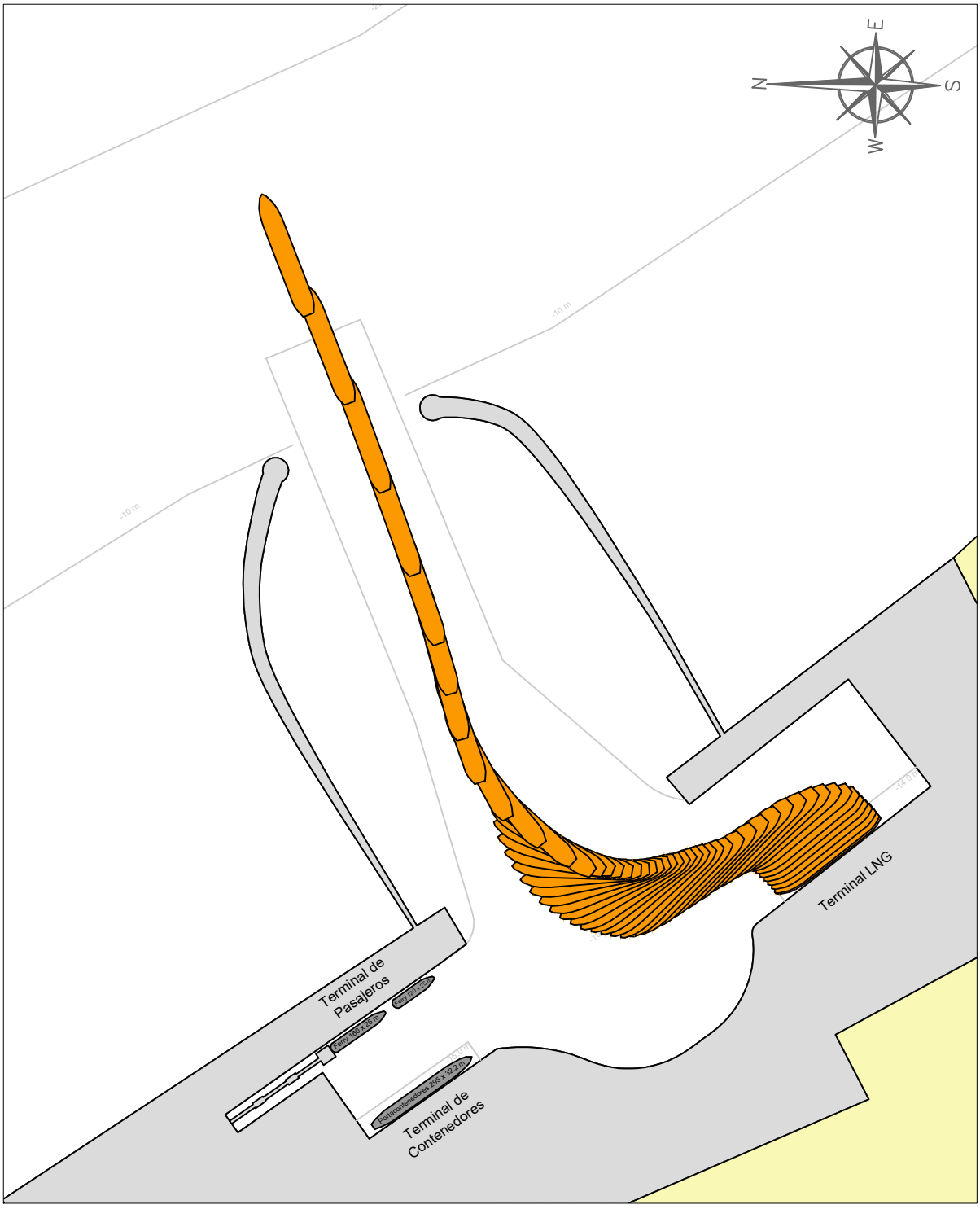


Figura: Trk-6 Q-Flex 315x50x12.0 m. Salida Viento: SW 30 kn; Ola: NE 1.5 m - 11 s; Corriente: NW 0.3 m/s	Trayectoria Intervalo de dibujo: 60s Escala: 1/15 000
2022165_Argentina_Tierra_Fuego Run 6	Siport21

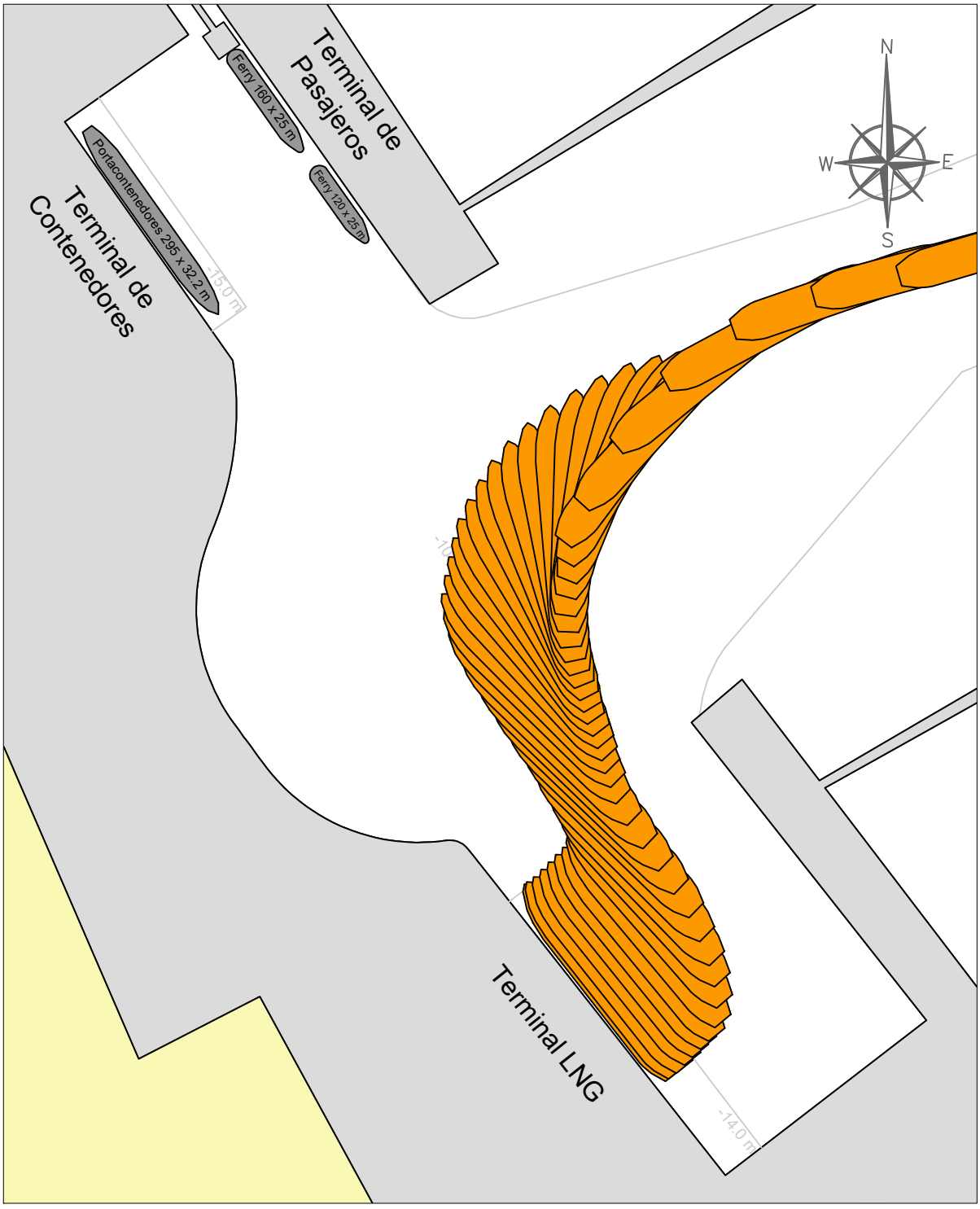
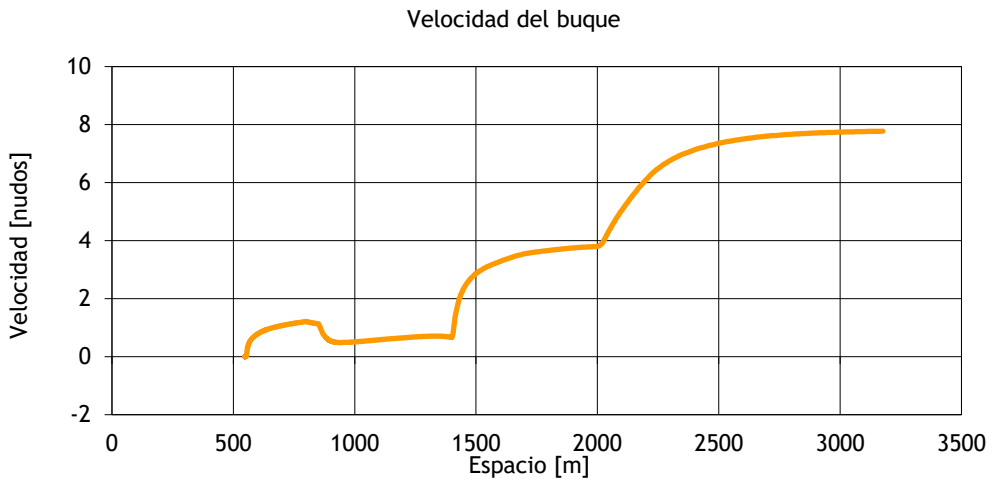
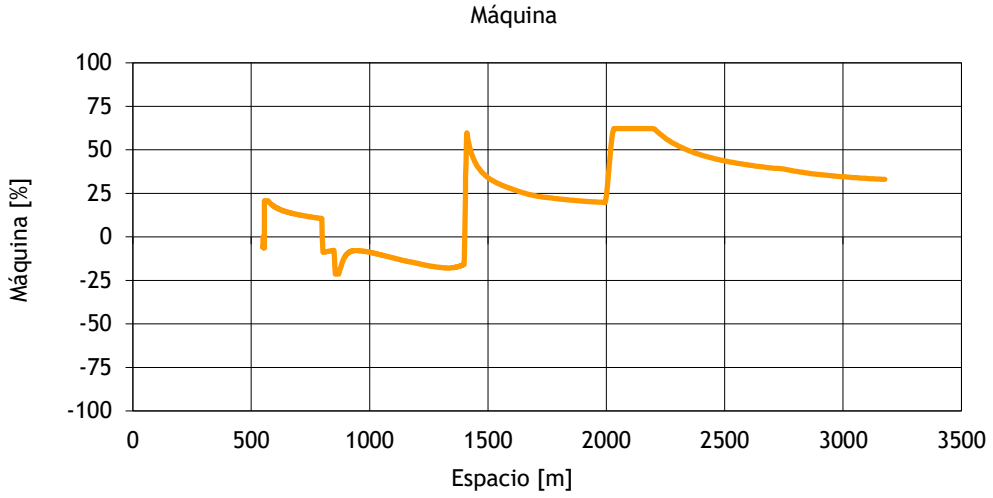
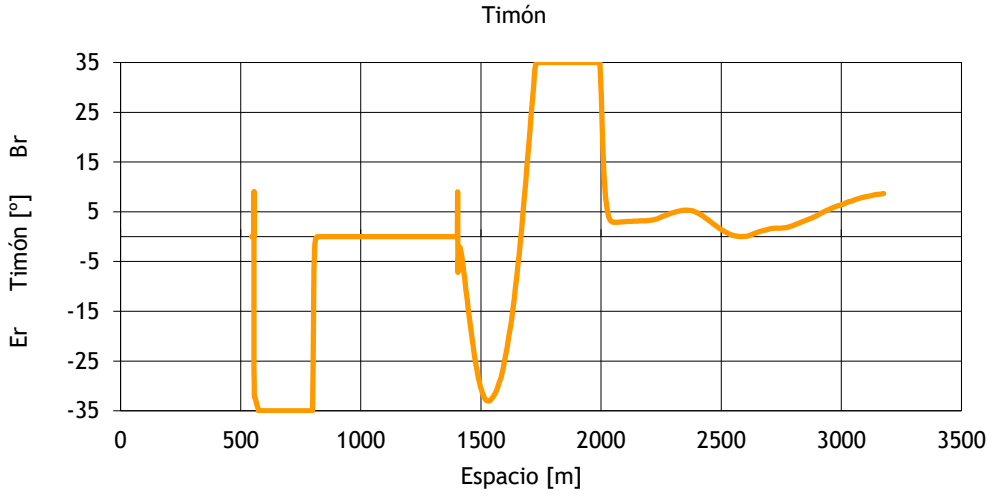


Figura: Trk-6 Q-Flex 315x50x12.0 m. Salida Viento: SW 30 kn; Ola: NE 1.5 m - 11 s; Corriente: NW 0.3 m/s	Trayectoria Intervalo de dibujo: 60s Escala: 1/8 000
2022165_Argentina_Tierra_Fuego Run 6	Siport21







2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Q-Flex 315x50x12.0 m. Salida

Viento: SW 30 kn; Ola: NE 1.5 m - 11 s; Corriente: NW 0.3 m/s

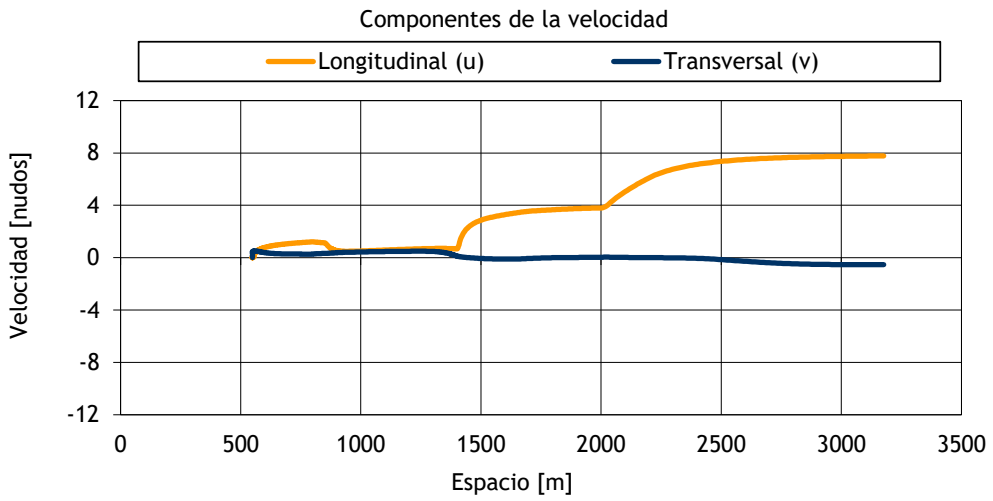
Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)

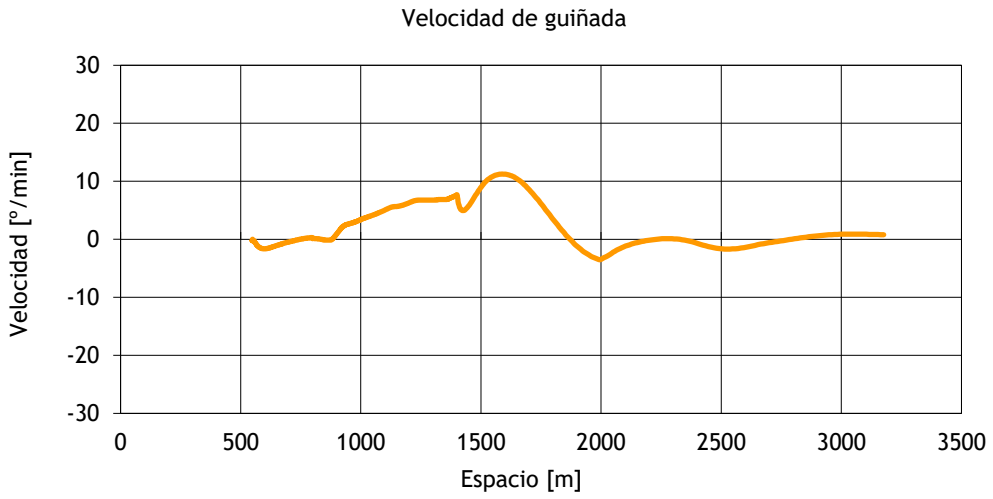
Velocidad, máquina y timón

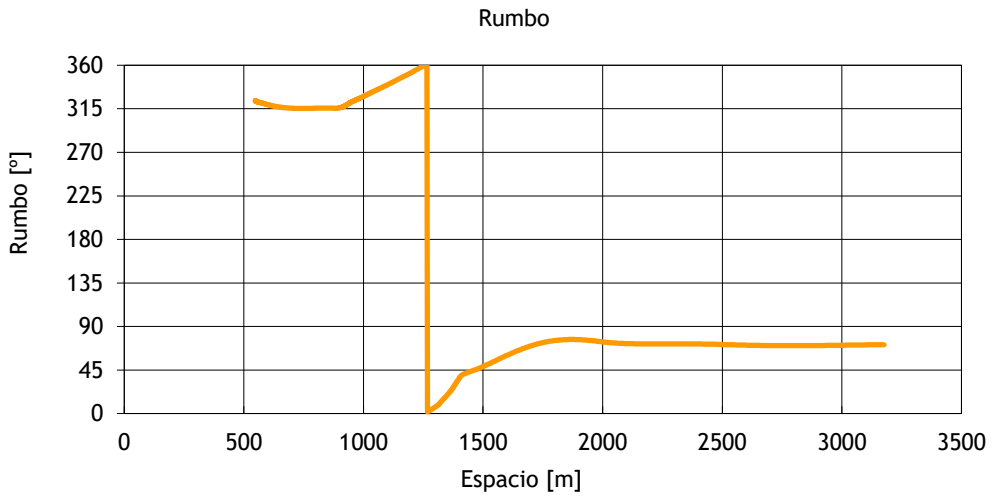
Siport21

D-6

Gráfico 1







2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Q-Flex 315x50x12.0 m. Salida

Viento: SW 30 kn; Ola: NE 1.5 m - 11 s; Corriente: NW 0.3 m/s

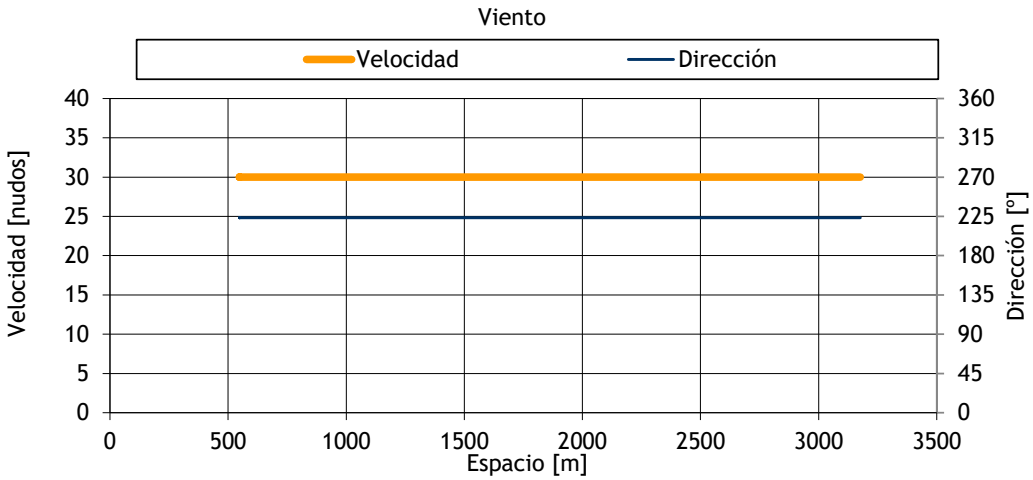
Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)

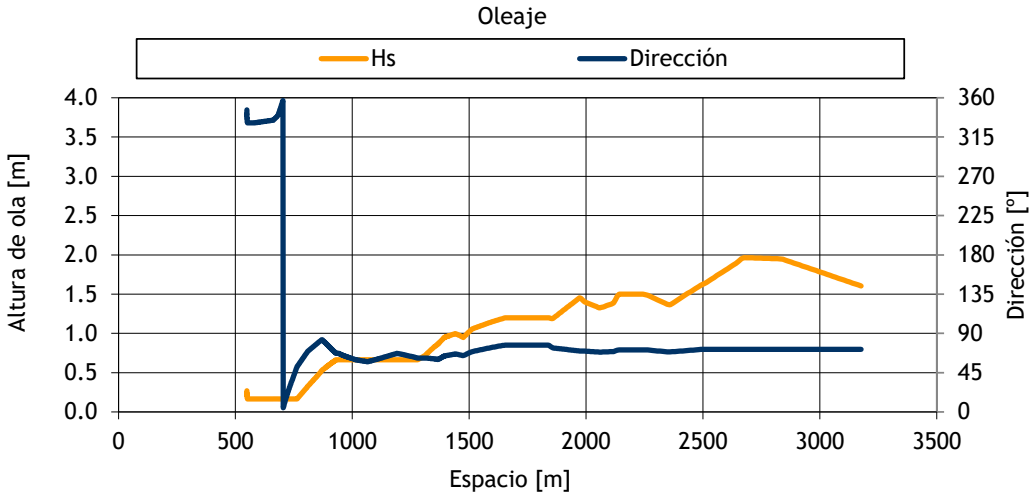
Componentes de la velocidad, velocidad de guiñada y rumbo

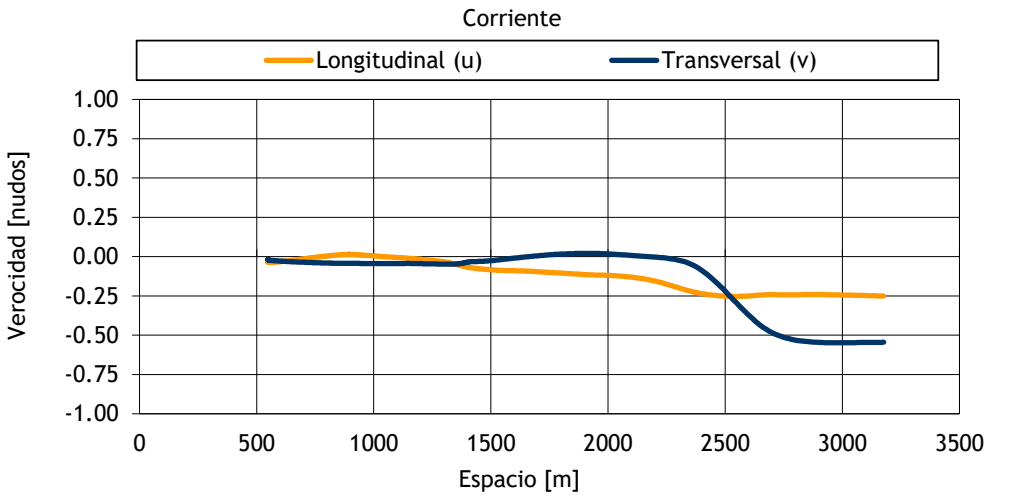
Siport21

D-6

Gráfico 2







2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Q-Flex 315x50x12.0 m. Salida

Viento: SW 30 kn; Ola: NE 1.5 m - 11 s; Corriente: NW 0.3 m/s

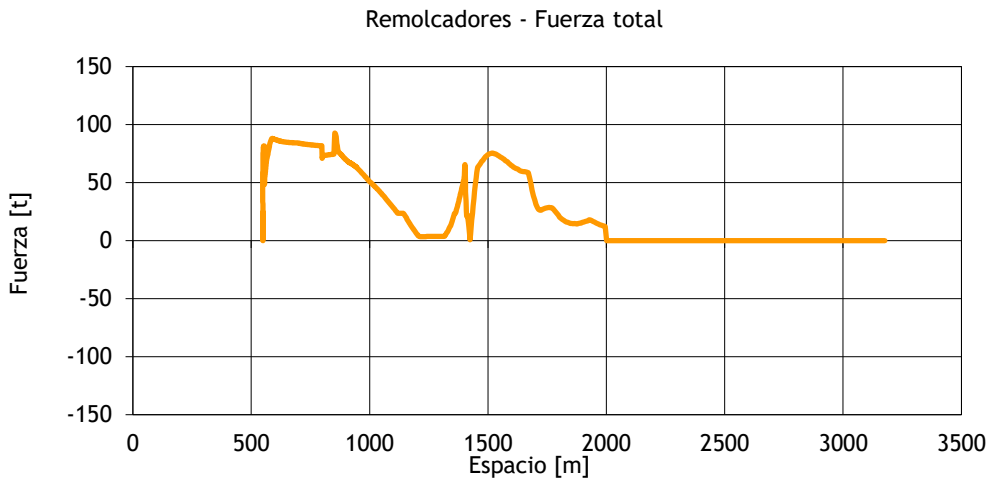
Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)

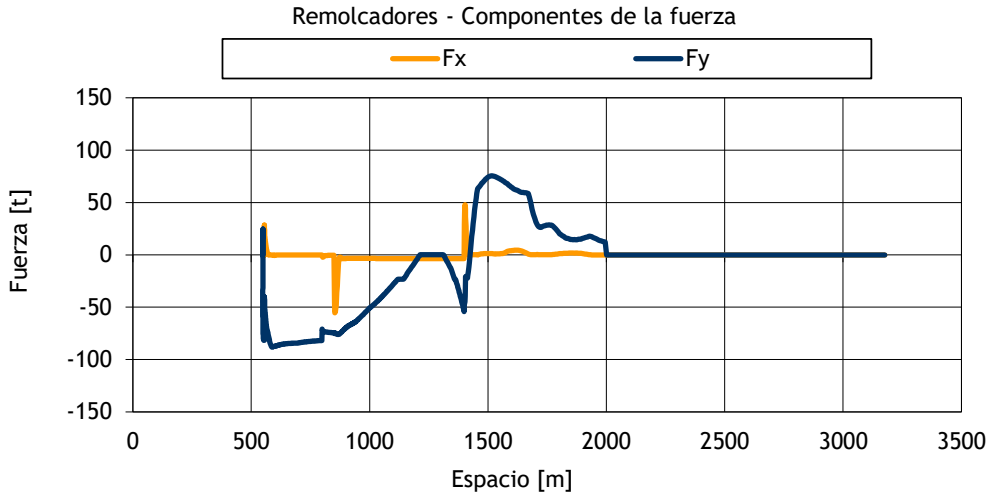
Condiciones climáticas

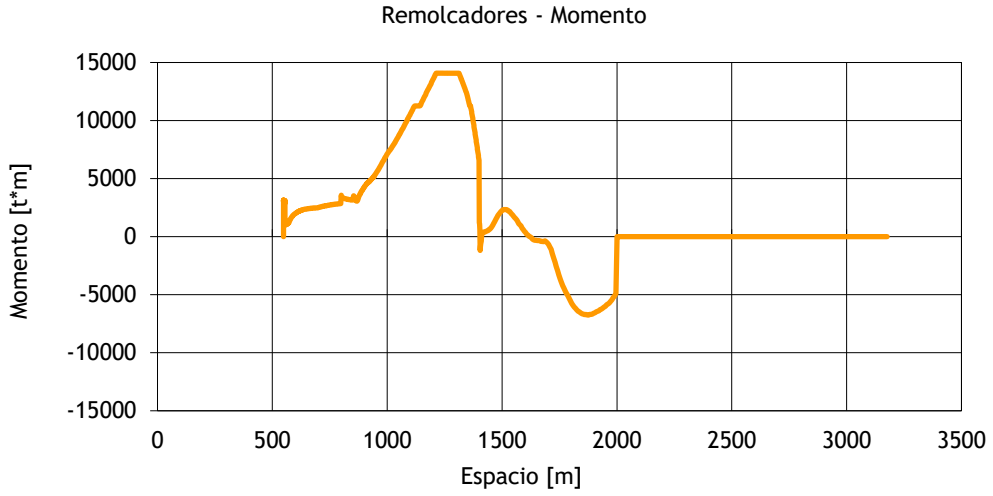
Siport21

D-6

Gráfico 3







2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Q-Flex 315x50x12.0 m. Salida

Viento: SW 30 kn; Ola: NE 1.5 m - 11 s; Corriente: NW 0.3 m/s

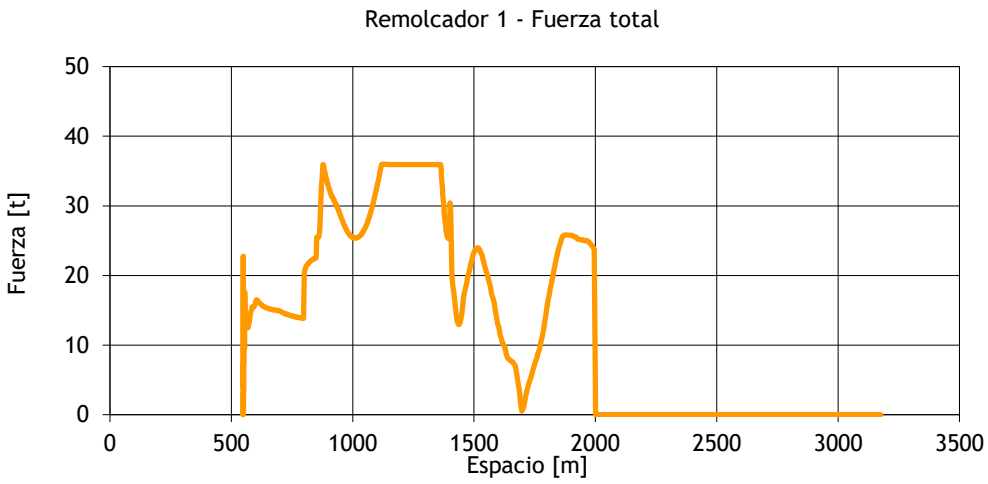
Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)

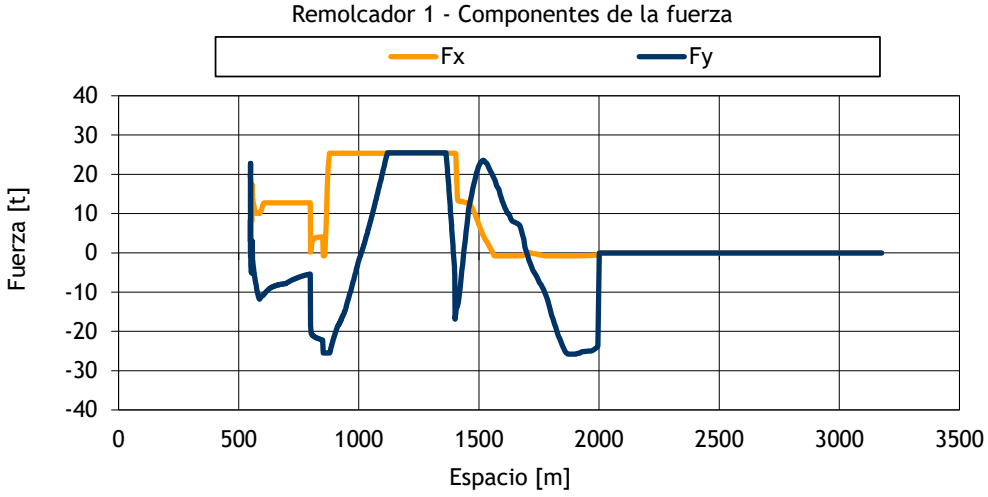
Fuerzas y momento de los remolcadores

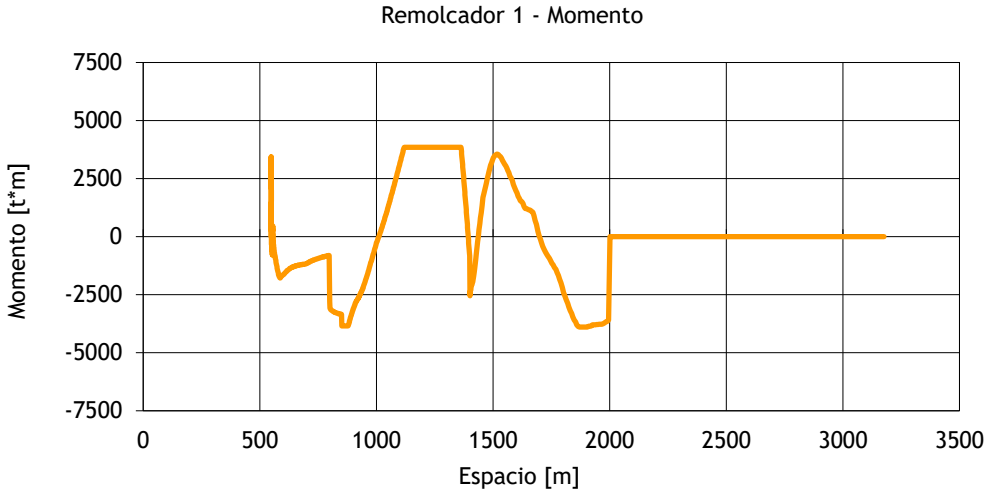
Siport21

D-6

Gráfico 4







2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Q-Flex 315x50x12.0 m. Salida

Viento: SW 30 kn; Ola: NE 1.5 m - 11 s; Corriente: NW 0.3 m/s

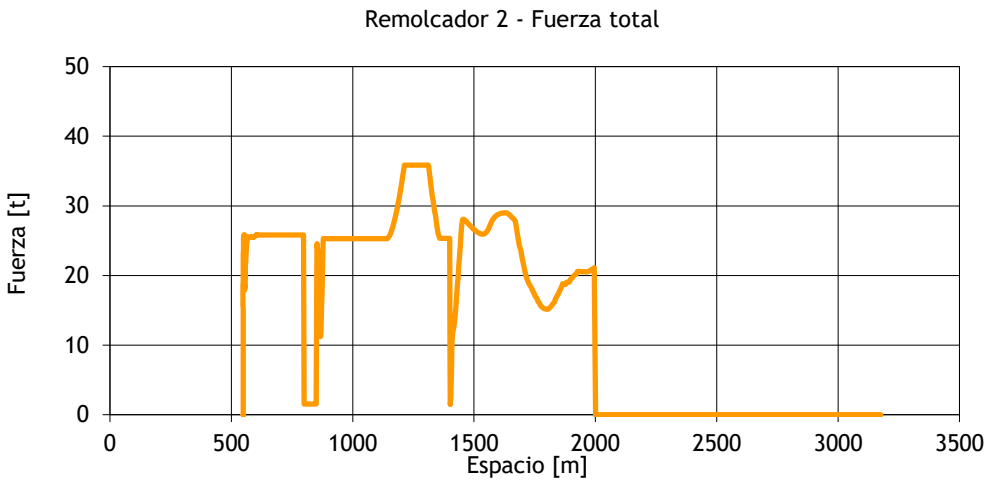
Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)

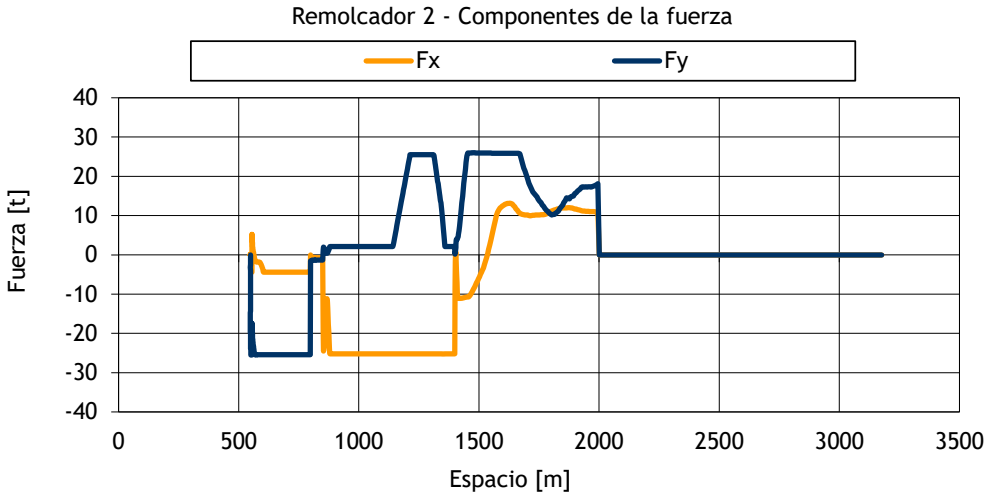
Remolcador de proa

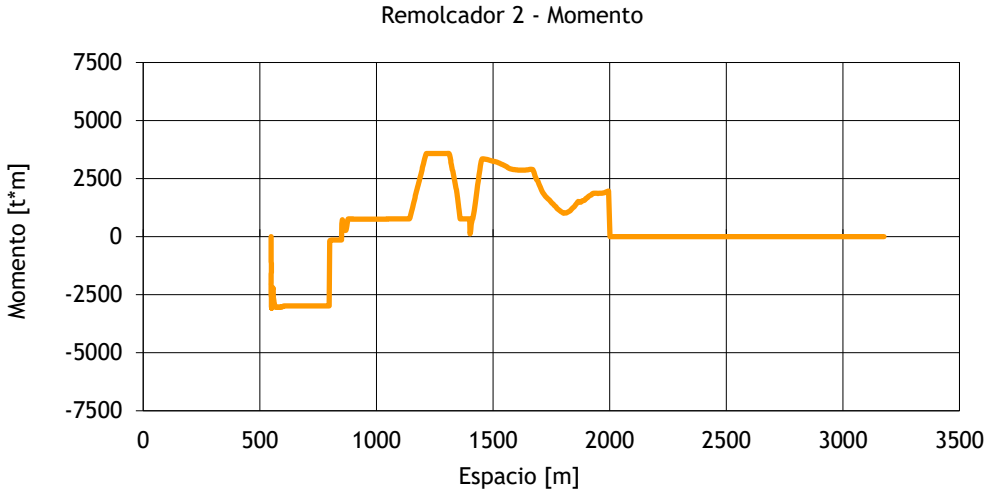
Siport21

D-6

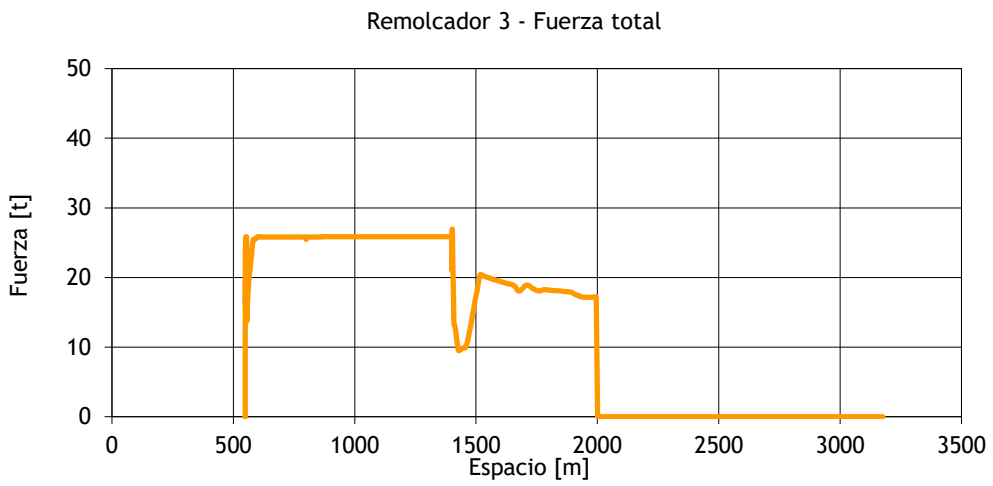
Gráfico 5

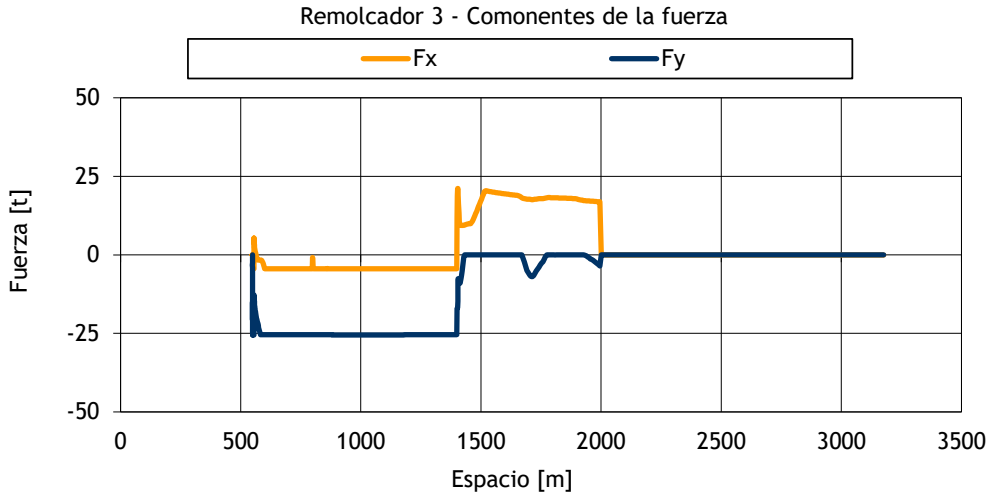


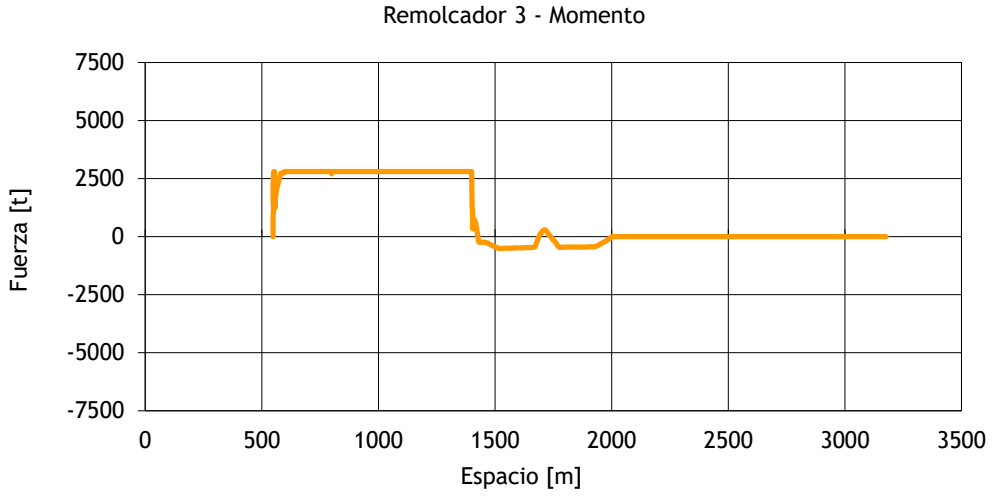




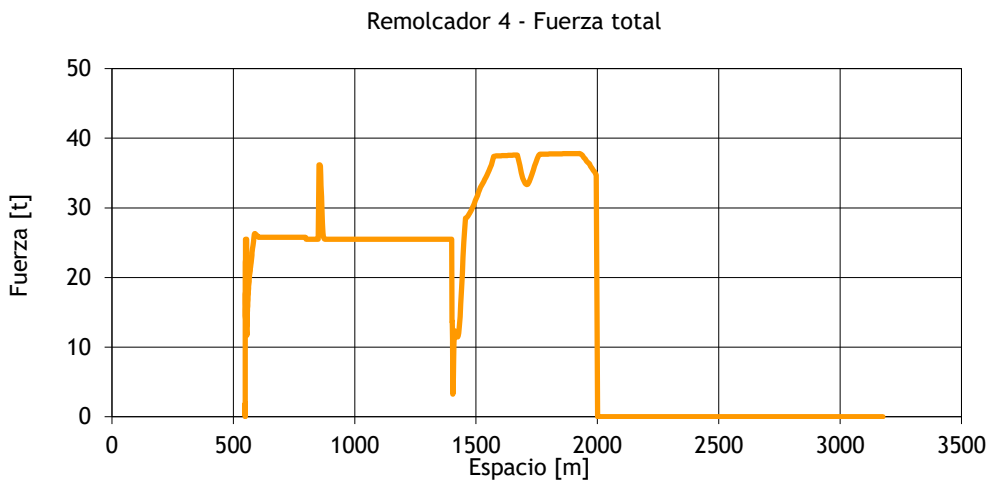
2022165_Argentina_Tierra_Fuego **Q-Flex 315x50x12.0 m. Salida** Viento: SW 30 kn; Ola: NE 1.5 m - 11 s; Corriente: NW 0.3 m/s **Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)**	Remolcador de amura estribor
Siport21	D-6
	Gráfico 6

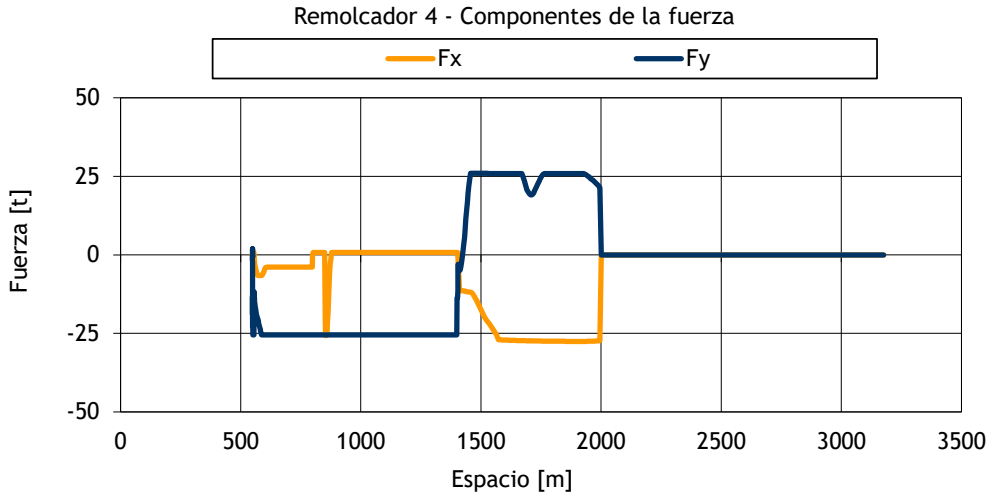


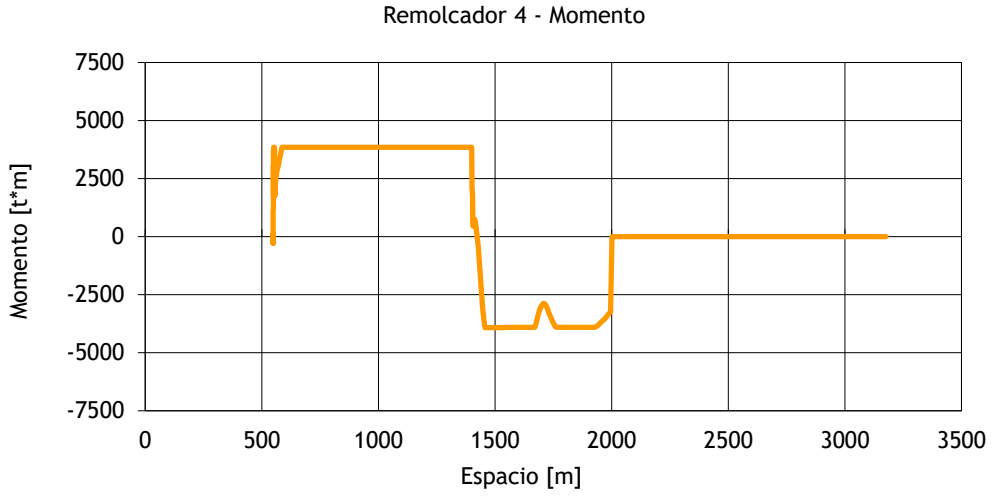




2022165_Argentina_Tierra_Fuego **Q-Flex 315x50x12.0 m. Salida** Viento: SW 30 kn; Ola: NE 1.5 m - 11 s; Corriente: NW 0.3 m/s **Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)**	Remolcador de aleta estribor
Siport21	D-6
	Gráfico 7







2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Q-Flex 315x50x12.0 m. Salida

Viento: SW 30 kn; Ola: NE 1.5 m - 11 s; Corriente: NW 0.3 m/s

Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)

Remolcador de popa

Siport21

D-6

Gráfico 8

Run: 07

Q-Flex 315x50x9.3 m. Entrada

Viento: SW 25 kn; Ola: NE 1.5 m - 11 s; Corriente: NW 0.3 m/s

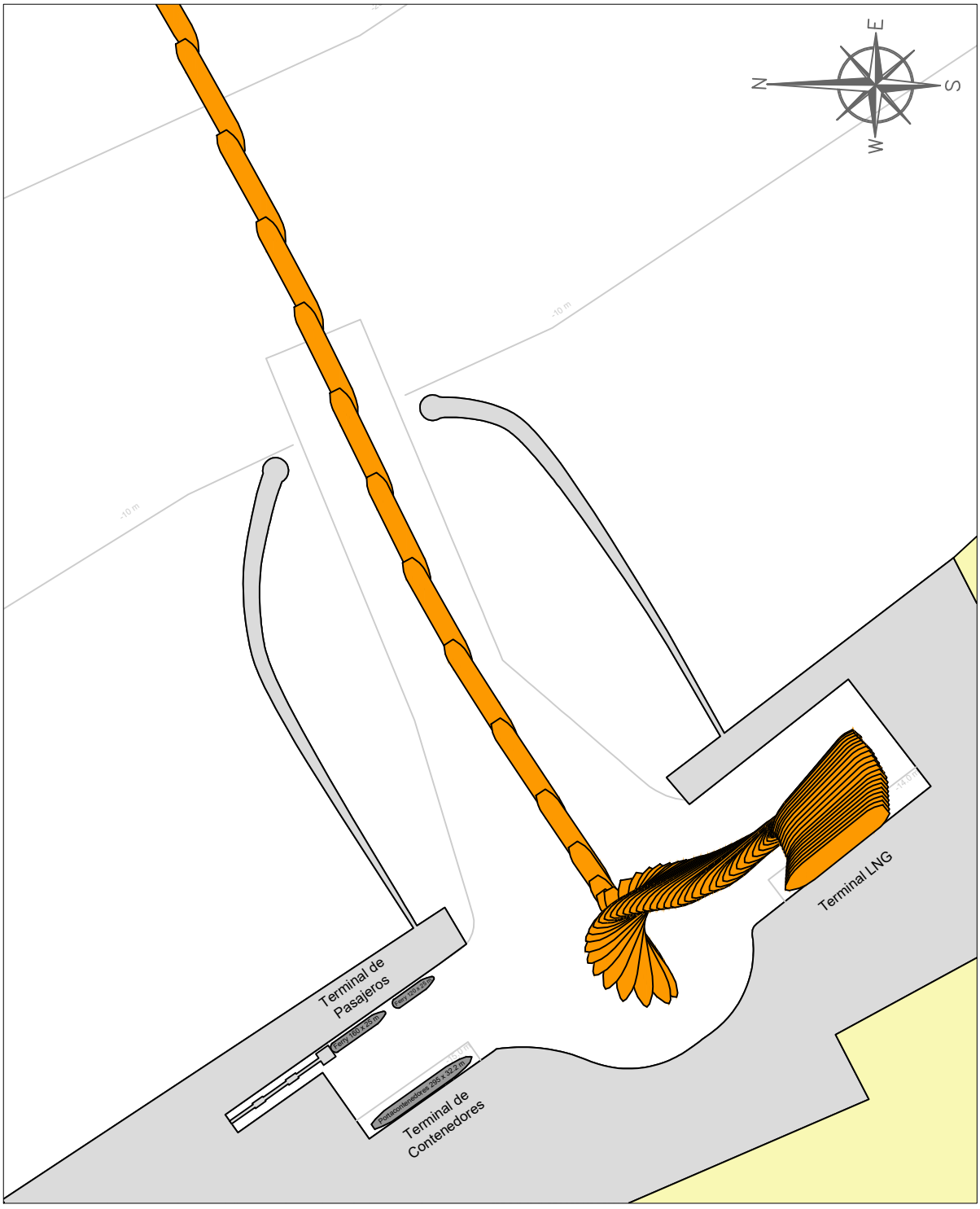


Figura: Trk-7 Q-Flex 315x50x9.3 m. Entrada Viento: SW 25 kn; Ola: NE 1.5 m - 11 s; Corriente: NW 0.3 m/s	Trayectoria Intervalo de dibujo: 60s Escala: 1/15 000
2022165_Argentina_Tierra_Fuego Run 7	Siport21

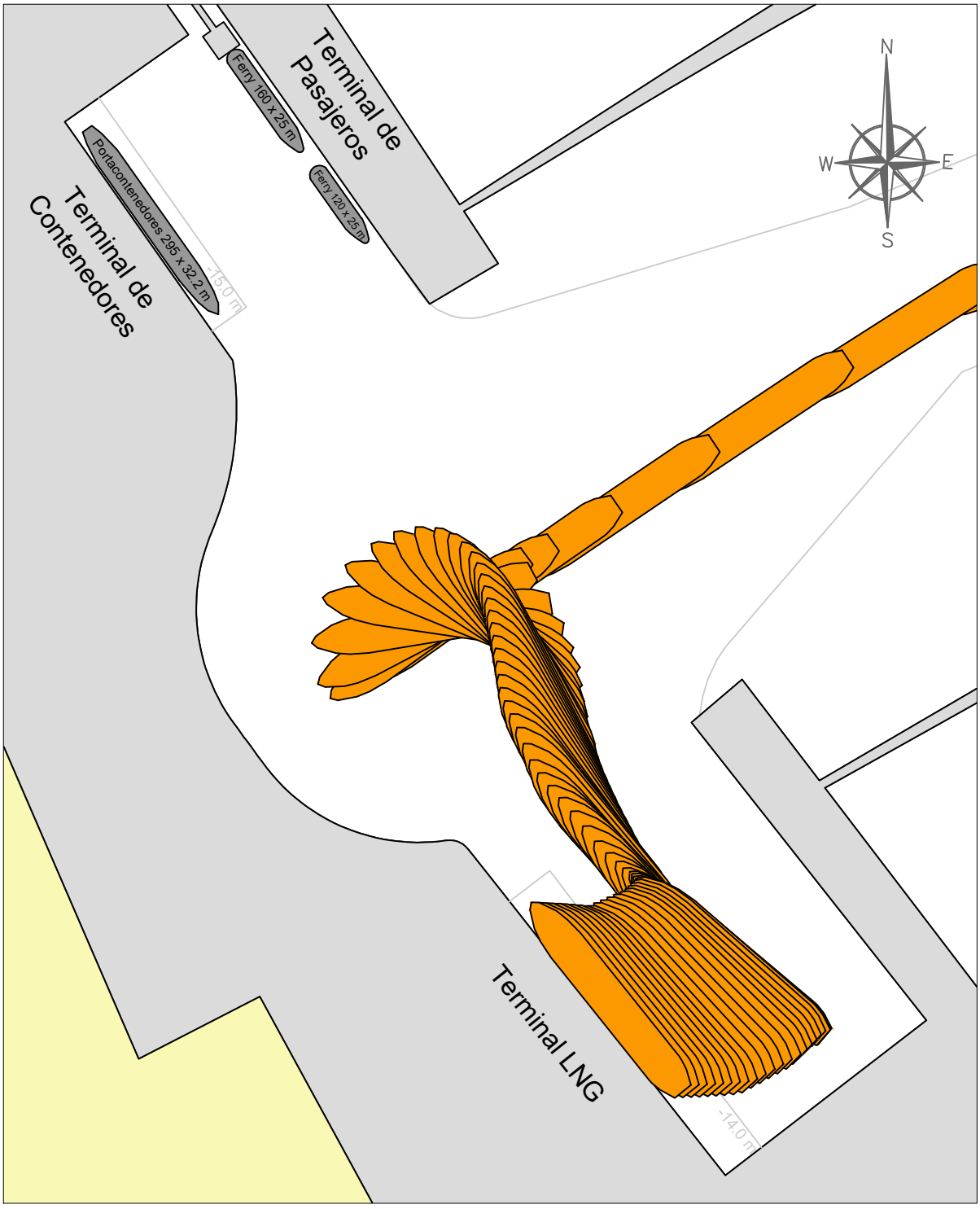
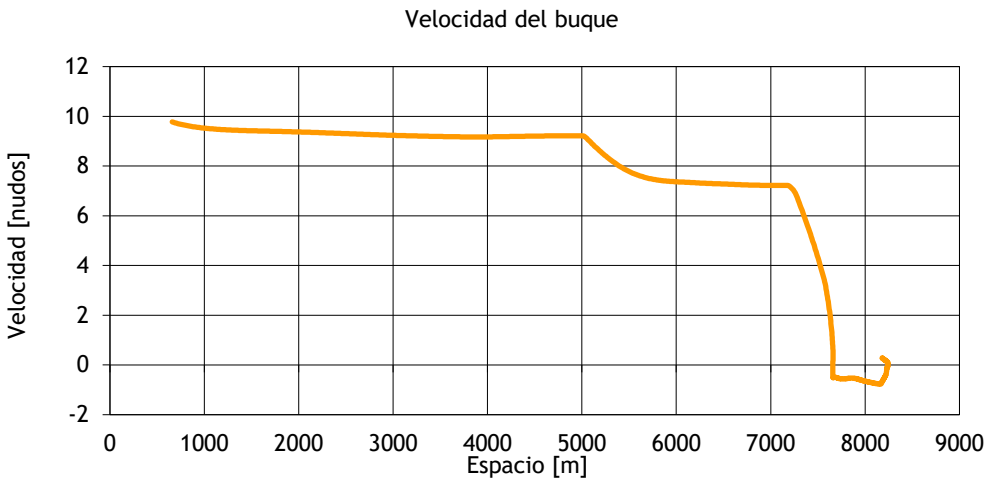
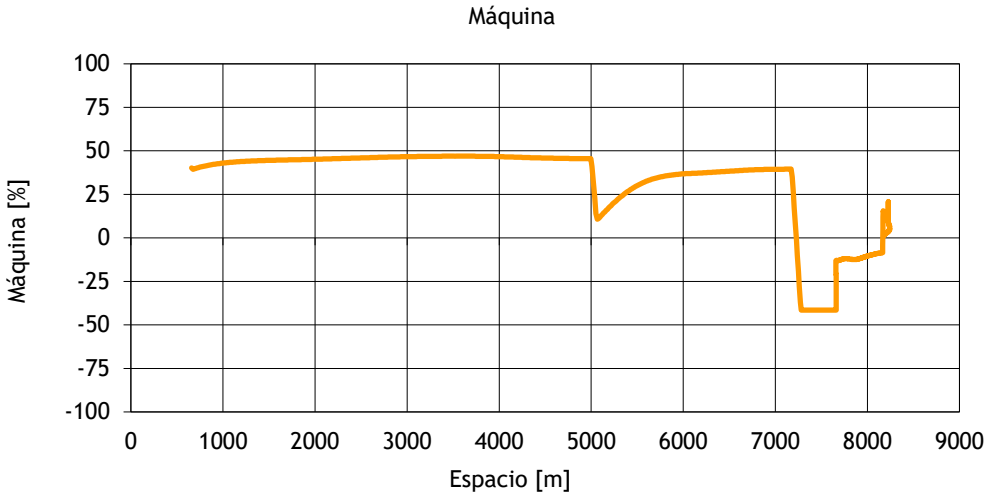
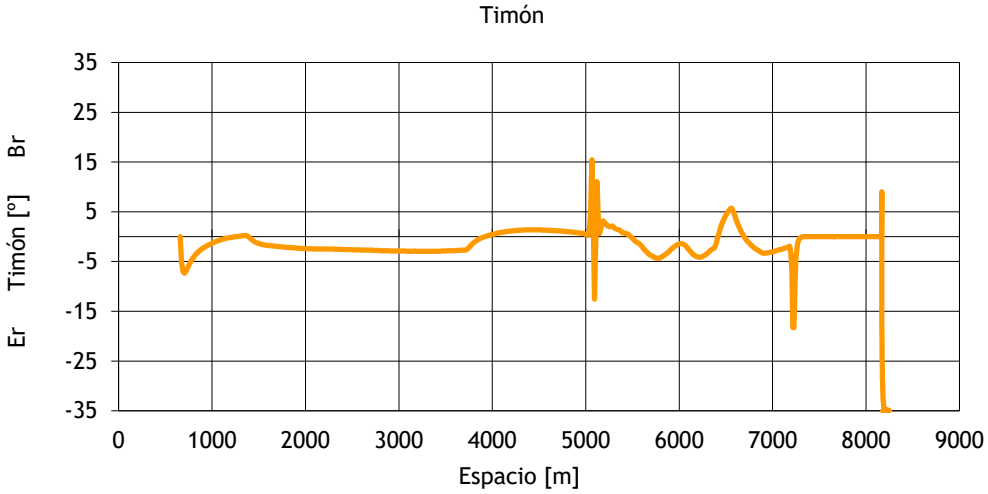


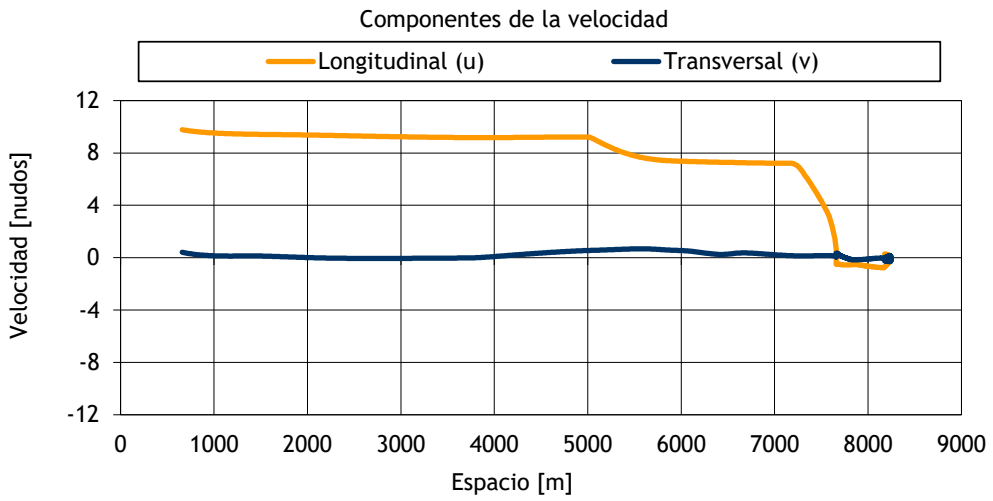
Figura: Trk-7 Q-Flex 315x50x9.3 m. Entrada Viento: SW 25 kn; Ola: NE 1.5 m - 11 s; Corriente: NW 0.3 m/s	Trayectoria Intervalo de dibujo: 60s Escala: 1/8 000
2022165_Argentina_Tierra_Fuego Run 7	Siport21

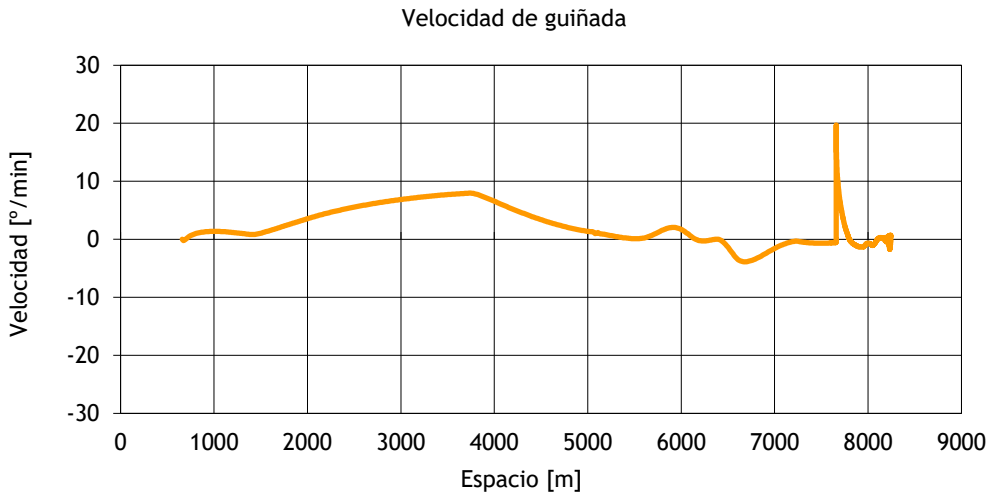


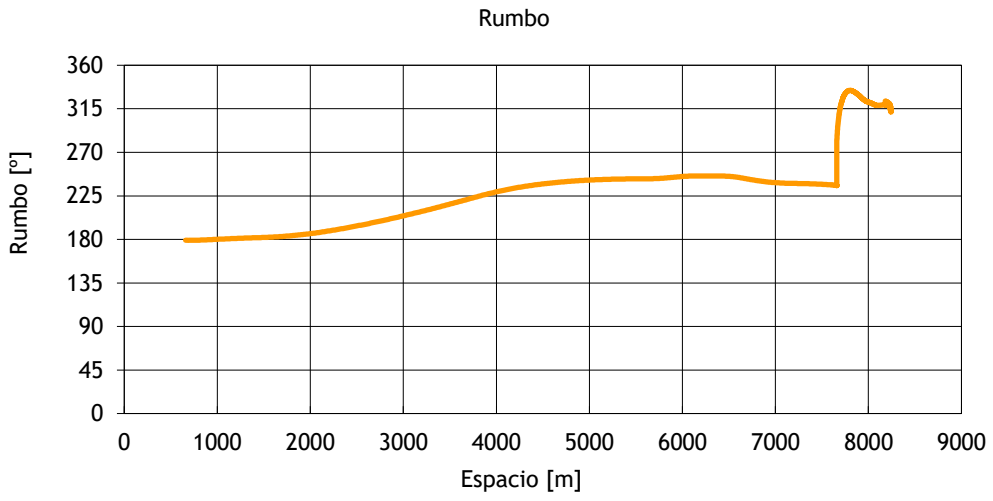




2022165_Argentina_Tierra_Fuego **Q-Flex 315x50x9.3 m. Entrada** Viento: SW 25 kn; Ola: NE 1.5 m - 11 s; Corriente: NW 0.3 m/s **Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)**	Velocidad, máquina y timón
Siport21	D-7 Gráfico 1







2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Q-Flex 315x50x9.3 m. Entrada

Viento: SW 25 kn; Ola: NE 1.5 m - 11 s; Corriente: NW 0.3 m/s

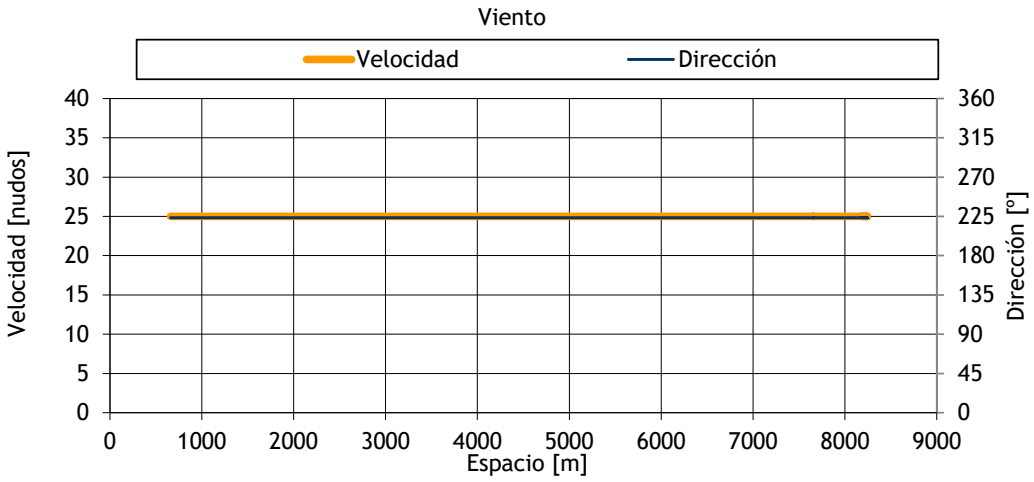
Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)

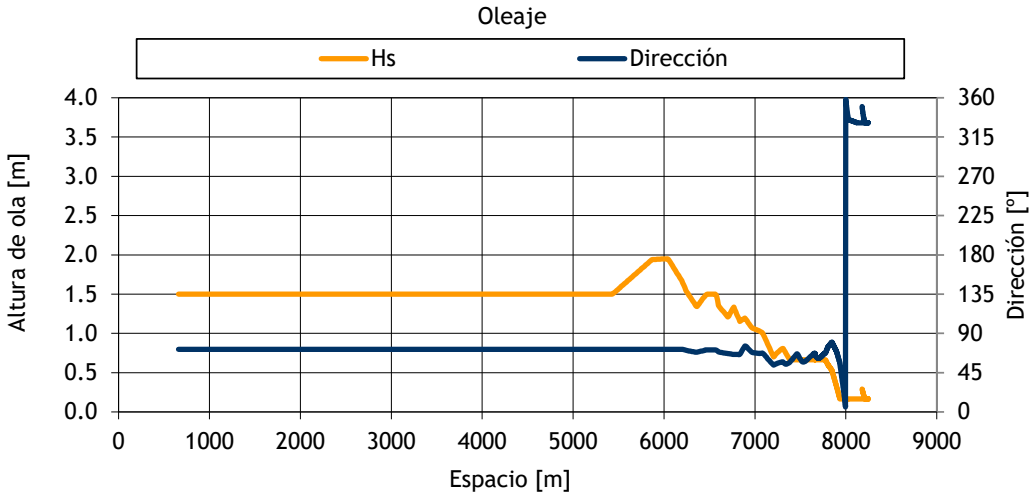
Componentes de la velocidad, velocidad de guiñada y rumbo

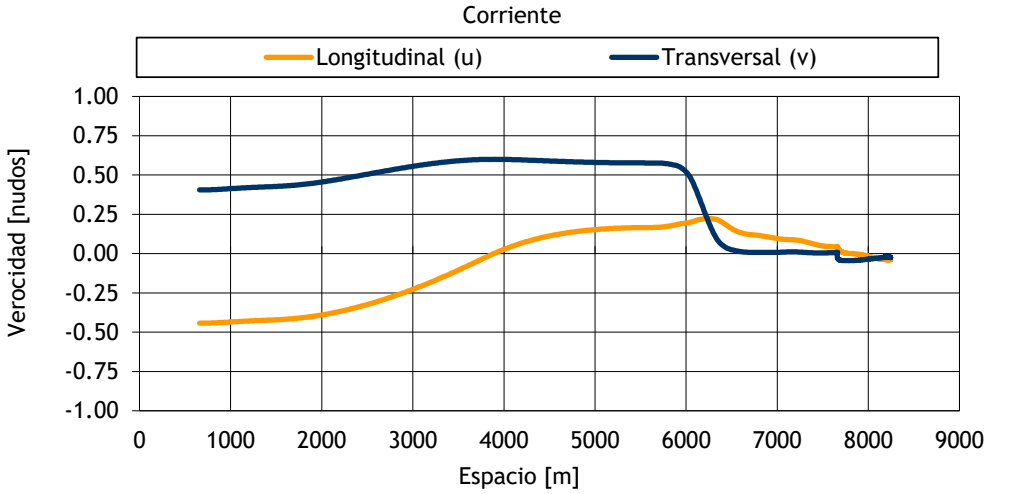
Siport21

D-7

Gráfico 2







2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Q-Flex 315x50x9.3 m. Entrada

Viento: SW 25 kn; Ola: NE 1.5 m - 11 s; Corriente: NW 0.3 m/s

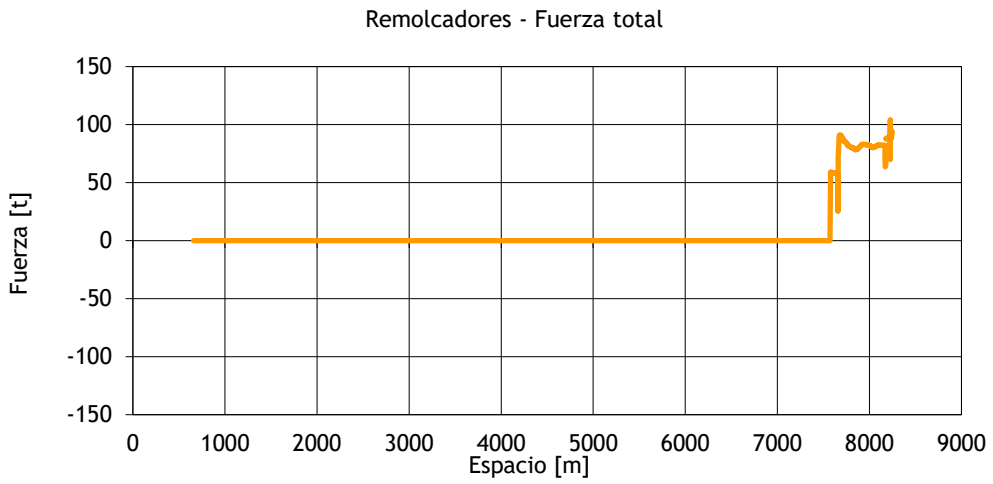
Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)

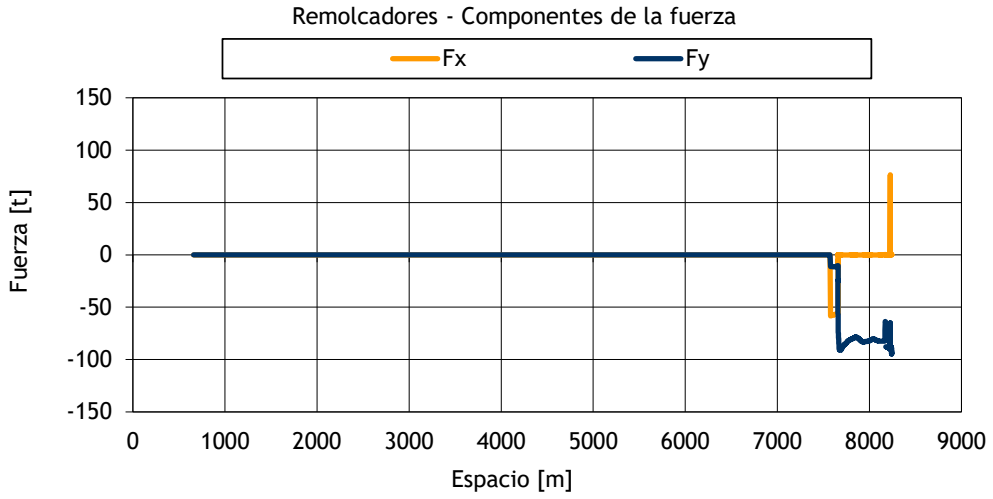
Condiciones climáticas

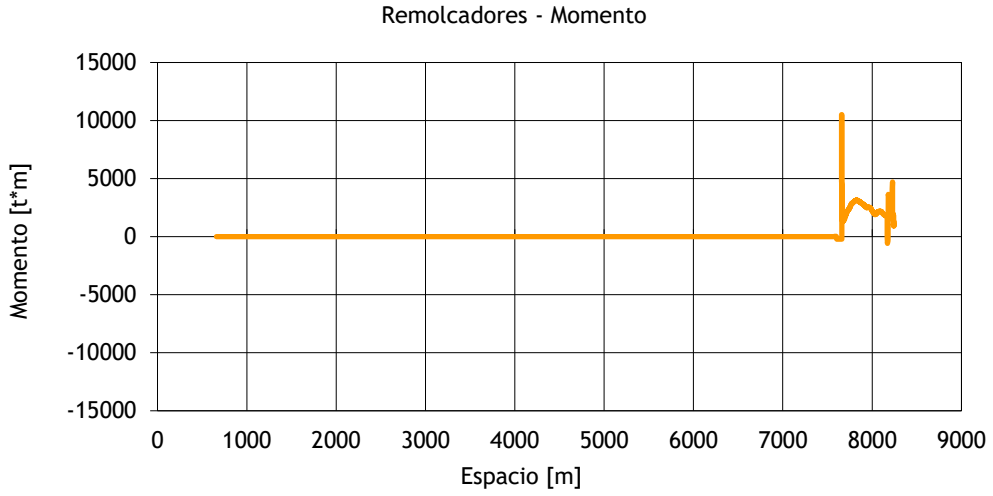
Siport21

D-7

Gráfico 3







2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Q-Flex 315x50x9.3 m. Entrada

Viento: SW 25 kn; Ola: NE 1.5 m - 11 s; Corriente: NW 0.3 m/s

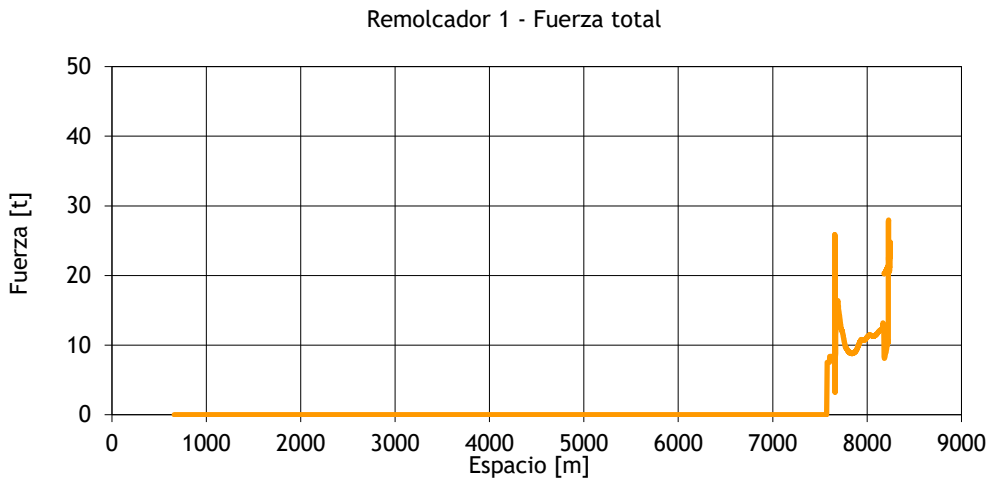
Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)

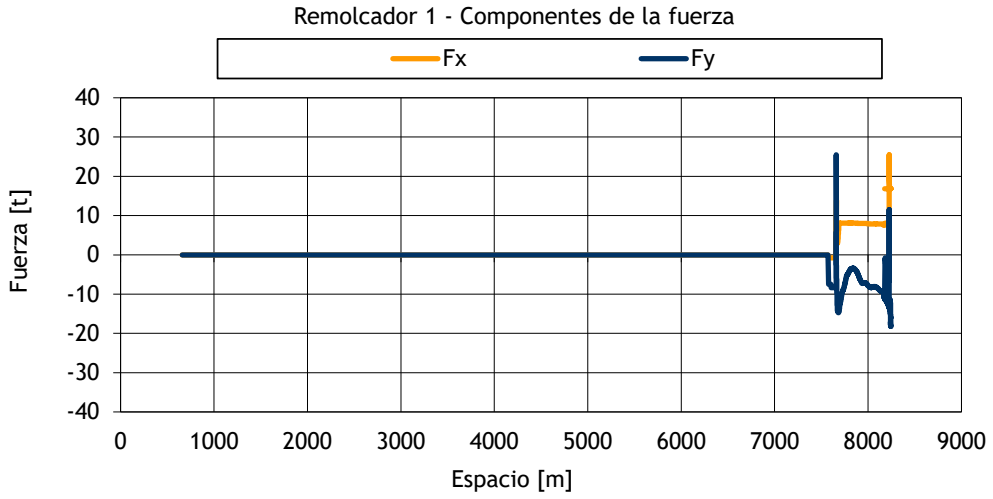
Fuerzas y momento de los remolcadores

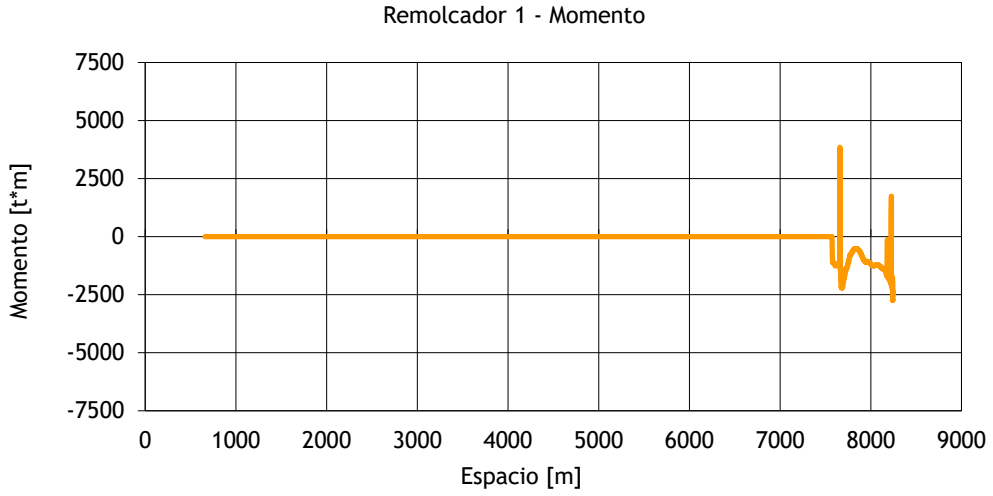
Siport21

D-7

Gráfico 4







2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Q-Flex 315x50x9.3 m. Entrada

Viento: SW 25 kn; Ola: NE 1.5 m - 11 s; Corriente: NW 0.3 m/s

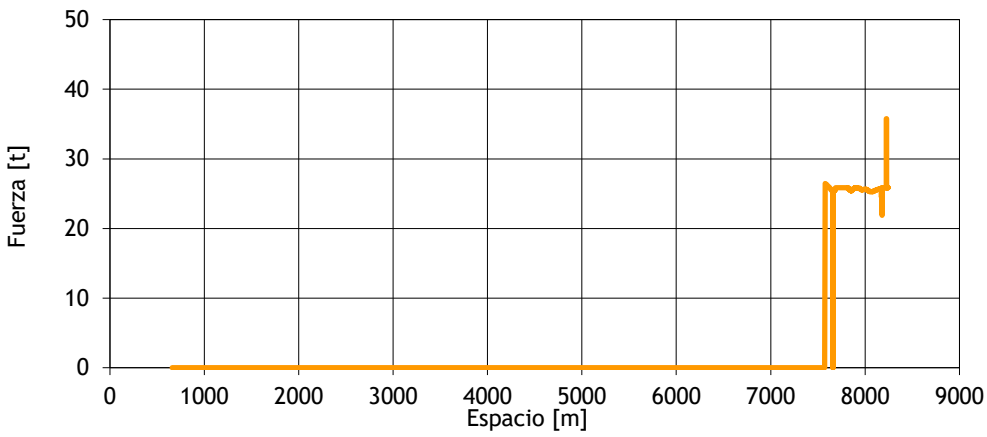
Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)

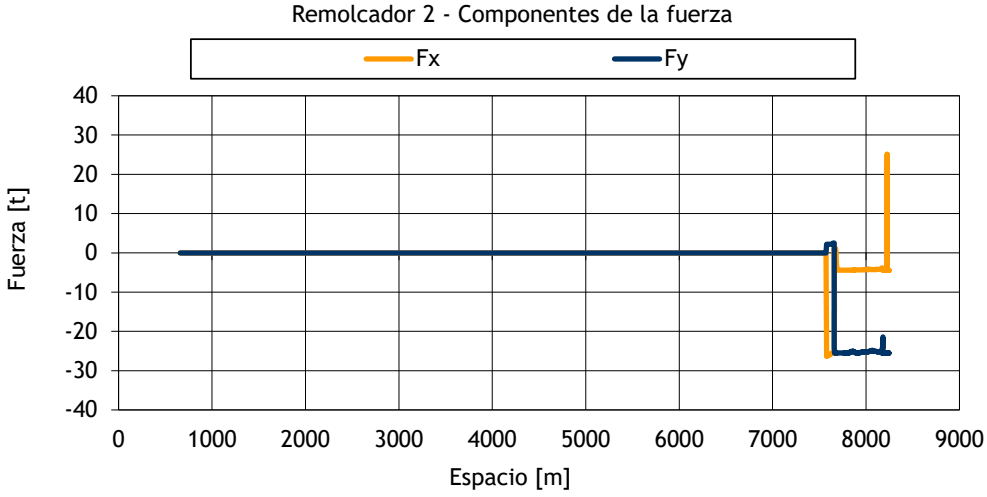
Remolcador de proa

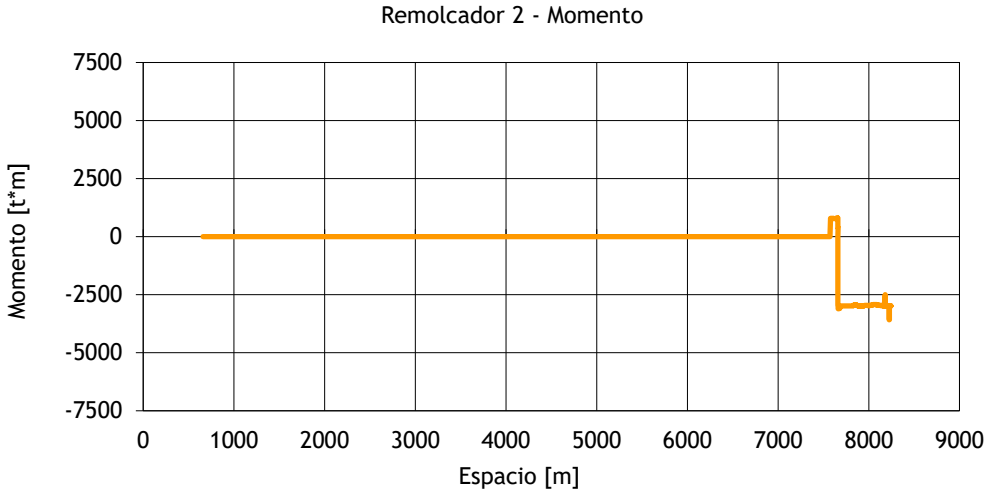
Siport21

D-7

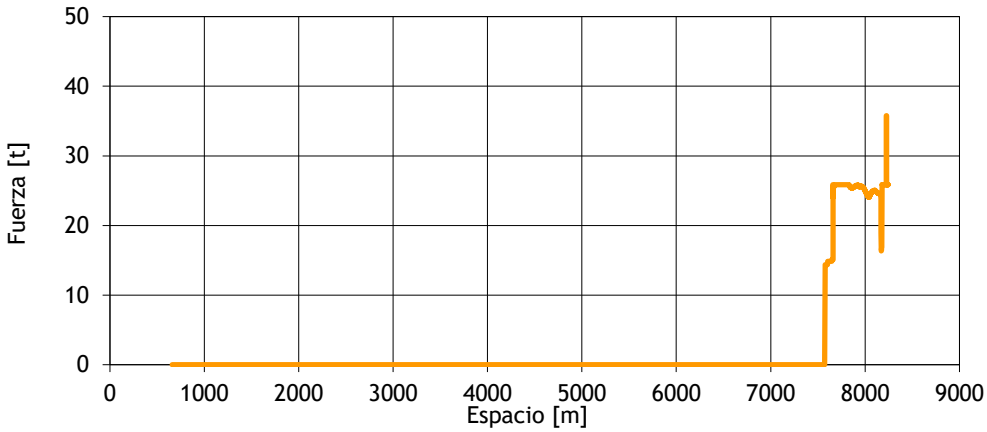
Gráfico 5

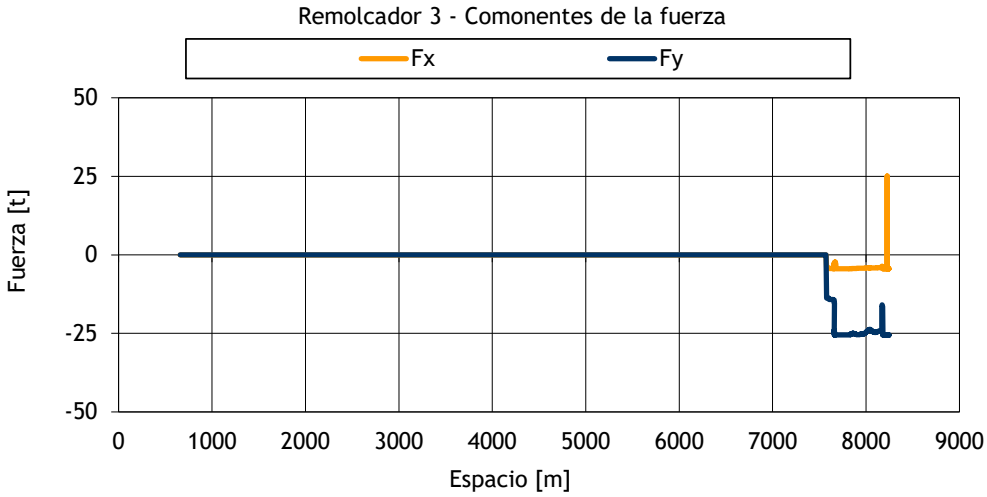


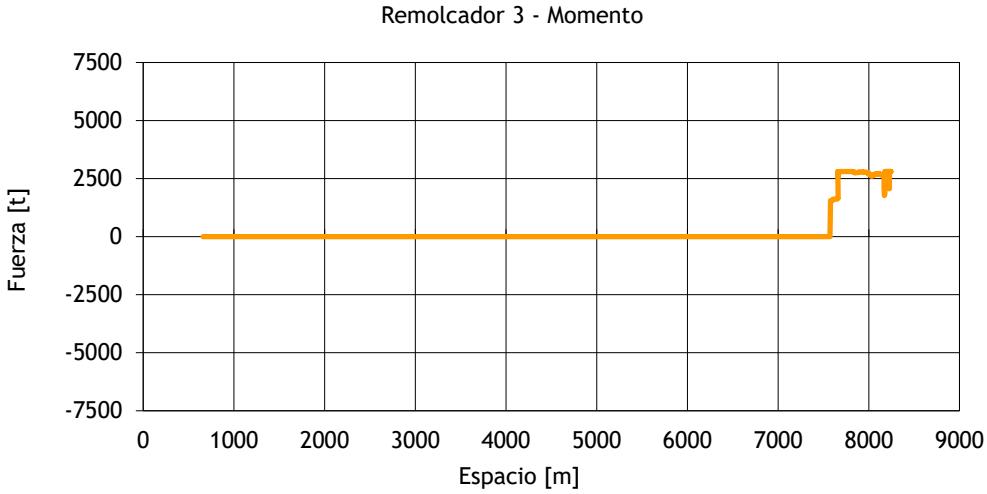




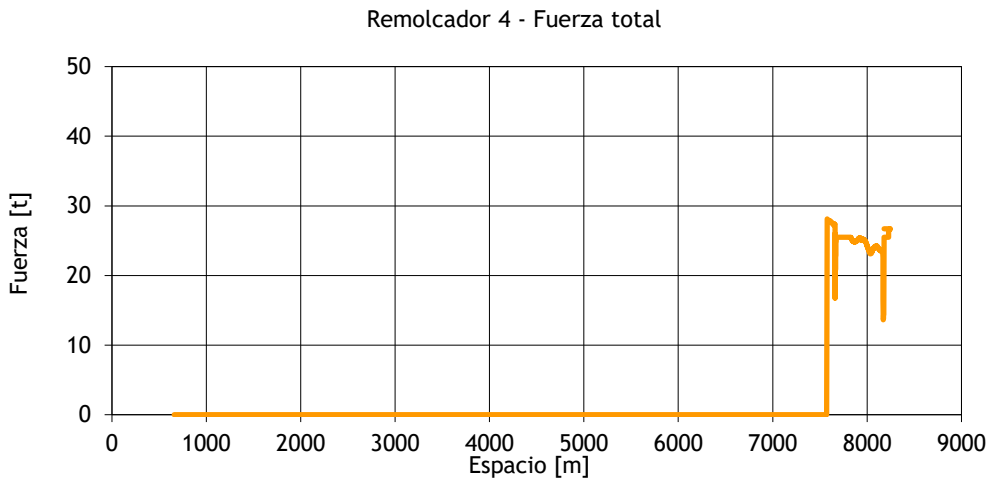
2022165_Argentina_Tierra_Fuego **Q-Flex 315x50x9.3 m. Entrada** Viento: SW 25 kn; Ola: NE 1.5 m - 11 s; Corriente: NW 0.3 m/s **Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)**	Remolcador de amura estribor
Siport21	D-7 Gráfico 6

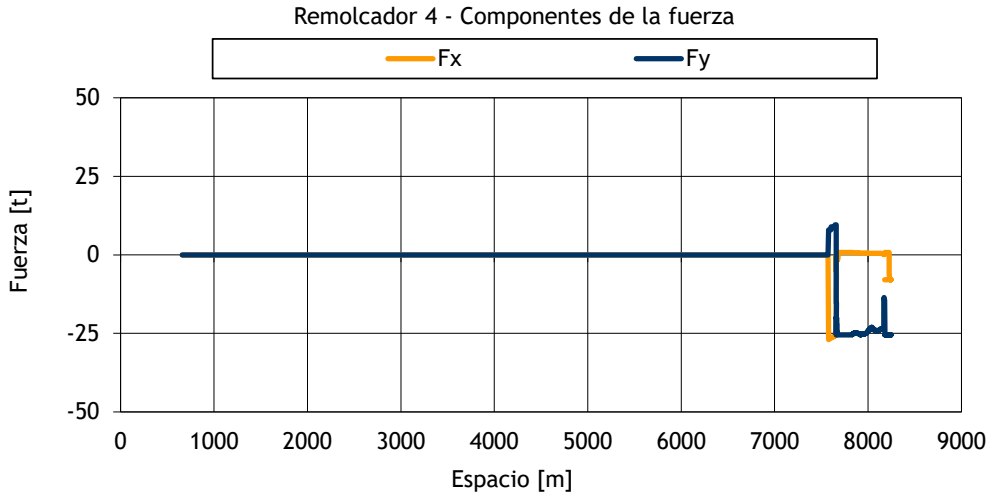


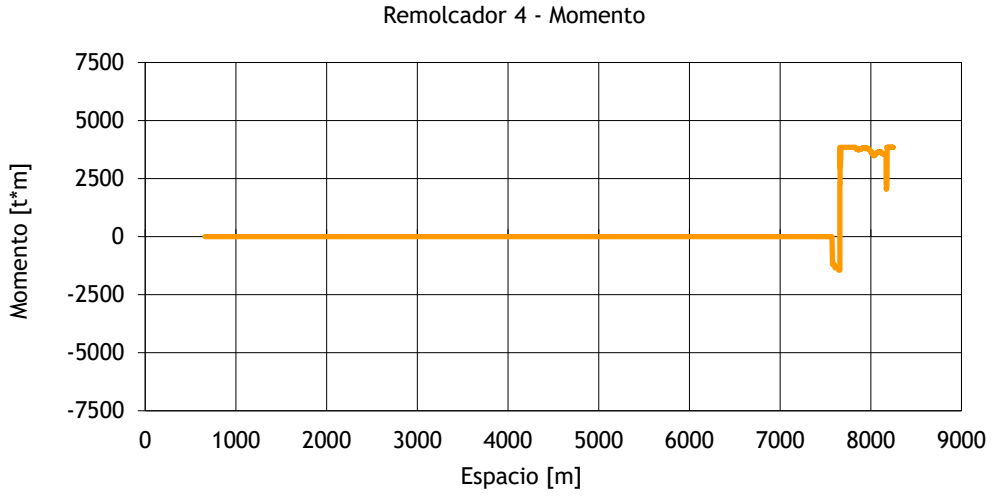




2022165_Argentina_Tierra_Fuego **Q-Flex 315x50x9.3 m. Entrada** Viento: SW 25 kn; Ola: NE 1.5 m - 11 s; Corriente: NW 0.3 m/s **Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)**	Remolcador de aleta estribor
Siport21	D-7
	Gráfico 7







2022165_Argentina_Tierra_Fuego **Q-Flex 315x50x9.3 m. Entrada** Viento: SW 25 kn; Ola: NE 1.5 m - 11 s; Corriente: NW 0.3 m/s **Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)**	Remolcador de popa
Siport21	D-7 Gráfico 8

Run: 08

Portacontenedores 295x32.3x13.5 m. Entrada

Viento: SW 30 kn; Ola: NE 1.5 m - 11 s; Corriente: NW 0.3 m/s

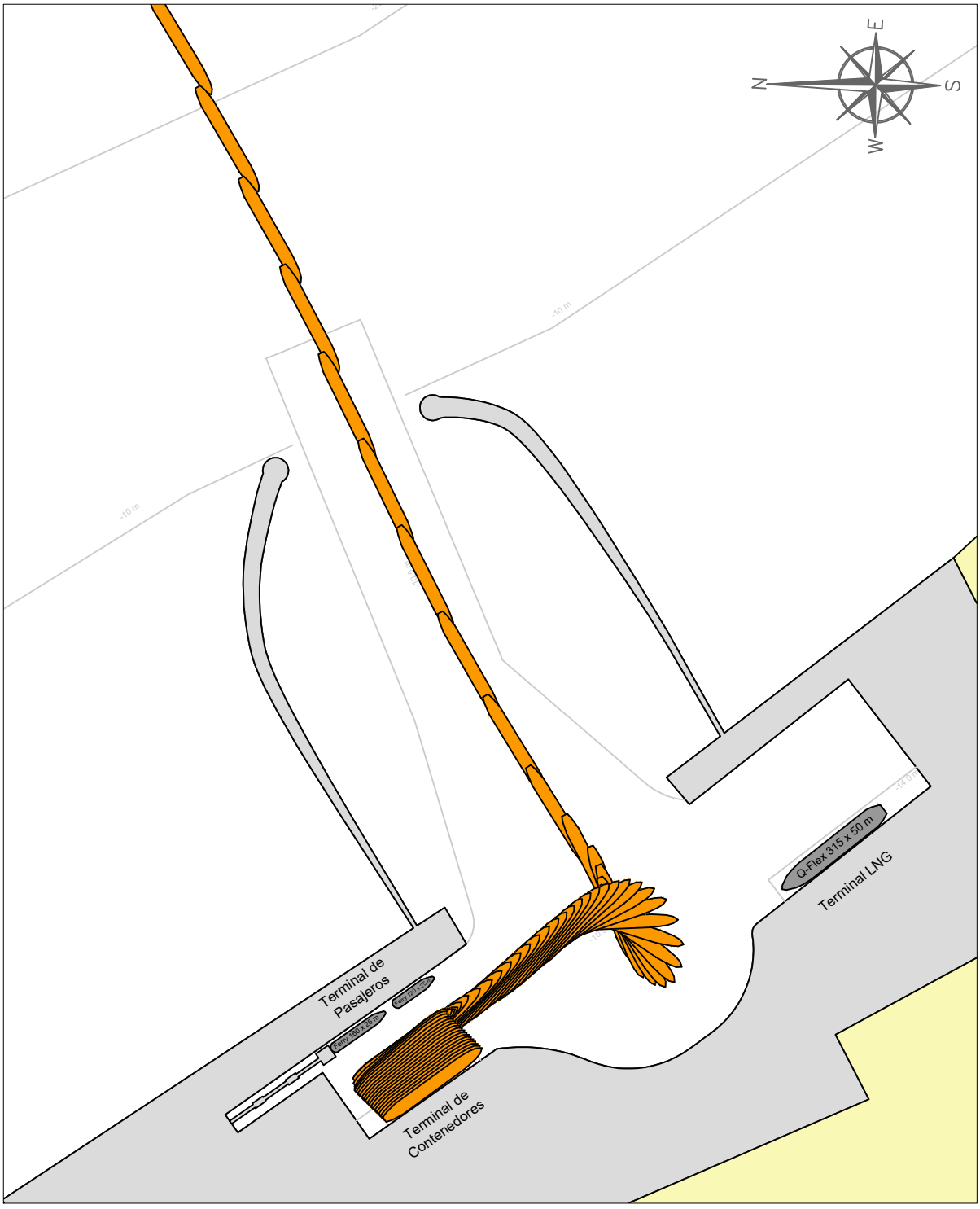


Figura: Trk-8 Portacontenedores 295x32.3x13.5 m. Entrada Viento: SW 30 kn; Ola: NE 1.5 m - 11 s; Corriente: NW 0.3 m/s	Trayectoria Intervalo de dibujo: 60s Escala: 1/15 000
2022165_Argentina_Tierra_Fuego Run 8	Siport21

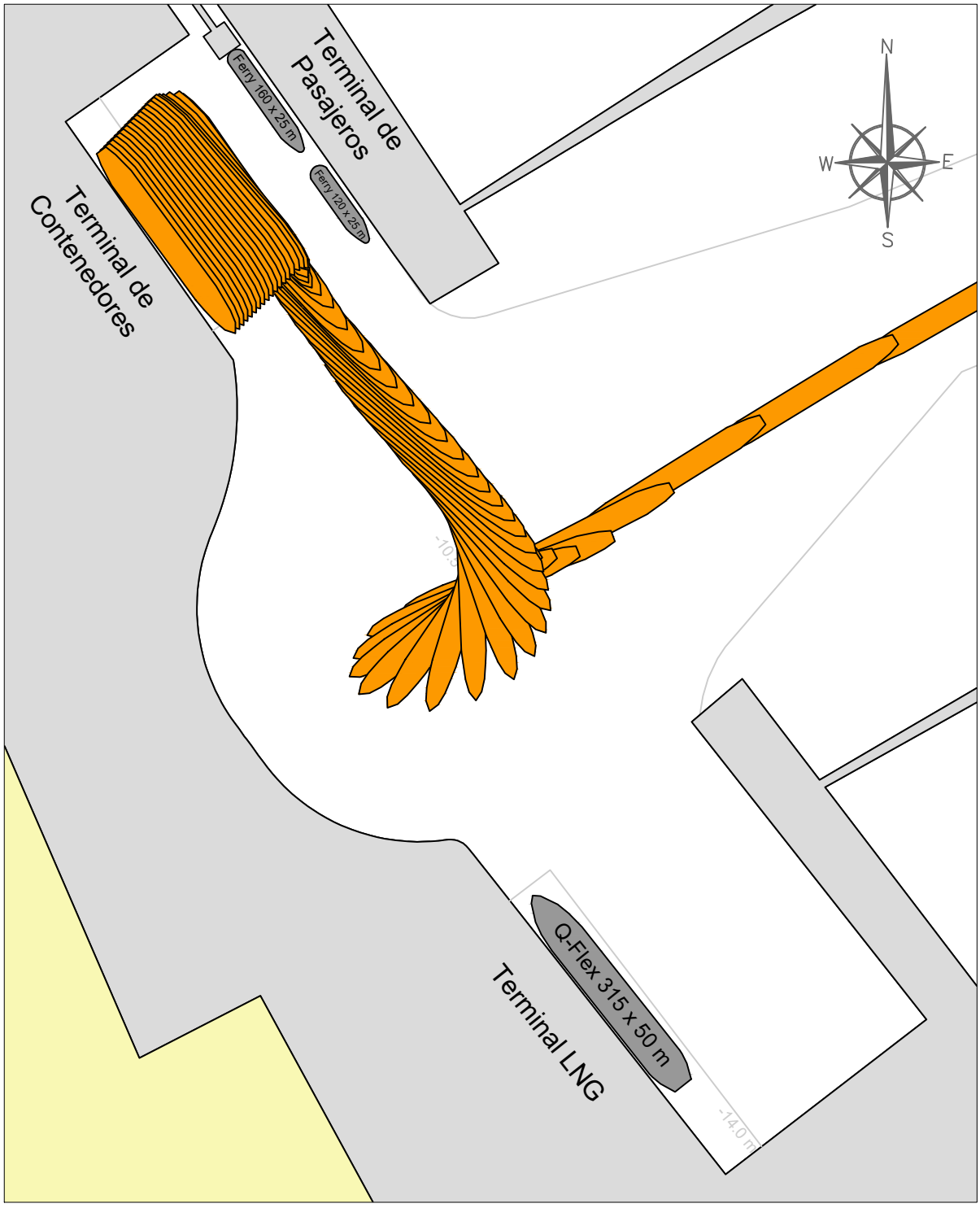
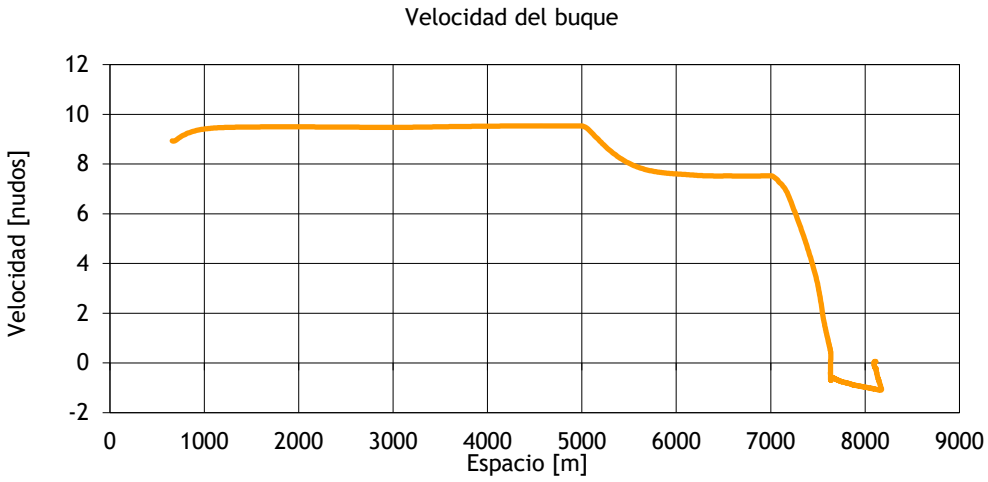
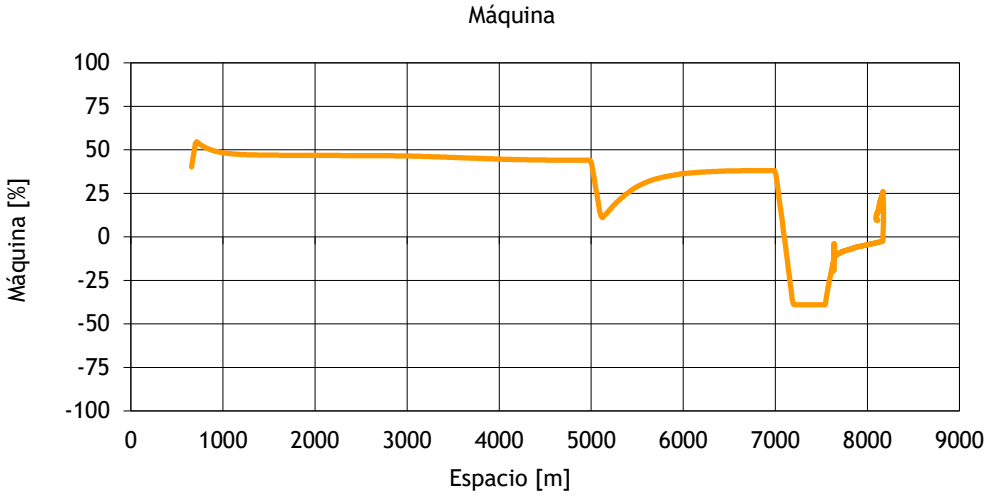
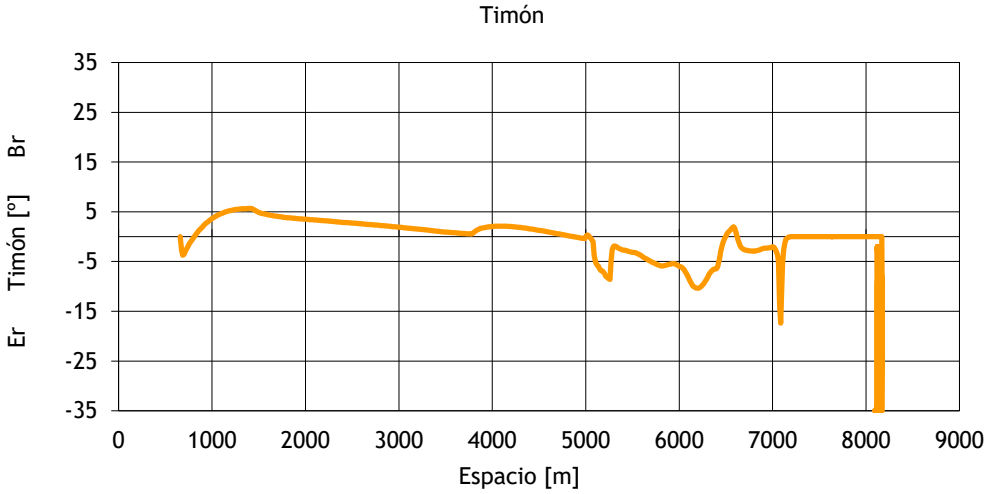


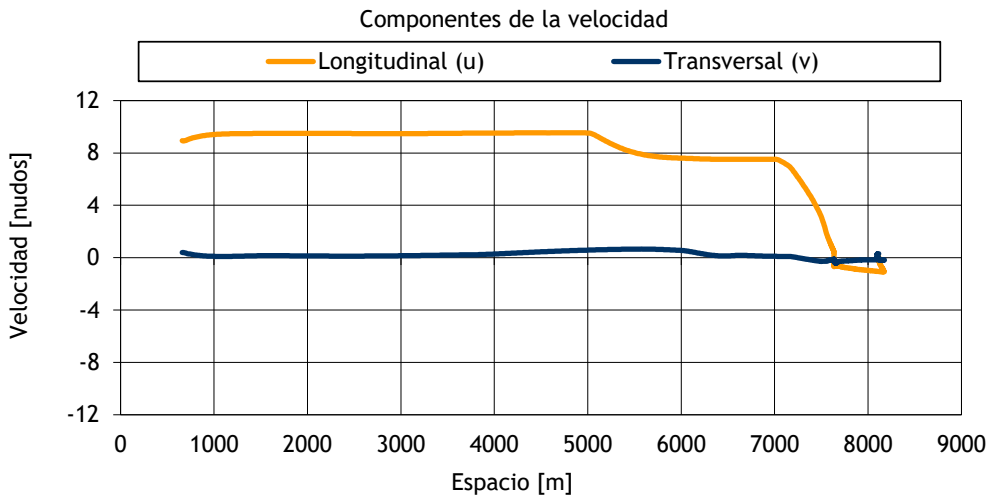
Figura: Trk-8 Portacontenedores 295x32.3x13.5 m. Entrada Viento: SW 30 kn; Ola: NE 1.5 m - 11 s; Corriente: NW 0.3 m/s	Trayectoria Intervalo de dibujo: 60s Escala: 1/8 000
2022165_Argentina_Tierra_Fuego Run 8	Siport21

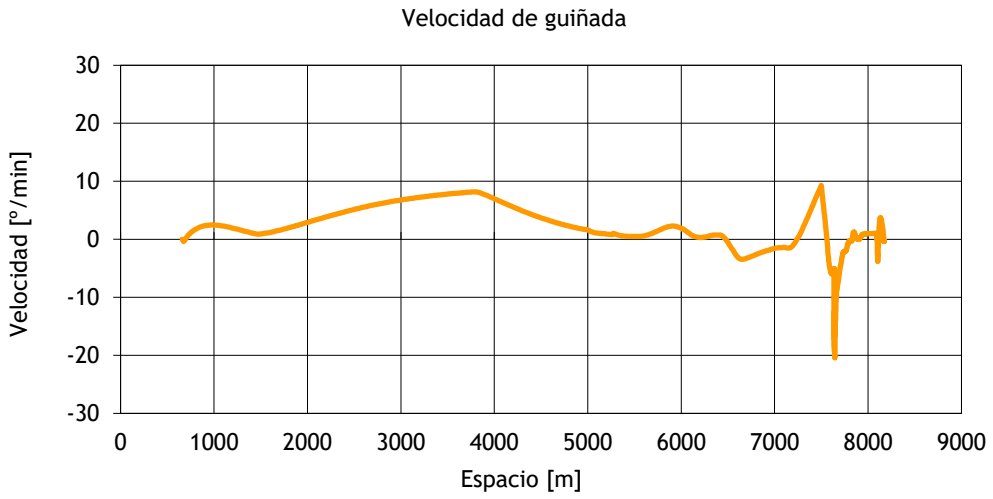


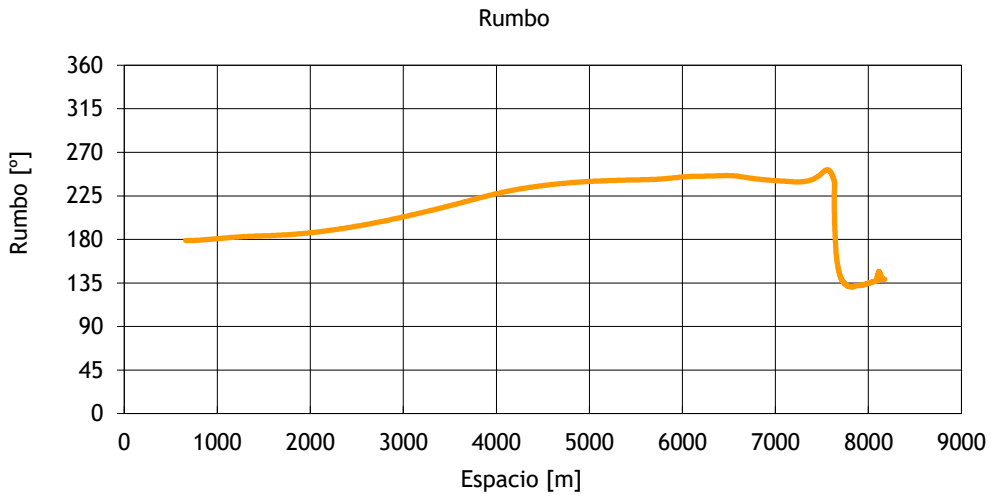




2022165_Argentina_Tierra_Fuego **Portacontenedores 295x32.3x13.5 m. Entrada** Viento: SW 30 kn; Ola: NE 1.5 m - 11 s; Corriente: NW 0.3 m/s **Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)**	Velocidad, máquina y timón
Siport21	D-8 Gráfico 1







2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Portacontenedores 295x32.3x13.5 m. Entrada

Viento: SW 30 kn; Ola: NE 1.5 m - 11 s; Corriente: NW 0.3 m/s

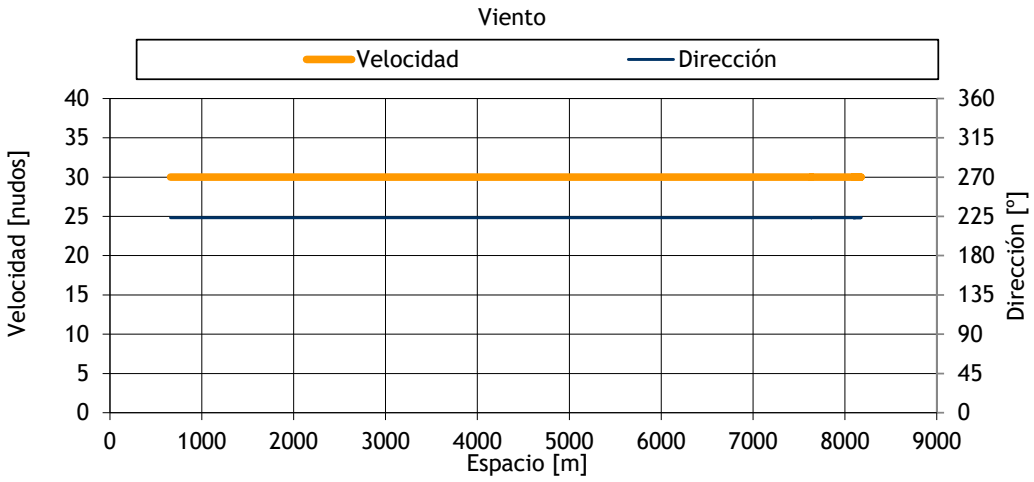
Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)

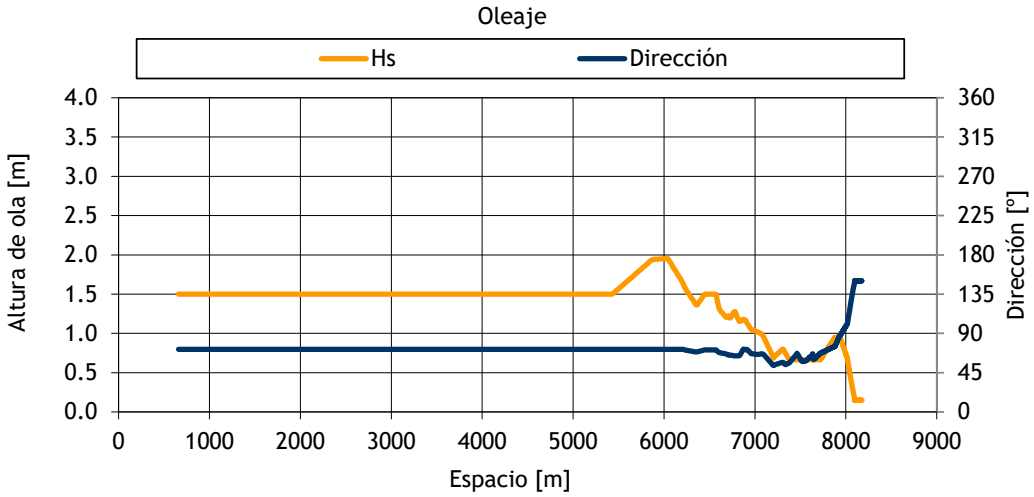
Componentes de la velocidad, velocidad de guiñada y rumbo

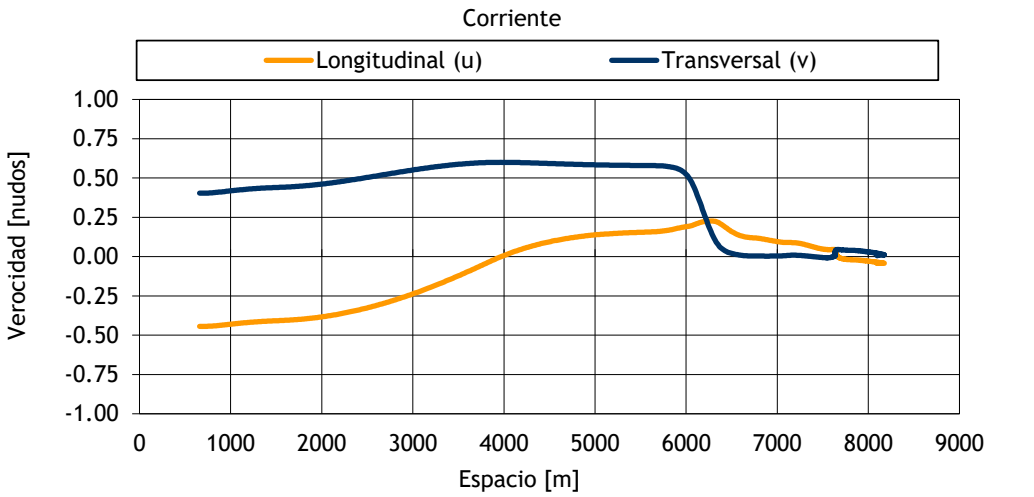
Siport21

D-8

Gráfico 2







2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Portacontenedores 295x32.3x13.5 m. Entrada

Viento: SW 30 kn; Ola: NE 1.5 m - 11 s; Corriente: NW 0.3 m/s

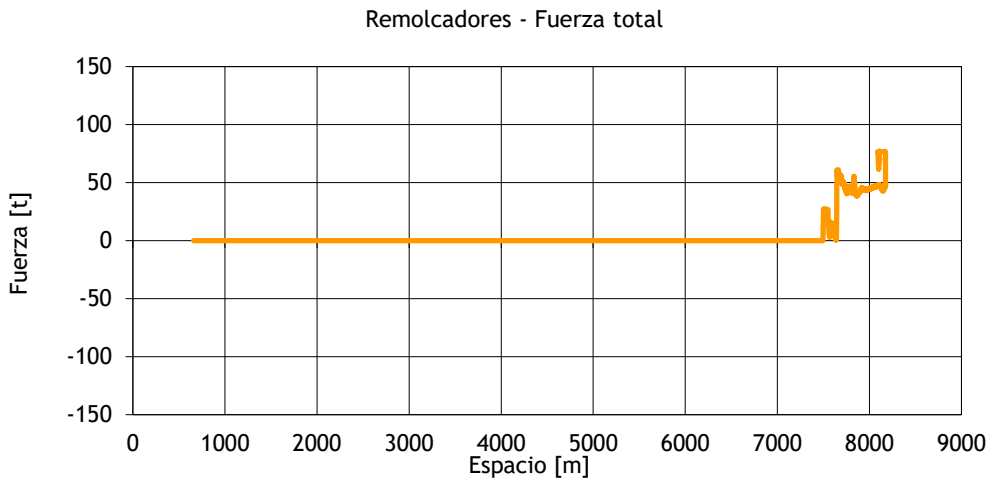
Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)

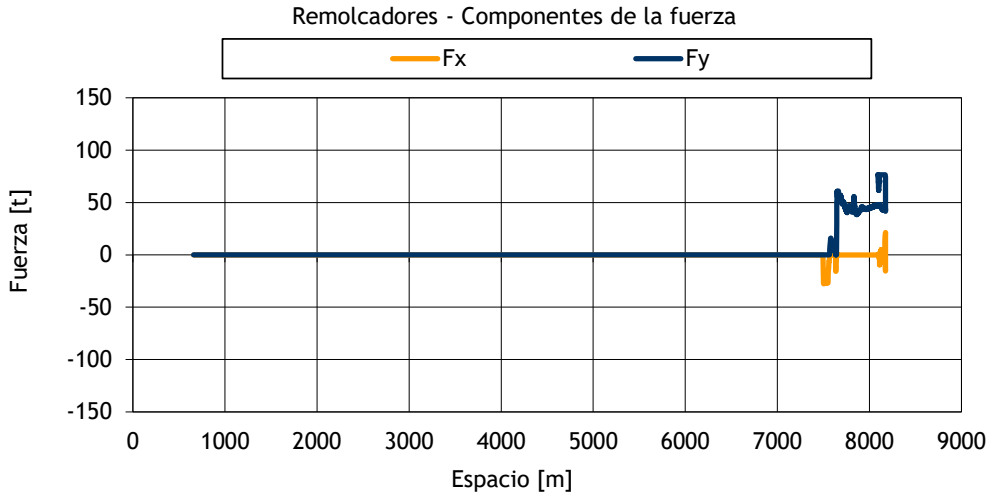
Condiciones climáticas

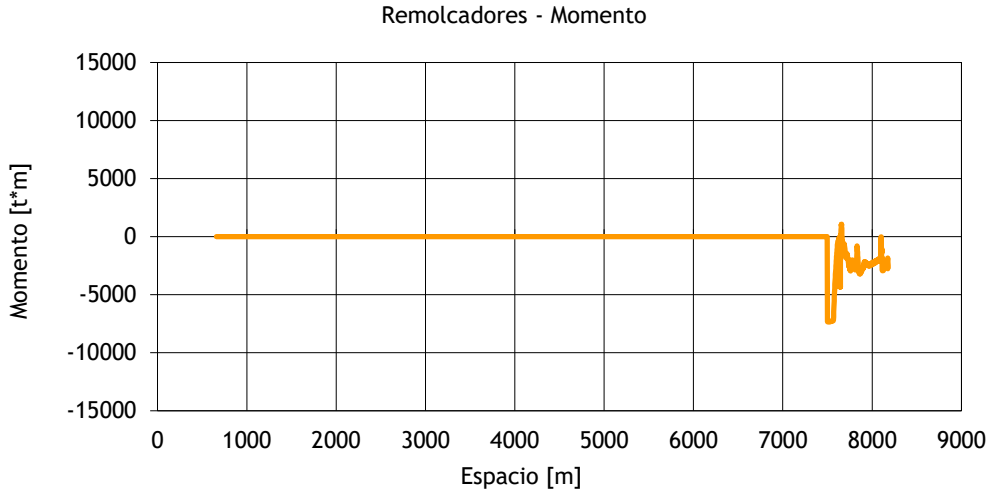
Siport21

D-8

Gráfico 3







2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Portacontenedores 295x32.3x13.5 m. Entrada

Viento: SW 30 kn; Ola: NE 1.5 m - 11 s; Corriente: NW 0.3 m/s

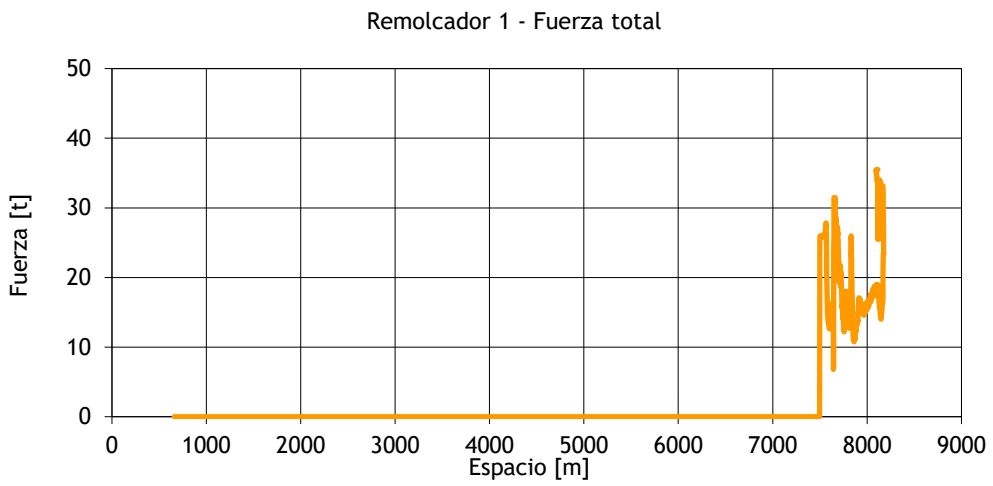
Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)

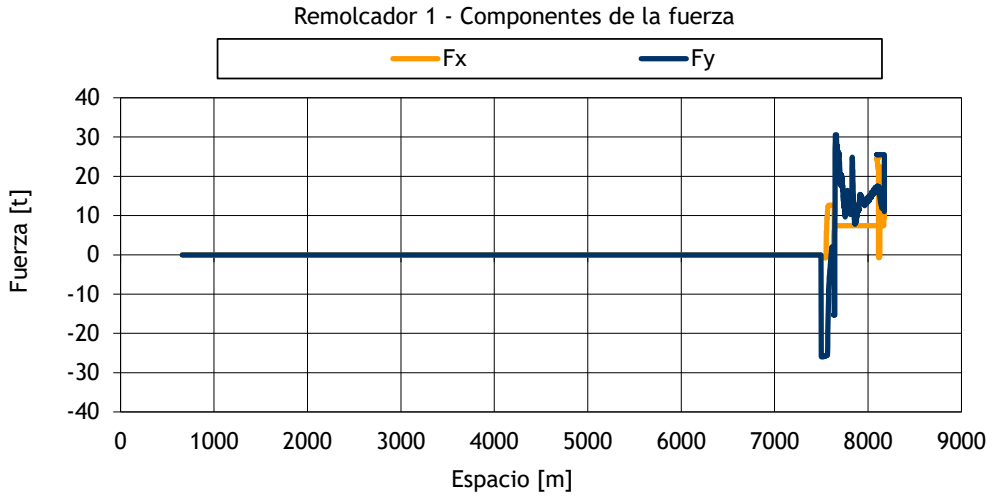
Fuerzas y momento de los remolcadores

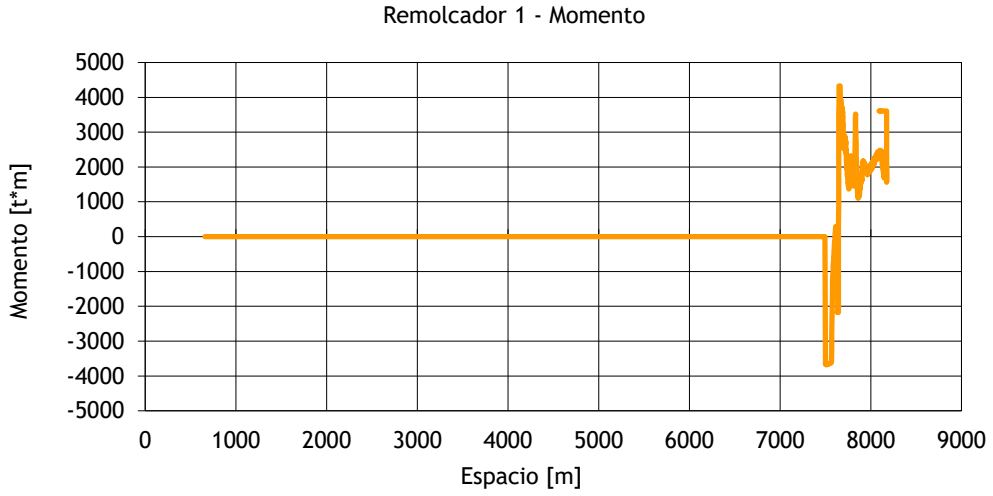
Siport21

D-8

Gráfico 4







2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Portacontenedores 295x32.3x13.5 m. Entrada

Viento: SW 30 kn; Ola: NE 1.5 m - 11 s; Corriente: NW 0.3 m/s

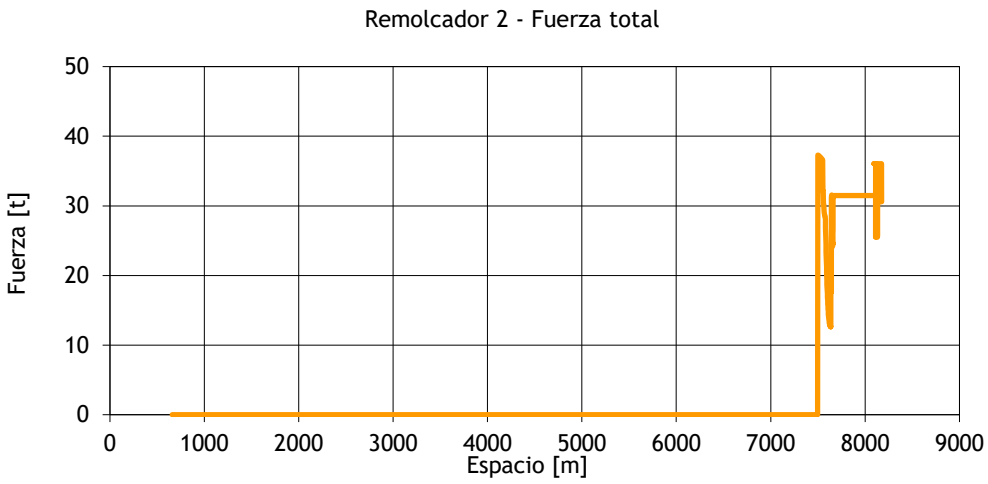
Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)

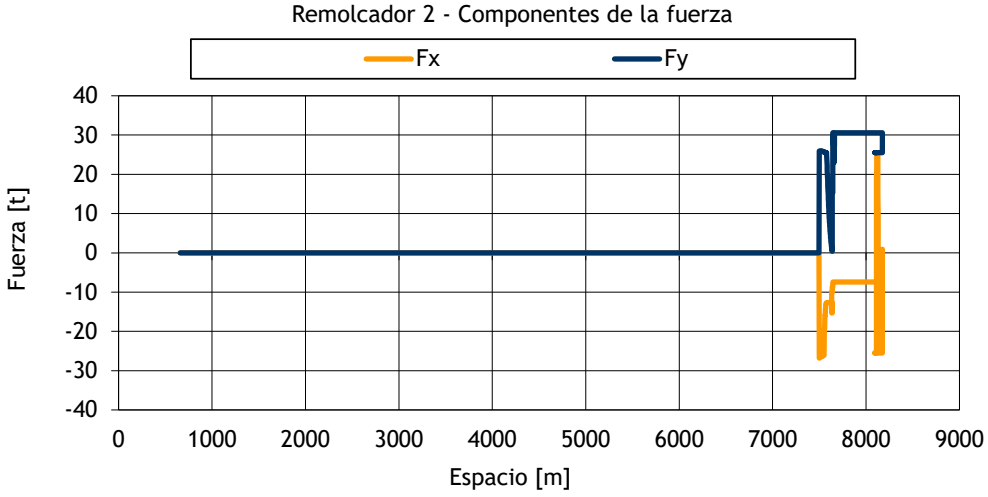
Remolcador de proa

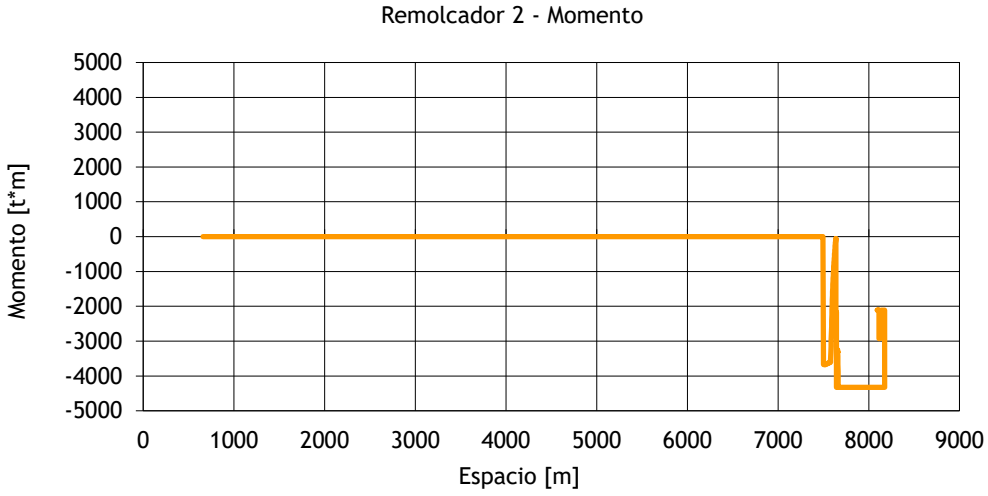
Siport21

D-8

Gráfico 5







2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Portacontenedores 295x32.3x13.5 m. Entrada

Viento: SW 30 kn; Ola: NE 1.5 m - 11 s; Corriente: NW 0.3 m/s

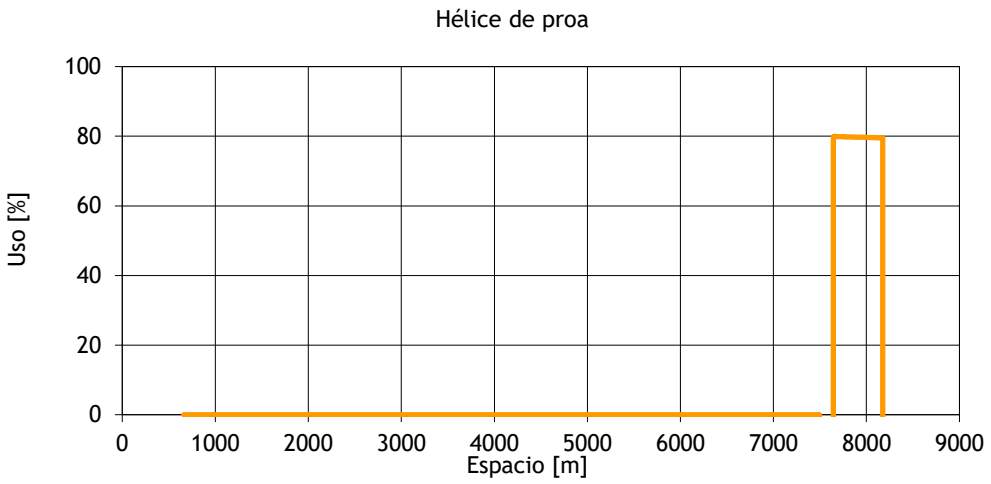
Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)

Remolcador de popa

Siport21

D-8

Gráfico 6



2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Portacontenedores 295x32.3x13.5 m. Entrada

Viento: SW 30 kn; Ola: NE 1.5 m - 11 s; Corriente: NW 0.3 m/s

Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)

Hélice de maniobra

Siport21

D-8

Gráfico 7

Run: 09

Portacontenedores 295x32.3x13.5 m. Entrada

Viento: NW 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s;
Corriente: SE 0.4 m/s

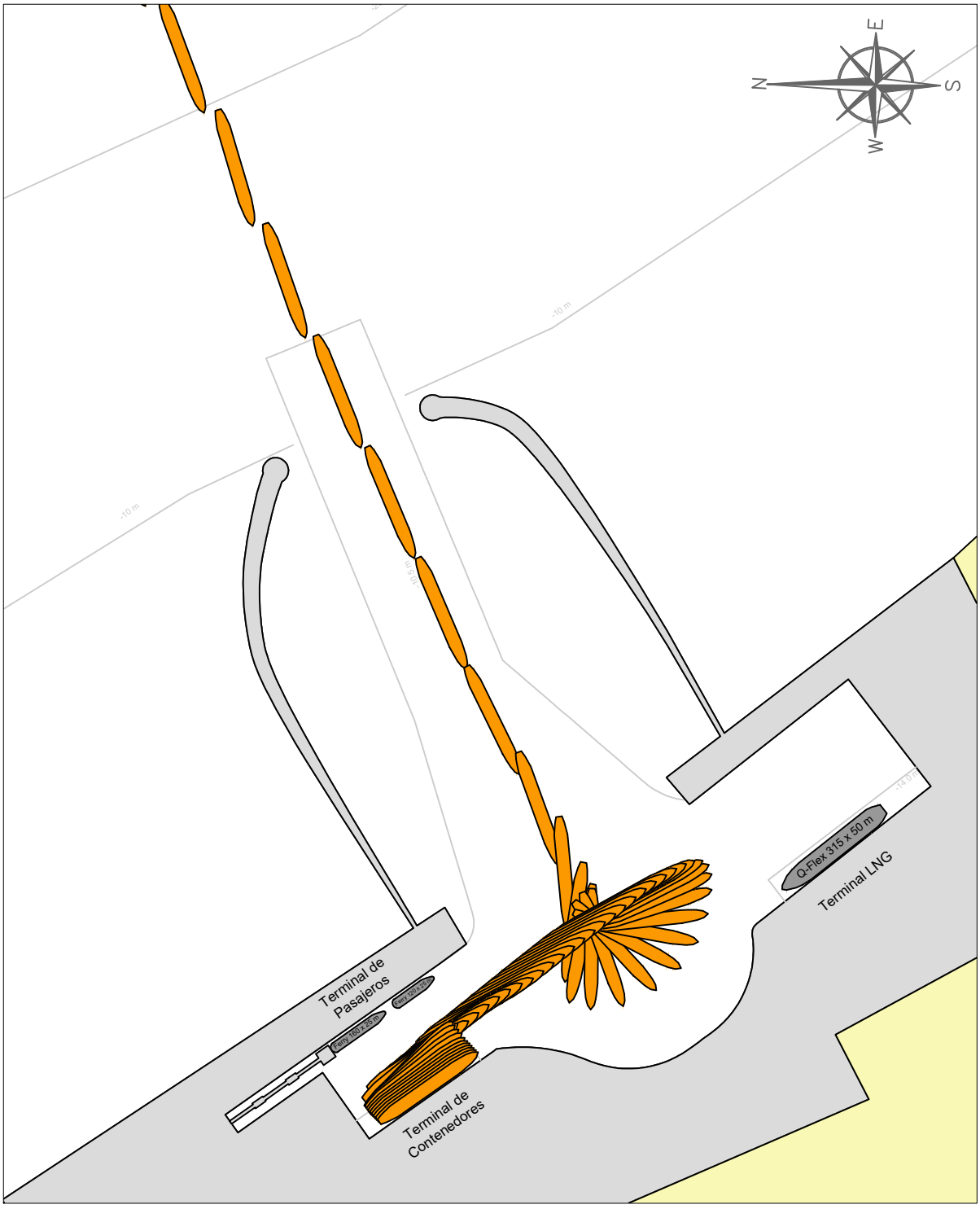


Figura: Trk-9 Portacontenedores 295x32.3x13.5 m. Entrada Viento: NW 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s	Trayectoria Intervalo de dibujo: 60s Escala: 1/15 000
2022165_Argentina_Tierra_Fuego Run 9	Siport21

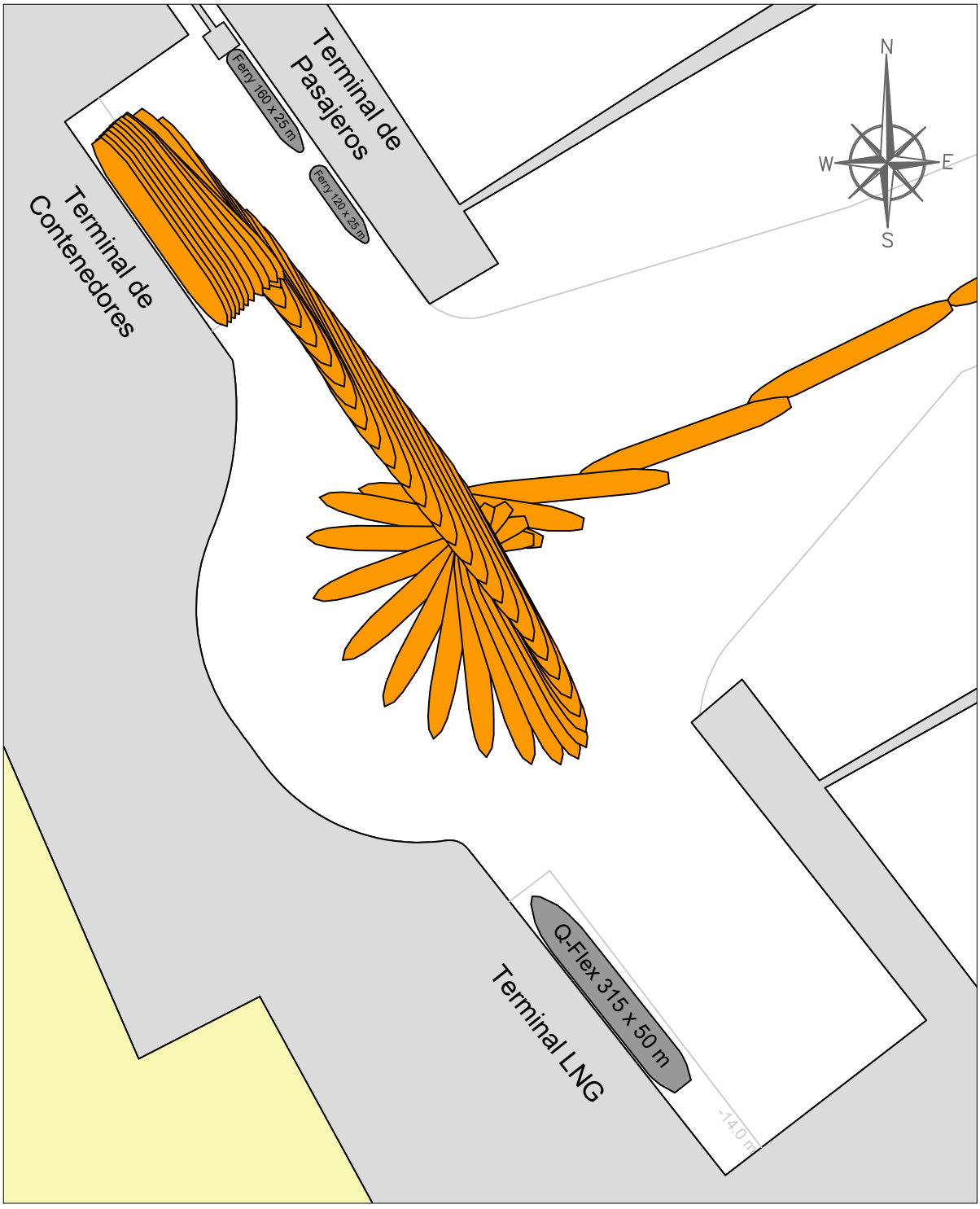
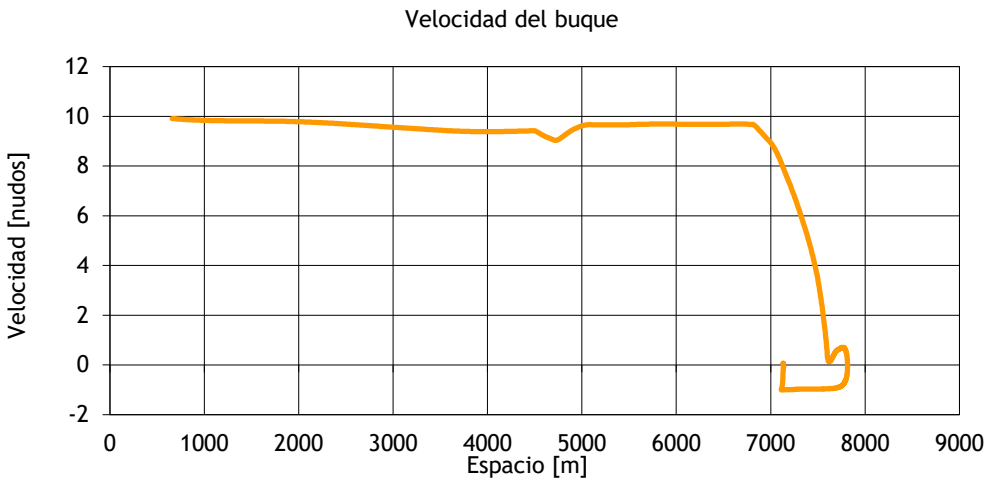
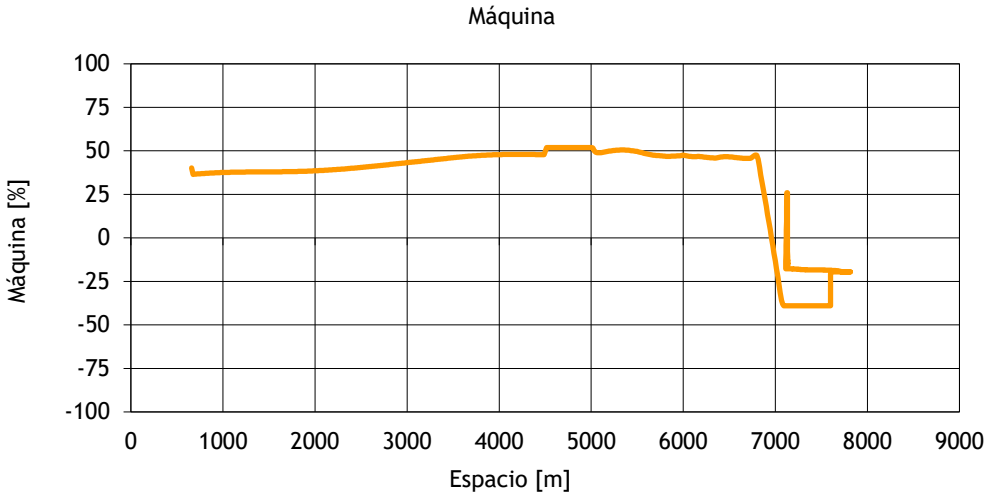
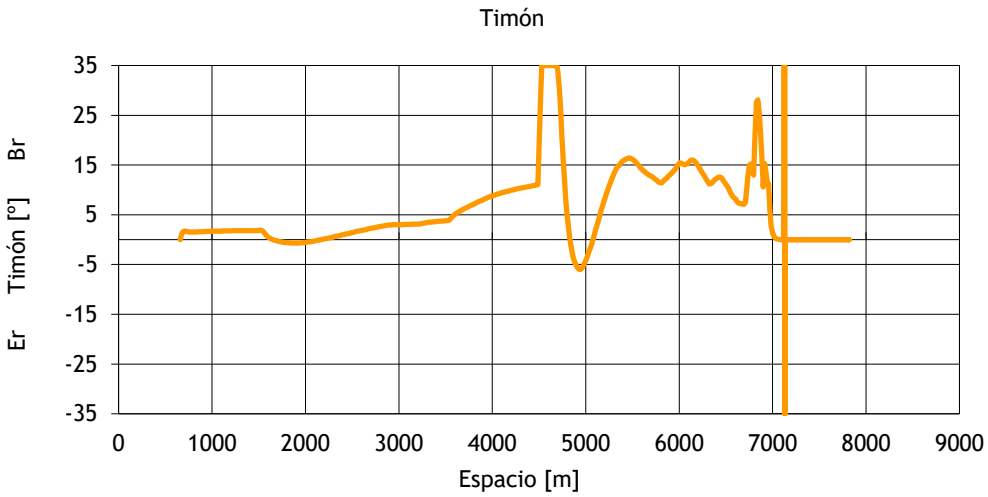


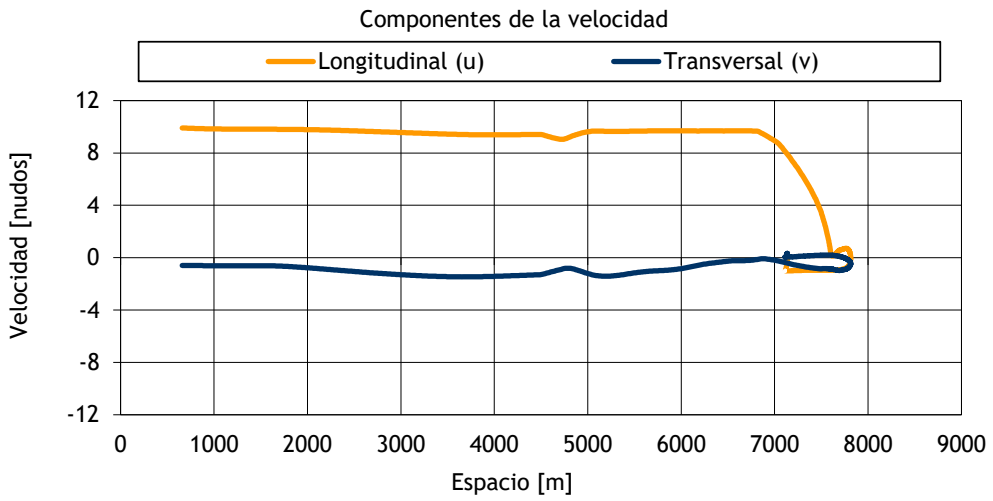
Figura: Trk-9 Portacontenedores 295x32.3x13.5 m. Entrada Viento: NW 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s	Trayectoria Intervalo de dibujo: 60s Escala: 1/8 000
2022165_Argentina_Tierra_Fuego Run 9	Siport21

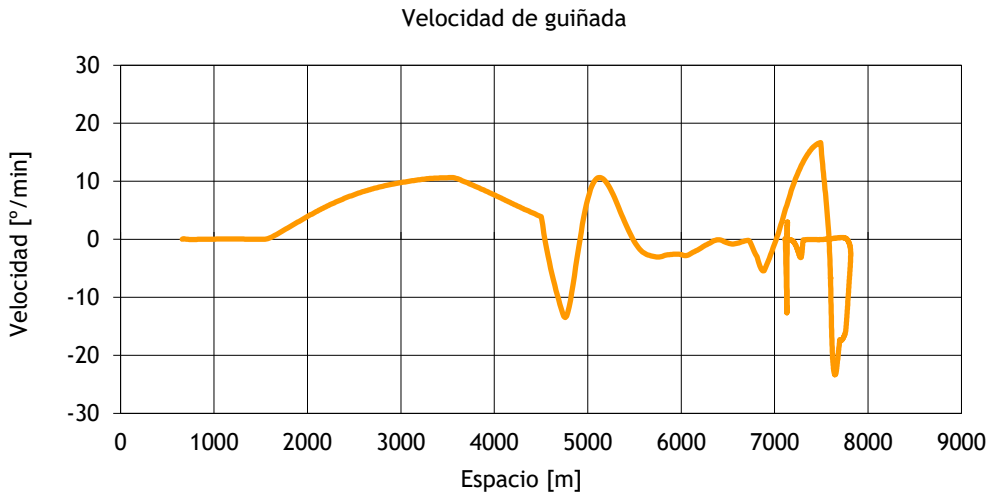


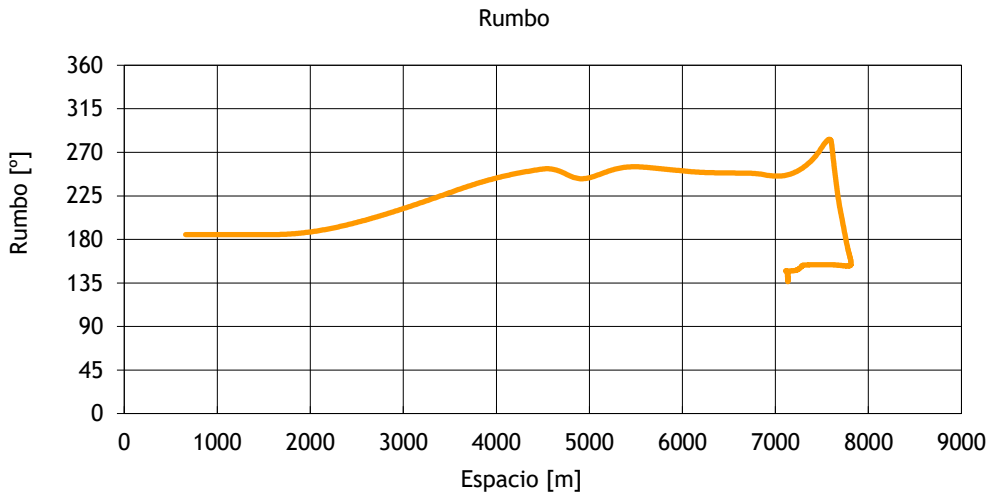




2022165_Argentina_Tierra_Fuego **Portacontenedores 295x32.3x13.5 m. Entrada** Viento: NW 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s **Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)**	Velocidad, máquina y timón
Siport21	D-9 Gráfico 1







2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Portacontenedores 295x32.3x13.5 m. Entrada

Viento: NW 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s

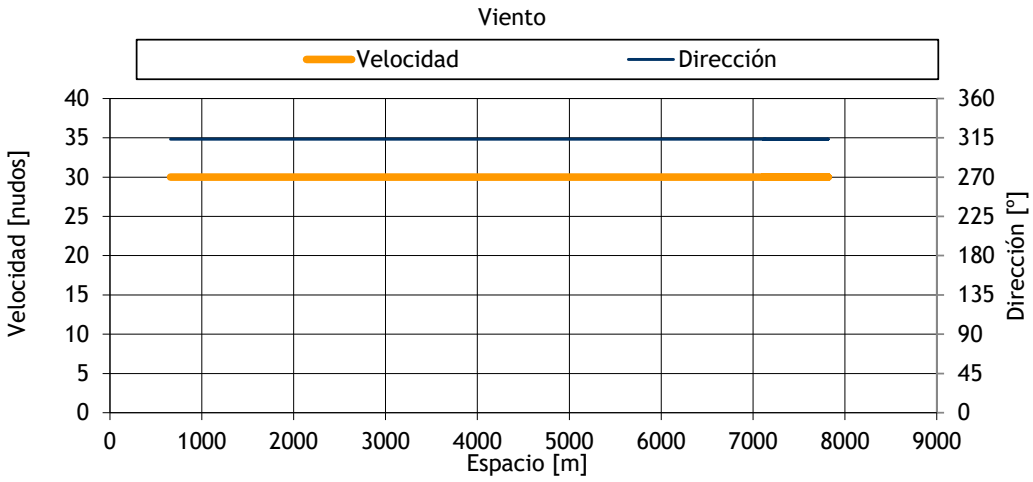
Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)

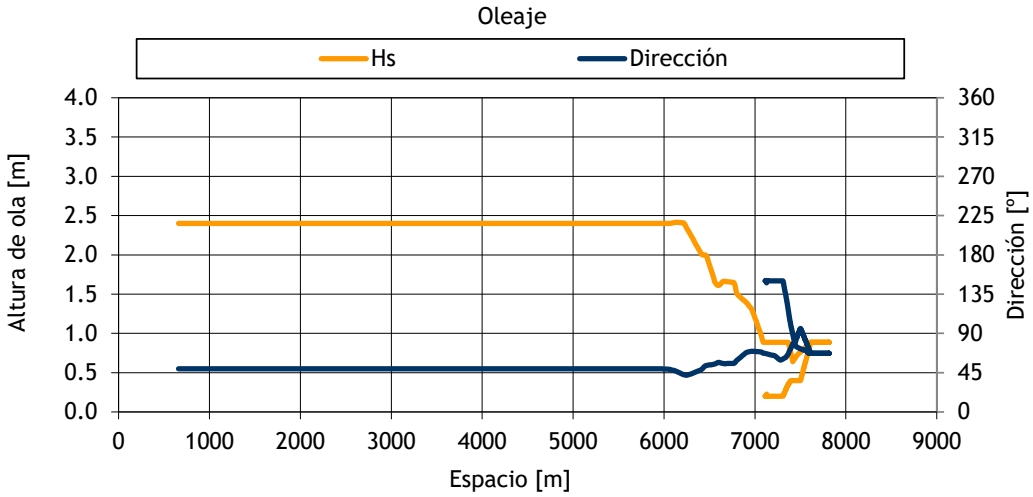
Componentes de la velocidad, velocidad de guiñada y rumbo

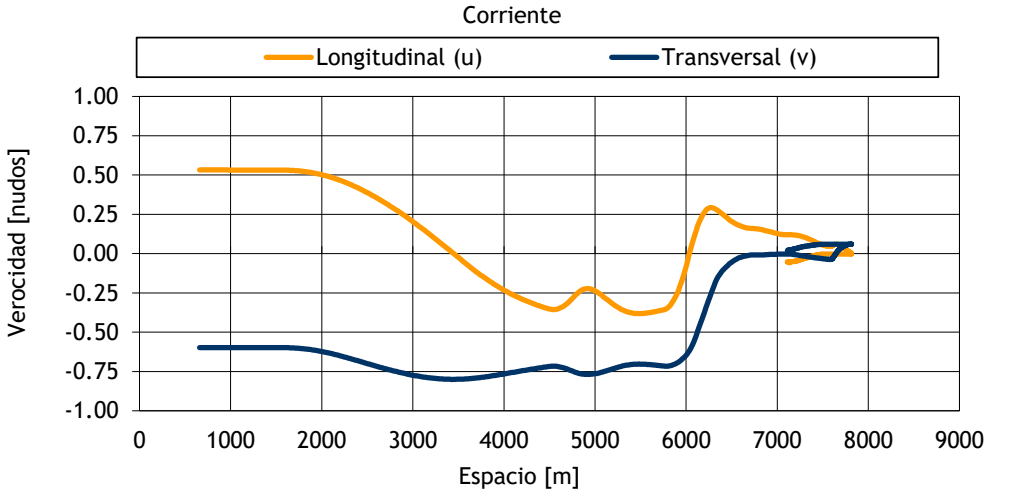
Siport21

D-9

Gráfico 2







2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Portacontenedores 295x32.3x13.5 m. Entrada

Viento: NW 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s

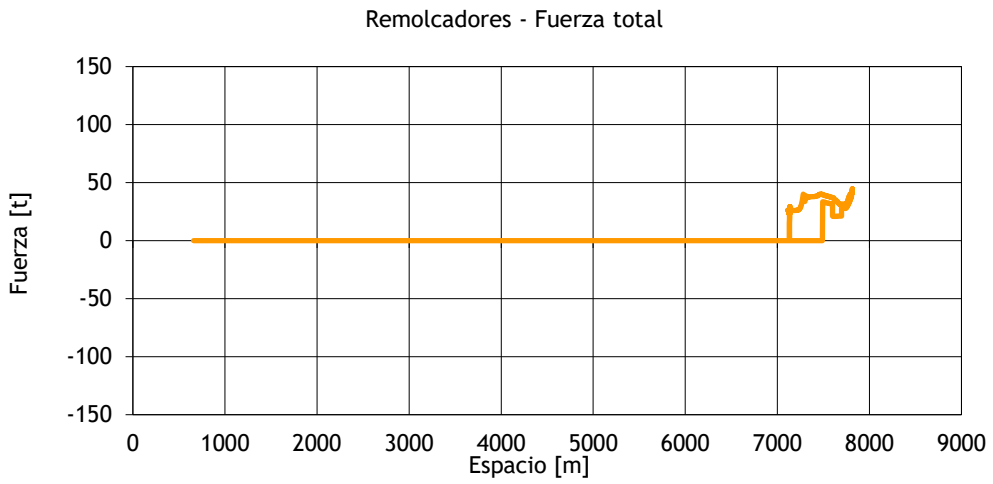
Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)

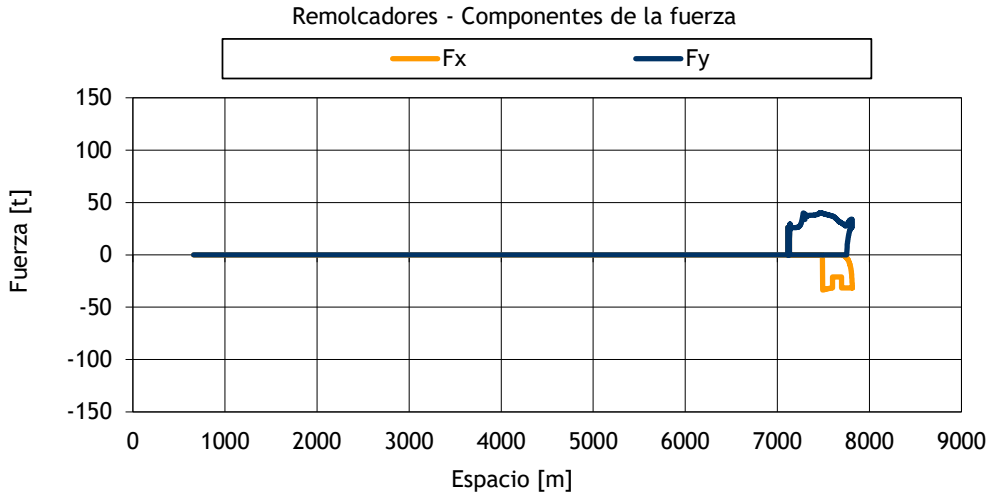
Condiciones climáticas

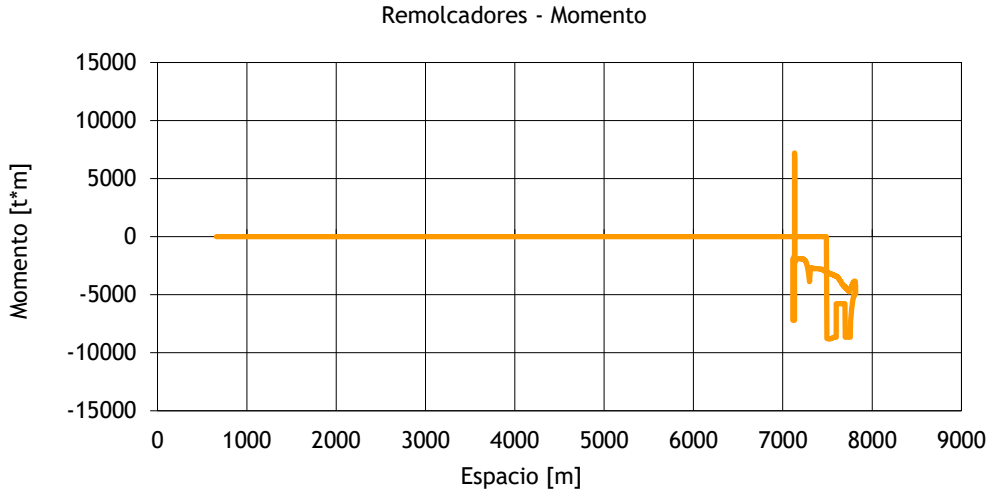
Siport21

D-9

Gráfico 3







2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Portacontenedores 295x32.3x13.5 m. Entrada

Viento: NW 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s

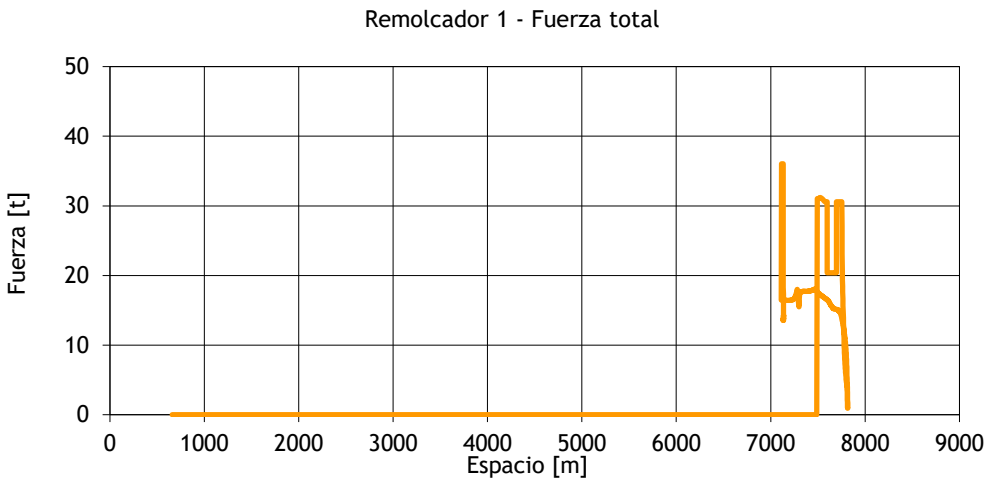
Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)

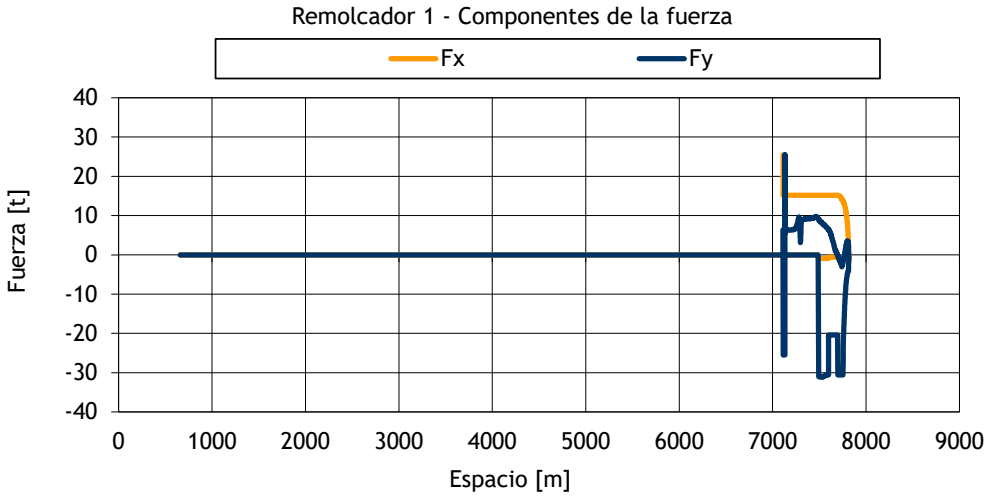
Fuerzas y momento de los remolcadores

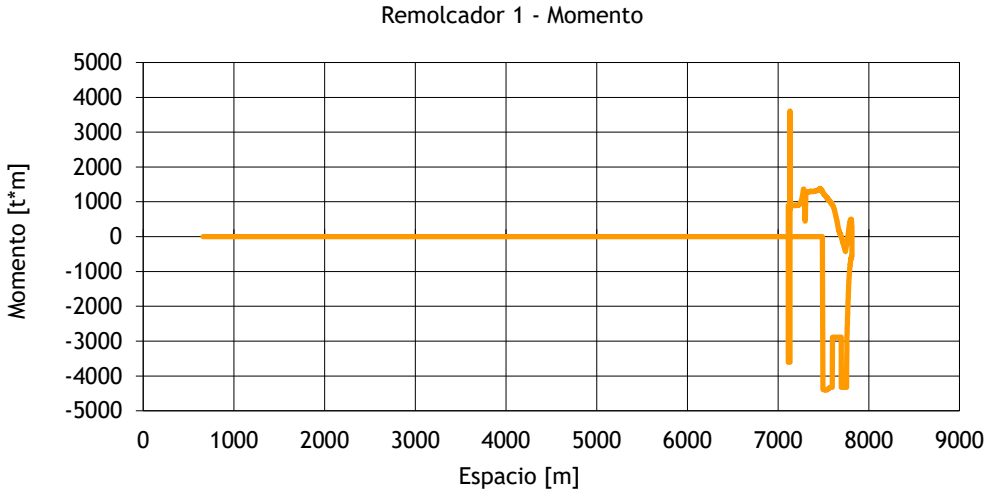
Siport21

D-9

Gráfico 4







2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Portacontenedores 295x32.3x13.5 m. Entrada

Viento: NW 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s

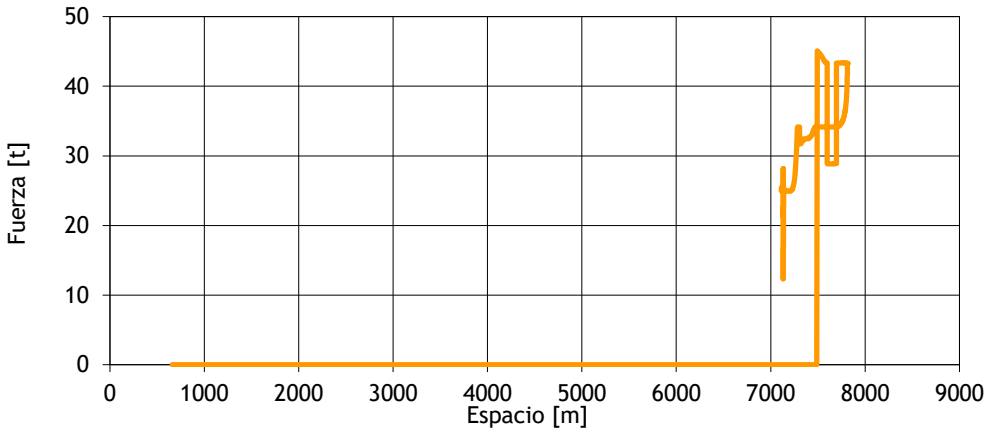
Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)

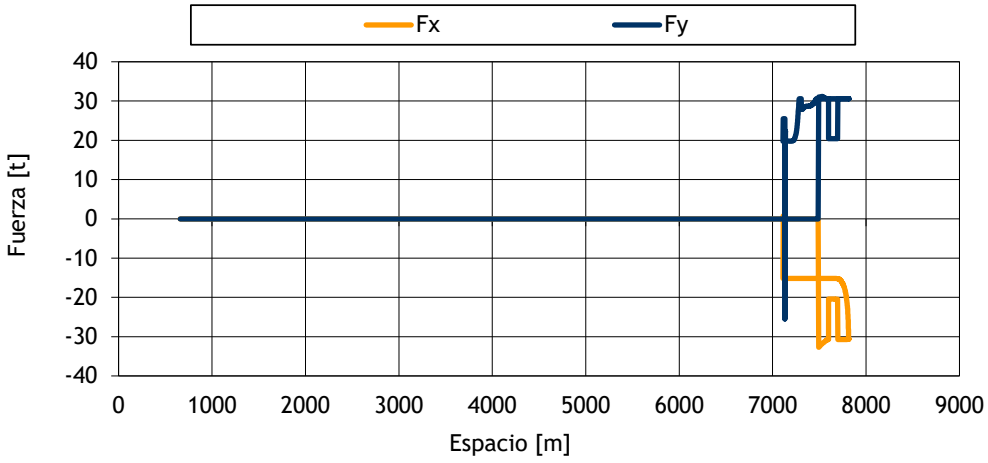
Remolcador de proa

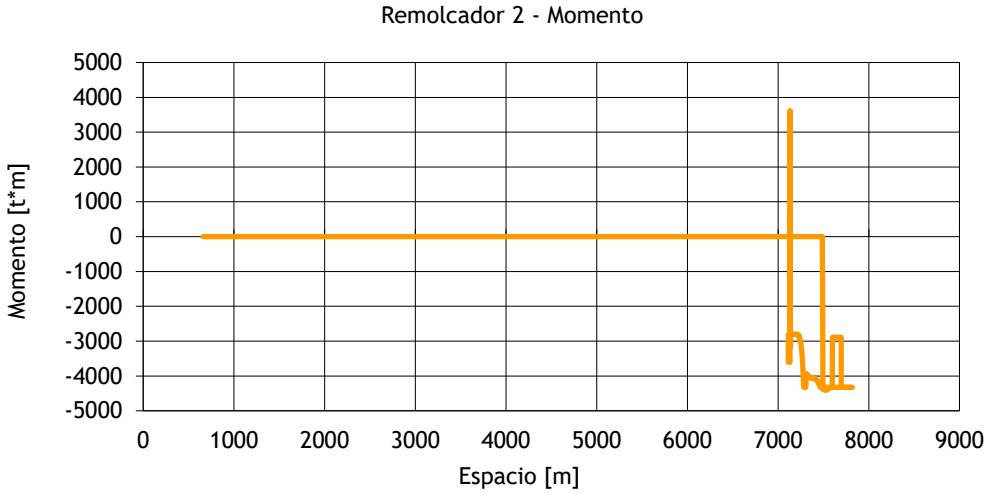
Siport21

D-9

Gráfico 5







2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Portacontenedores 295x32.3x13.5 m. Entrada

Viento: NW 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s

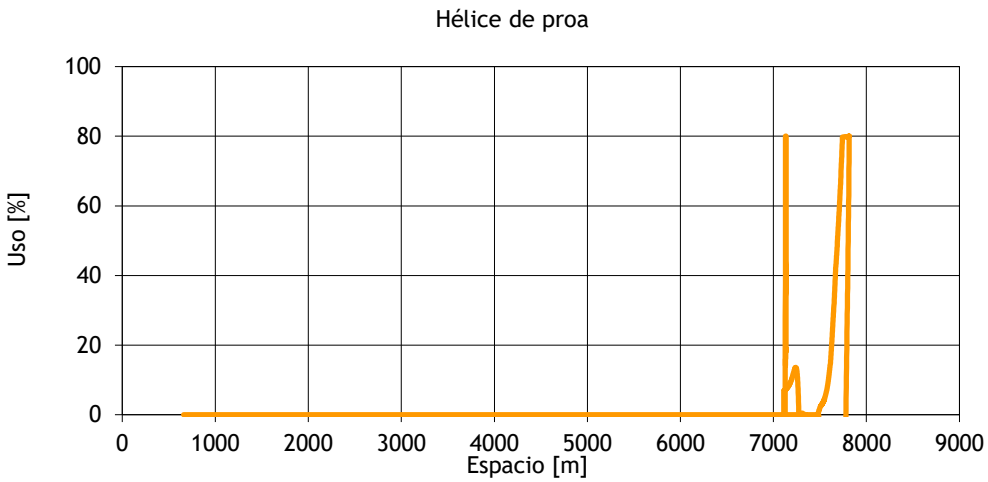
Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)

Remolcador de popa

Siport21

D-9

Gráfico 6



2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Portacontenedores 295x32.3x13.5 m. Entrada

Viento: NW 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s

Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)

Hélice de maniobra

Siport21

D-9

Gráfico 7

Run: 10

Portacontenedores 295x32.3x13.5 m. Salida

Viento: NW 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s;
Corriente: SE 0.4 m/s

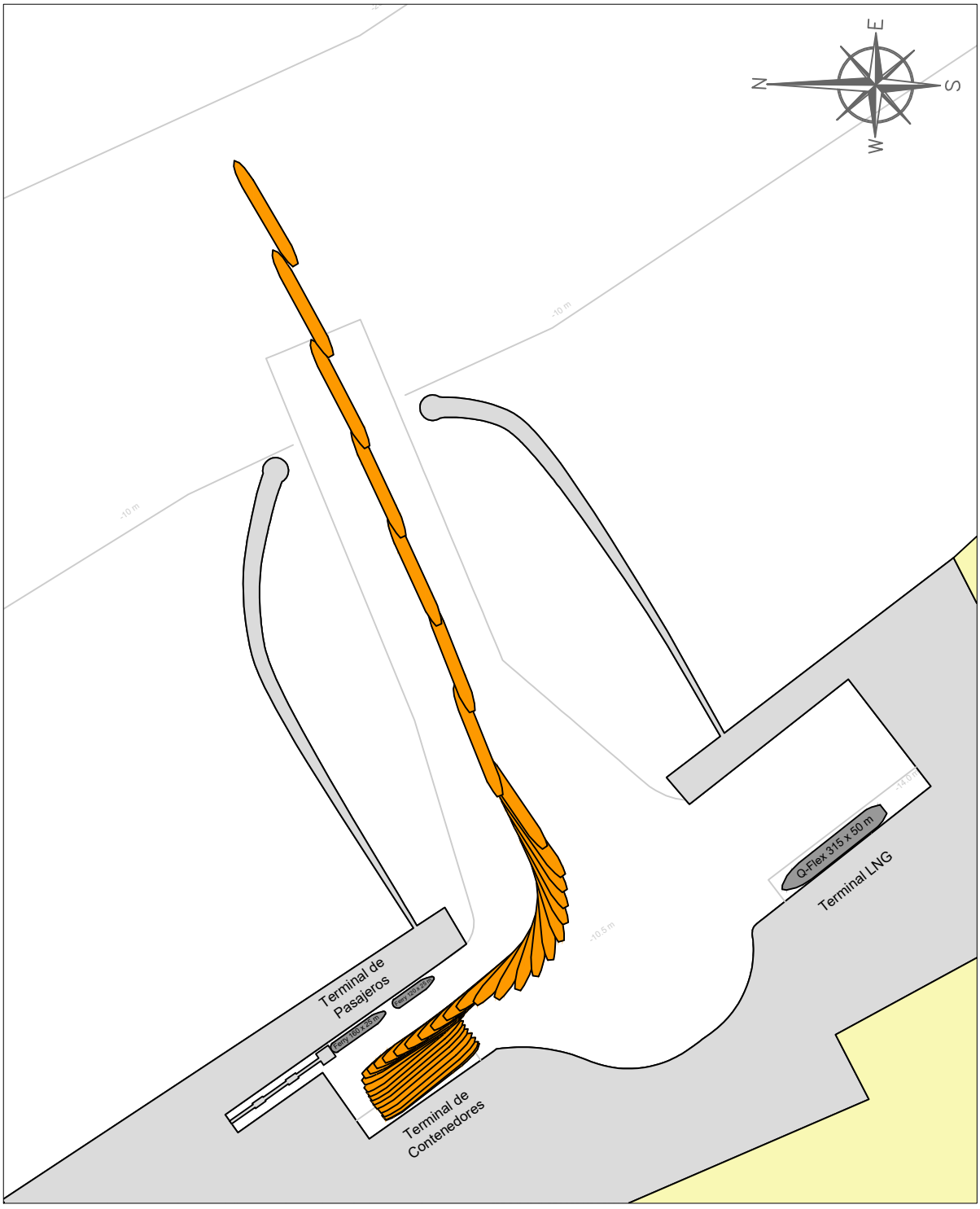


Figura: Trk-10 Portacontenedores 295x32.3x13.5 m. Salida Viento: NW 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s	Trayectoria Intervalo de dibujo: 60s Escala: 1/15 000
2022165_Argentina_Tierra_Fuego Run 10	Siport21

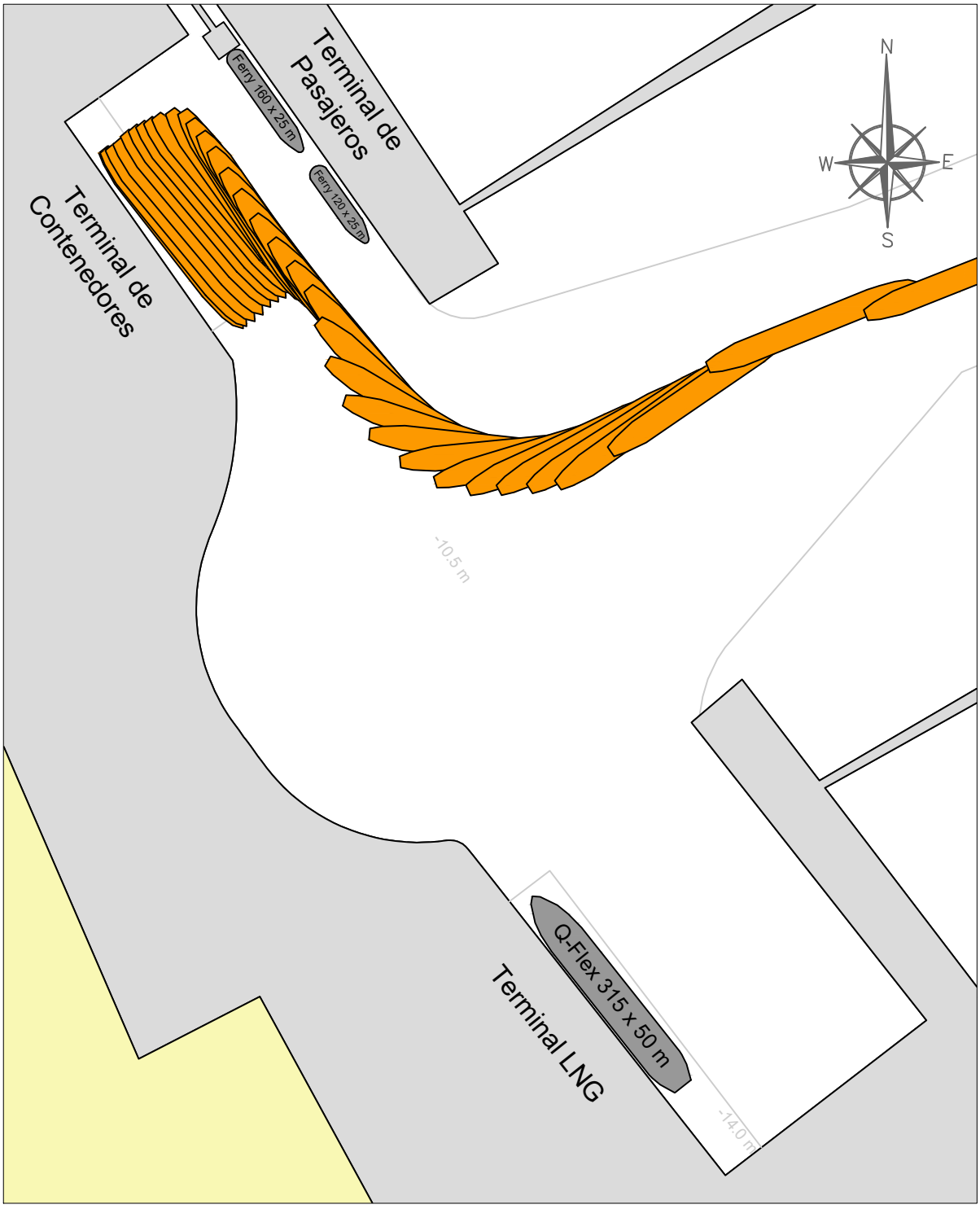
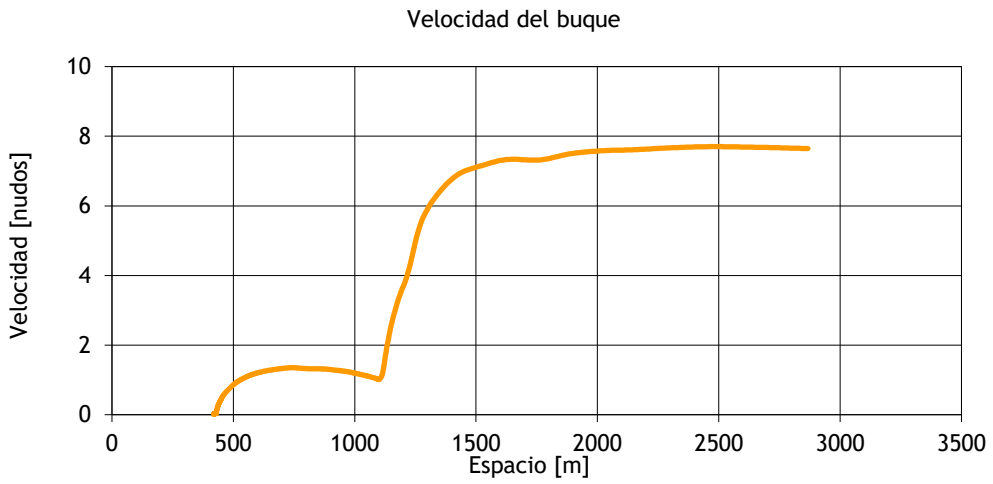
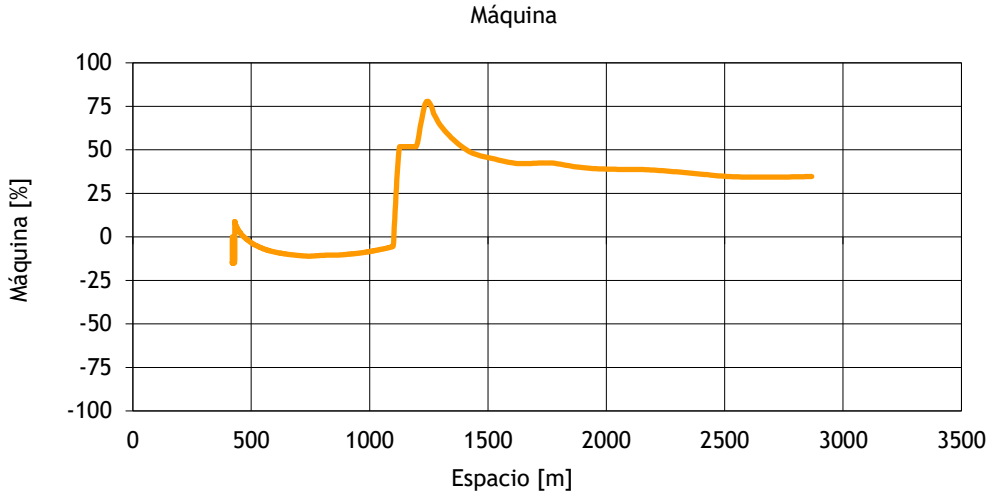
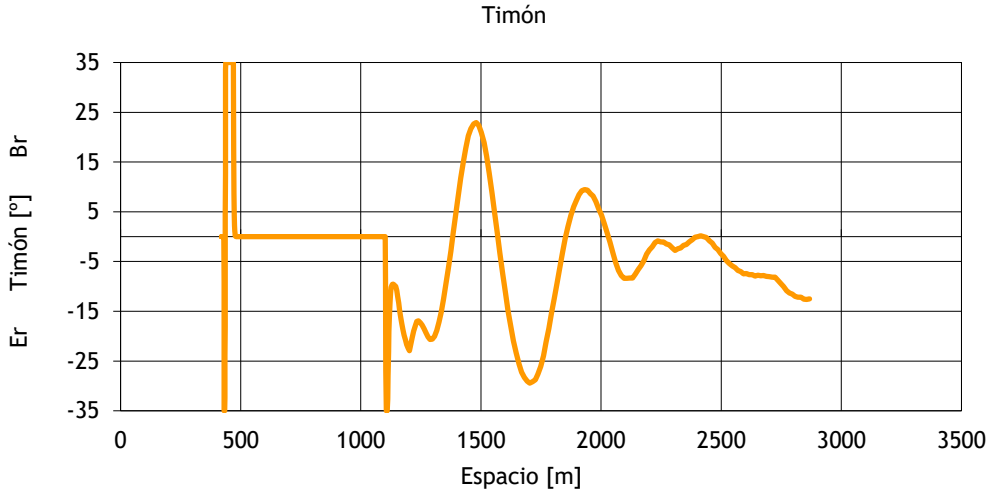


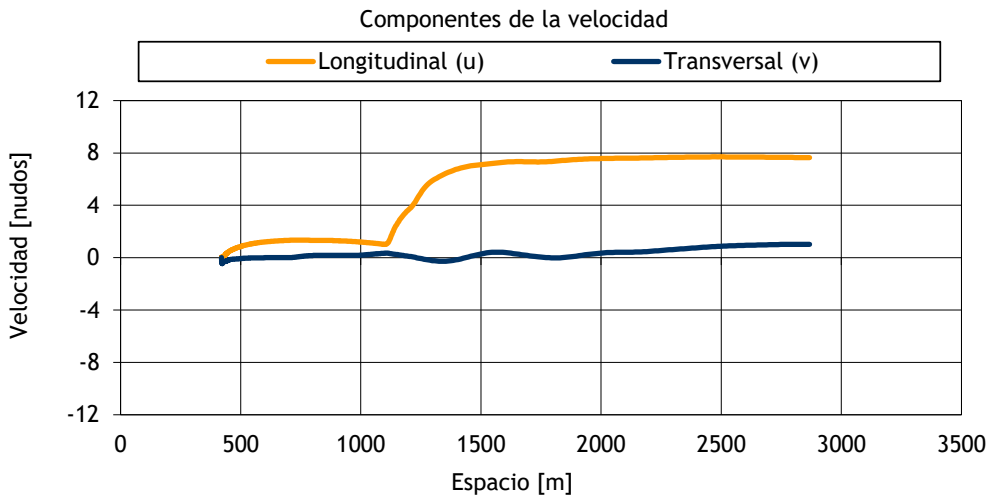
Figura: Trk-10 Portacontenedores 295x32.3x13.5 m. Salida Viento: NW 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s	Trayectoria Intervalo de dibujo: 60s Escala: 1/8 000
2022165_Argentina_Tierra_Fuego Run 10	Siport21

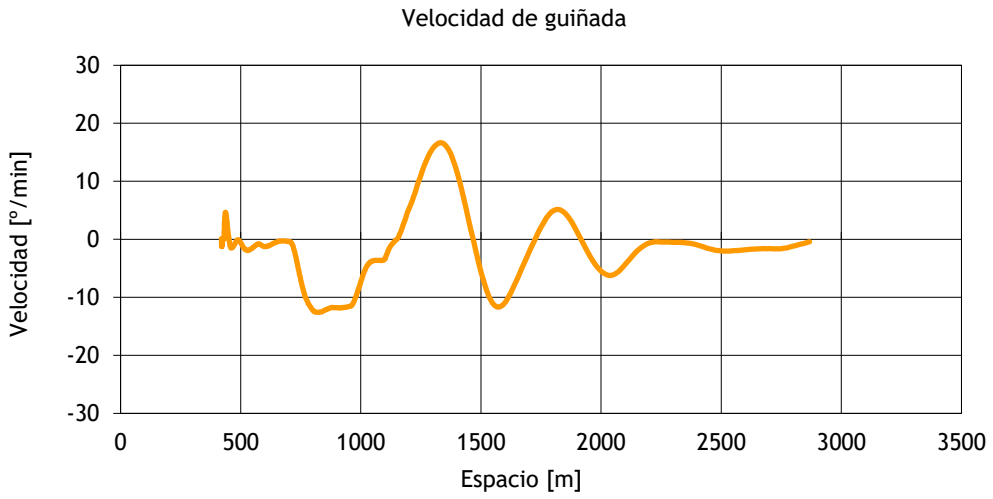


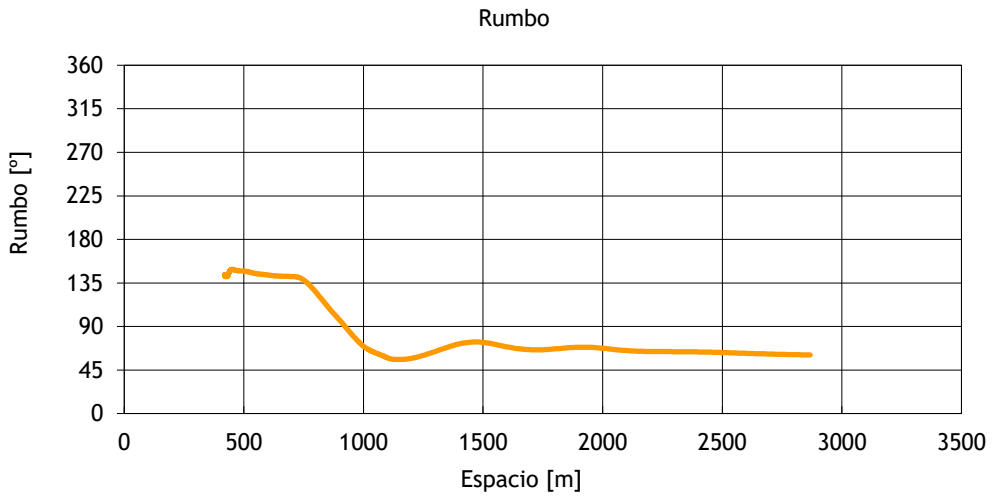




2022165_Argentina_Tierra_Fuego **Portacontenedores 295x32.3x13.5 m. Salida** Viento: NW 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s **Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)**	Velocidad, máquina y timón
Siport21	D-10 Gráfico 1







2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Portacontenedores 295x32.3x13.5 m. Salida

Viento: NW 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s

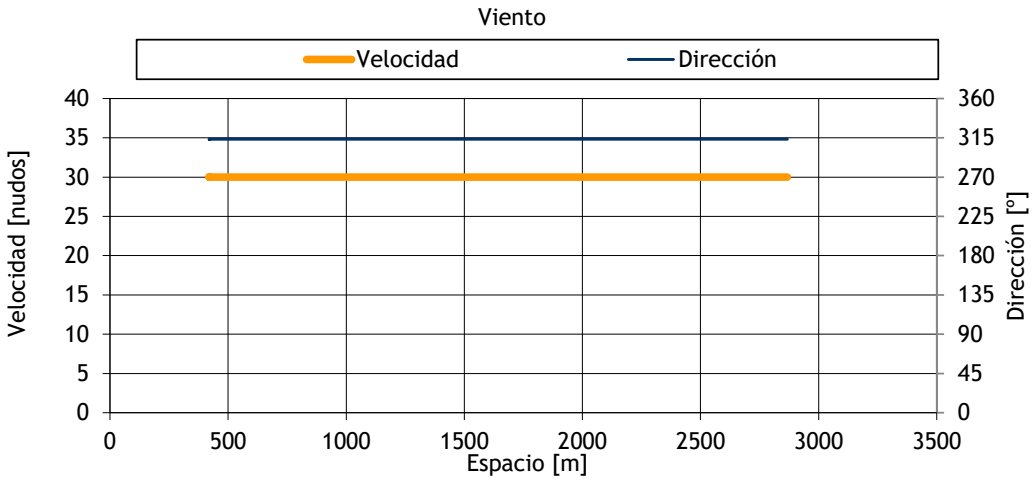
Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)

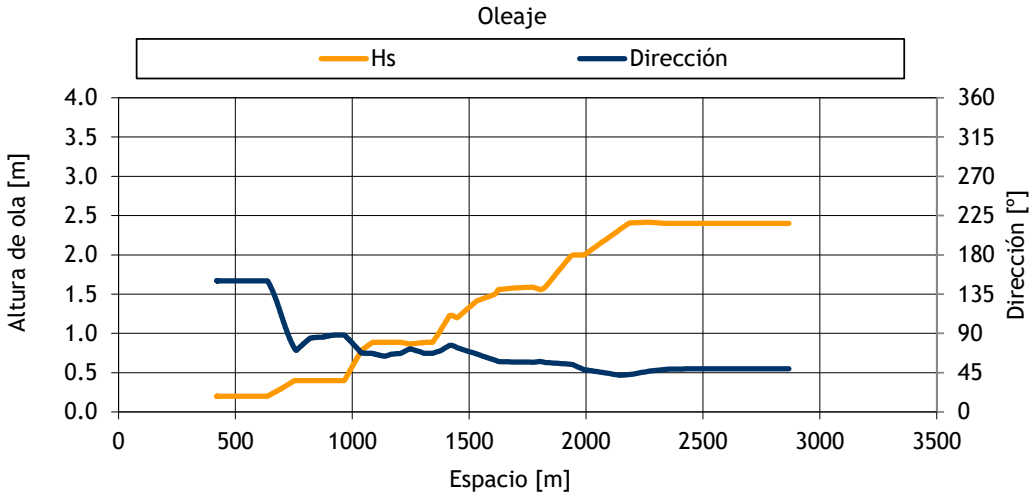
Componentes de la velocidad, velocidad de guiñada y rumbo

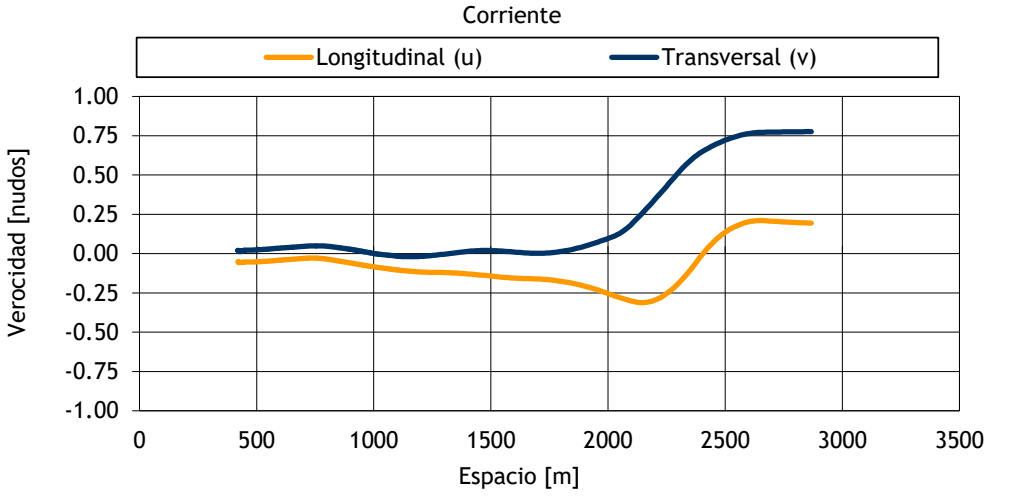
Siport21

D-10

Gráfico 2







2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Portacontenedores 295x32.3x13.5 m. Salida

Viento: NW 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s

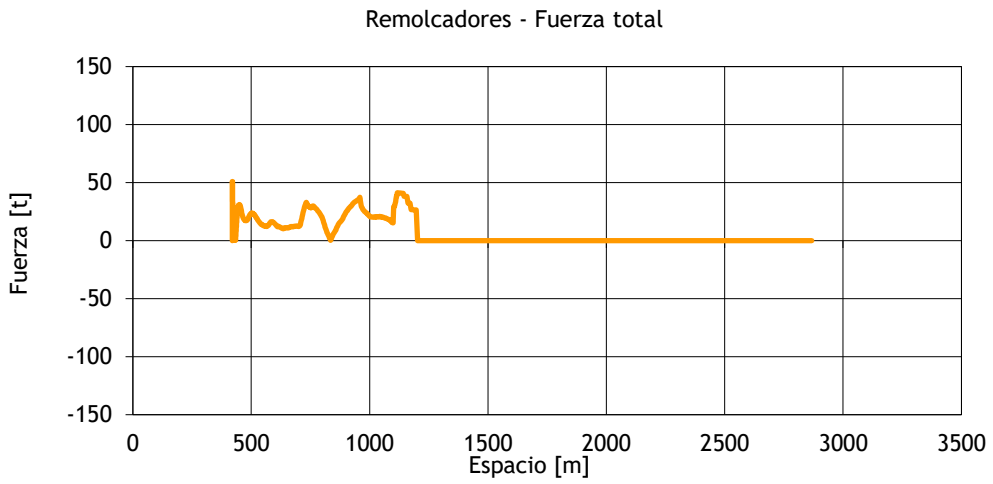
Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)

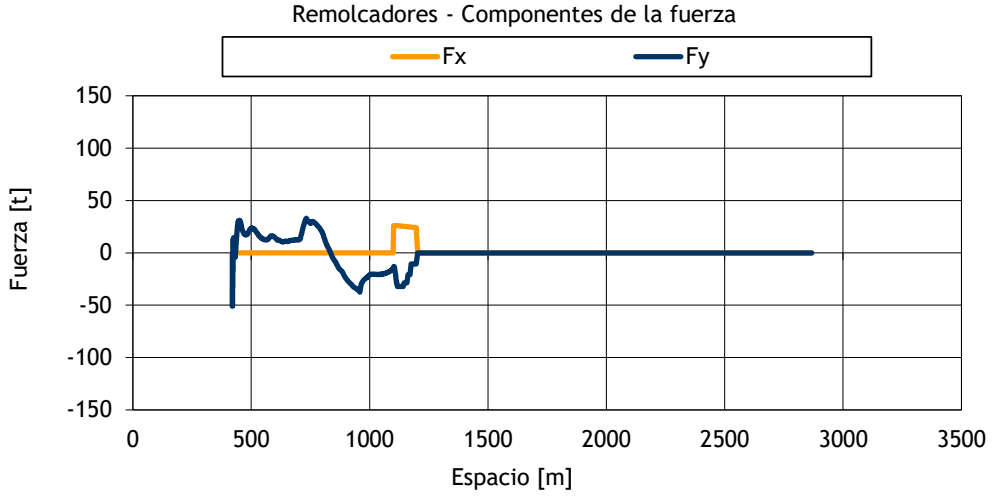
Condiciones climáticas

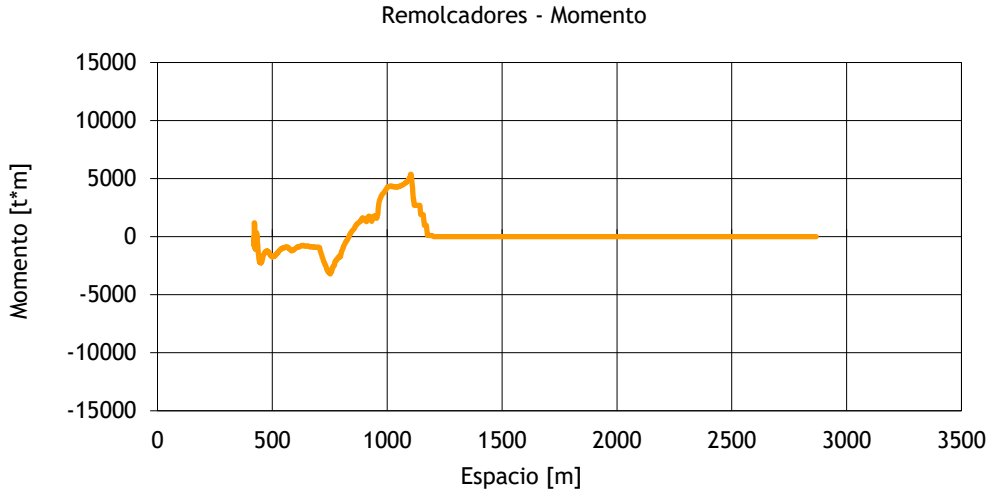
Siport21

D-10

Gráfico 3







2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Portacontenedores 295x32.3x13.5 m. Salida

Viento: NW 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s

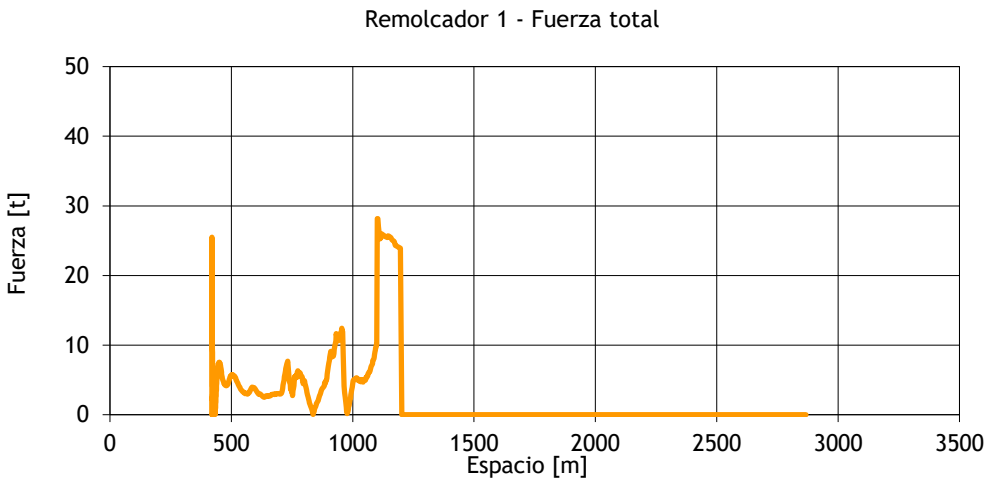
Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)

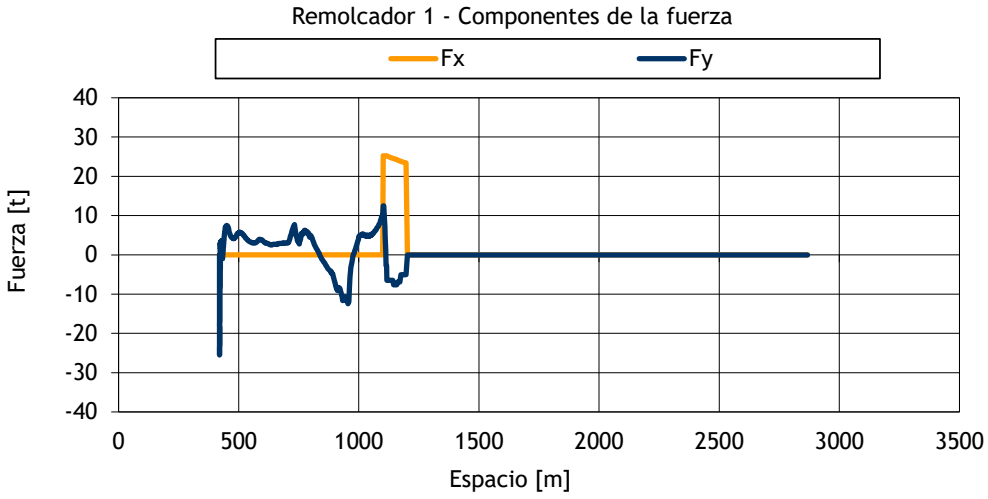
Fuerzas y momento de los remolcadores

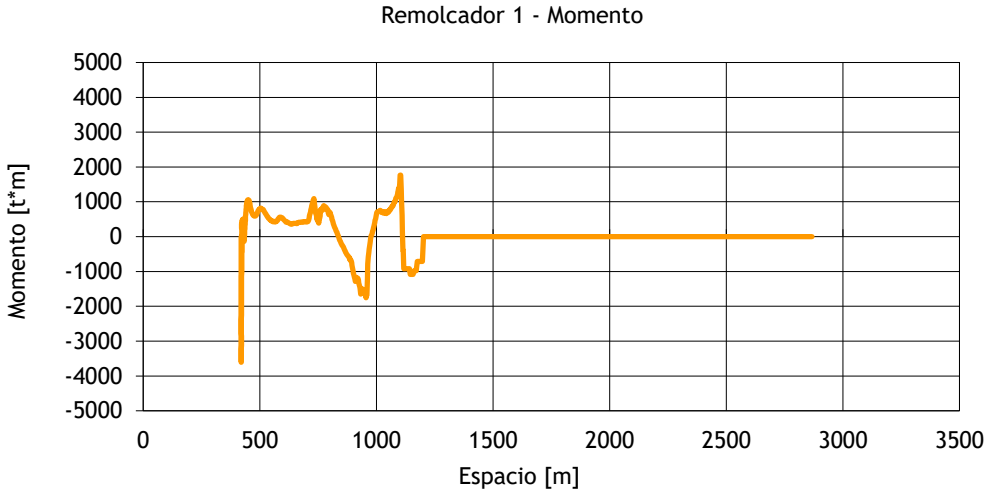
Siport21

D-10

Gráfico 4







2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Portacontenedores 295x32.3x13.5 m. Salida

Viento: NW 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s

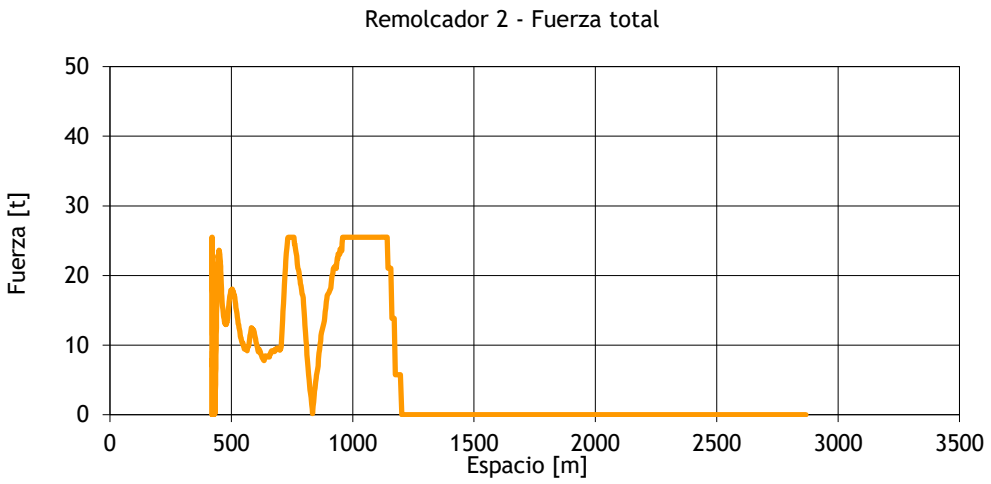
Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)

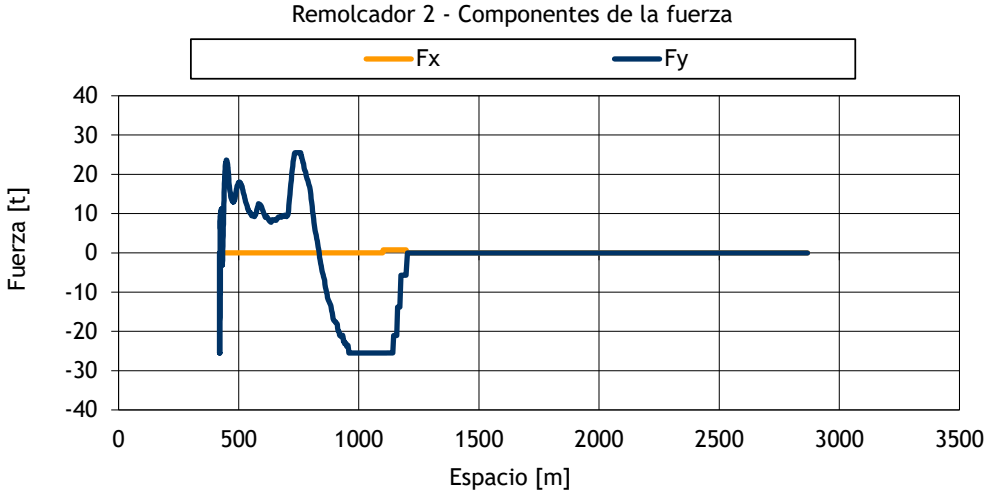
Remolcador de proa

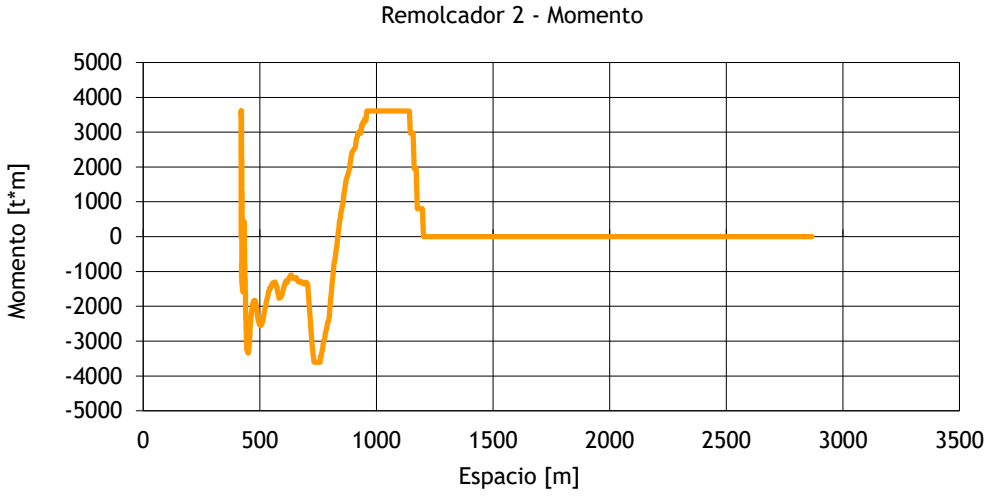
Siport21

D-10

Gráfico 5







2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Portacontenedores 295x32.3x13.5 m. Salida

Viento: NW 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s

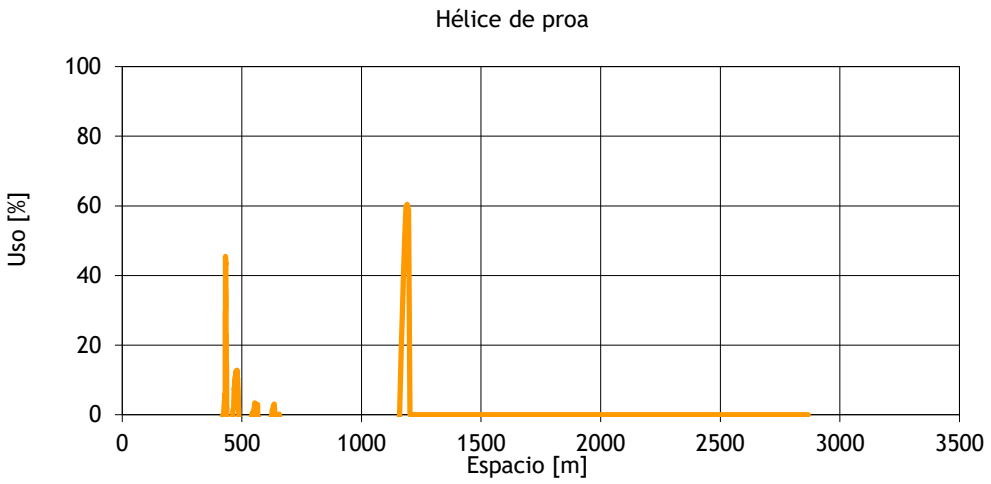
Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)

Remolcador de popa

Siport21

D-10

Gráfico 6



2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Portacontenedores 295x32.3x13.5 m. Salida

Viento: NW 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s

Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)

Hélice de maniobra

Siport21

D-10

Gráfico 7

Run: 11

Portacontenedores 295x32.3x13.5 m. Entrada

Viento: SW 25 kn; Ola: NE 1.5 m - 11 s; Corriente: NW 0.3 m/s

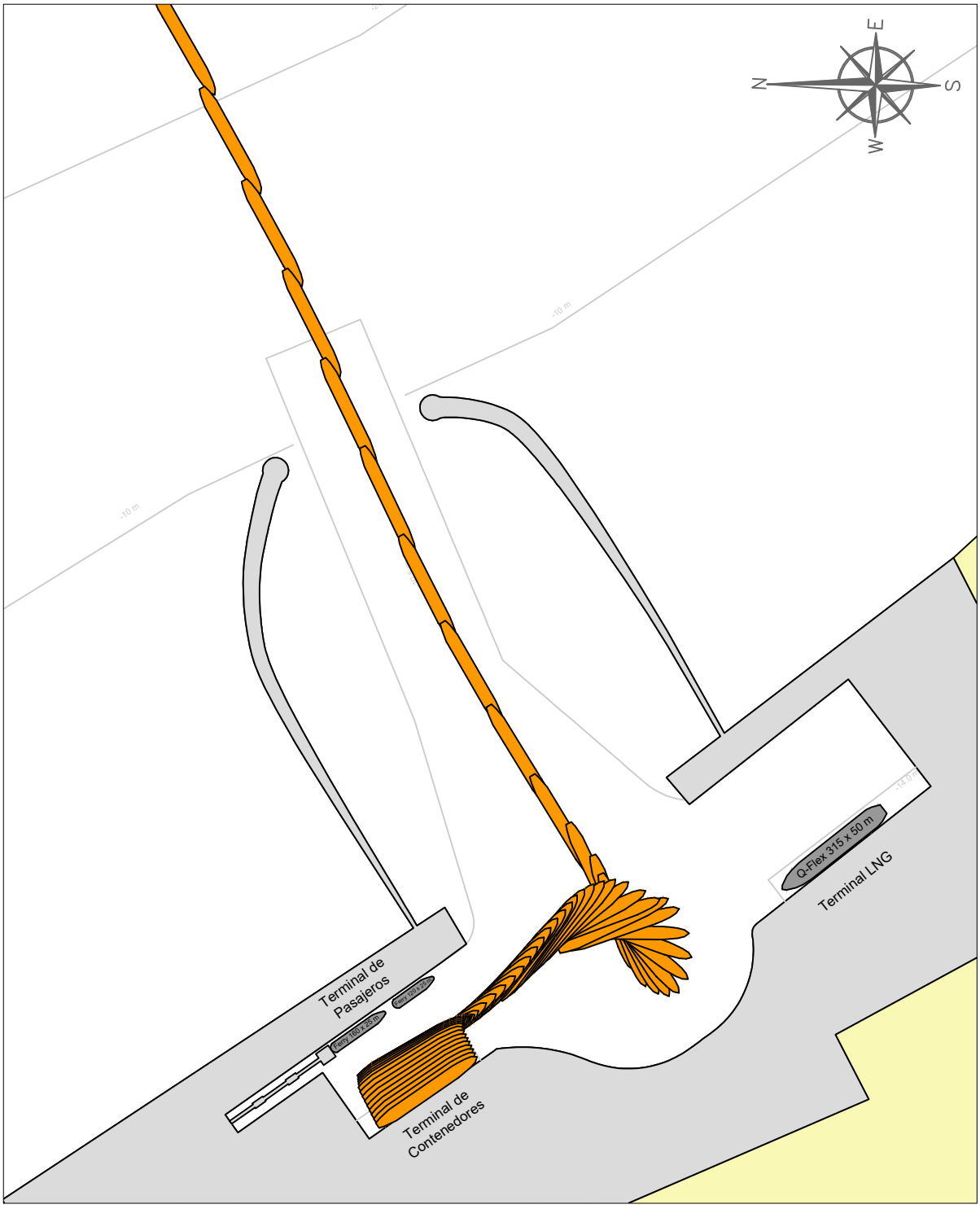


Figura: Trk-11 Portacontenedores 295x32.3x13.5 m. Entrada Viento: SW 25 kn; Ola: NE 1.5 m - 11 s; Corriente: NW 0.3 m/s	Trayectoria Intervalo de dibujo: 60s Escala: 1/15 000
2022165_Argentina_Tierra_Fuego Run 11	Siport21

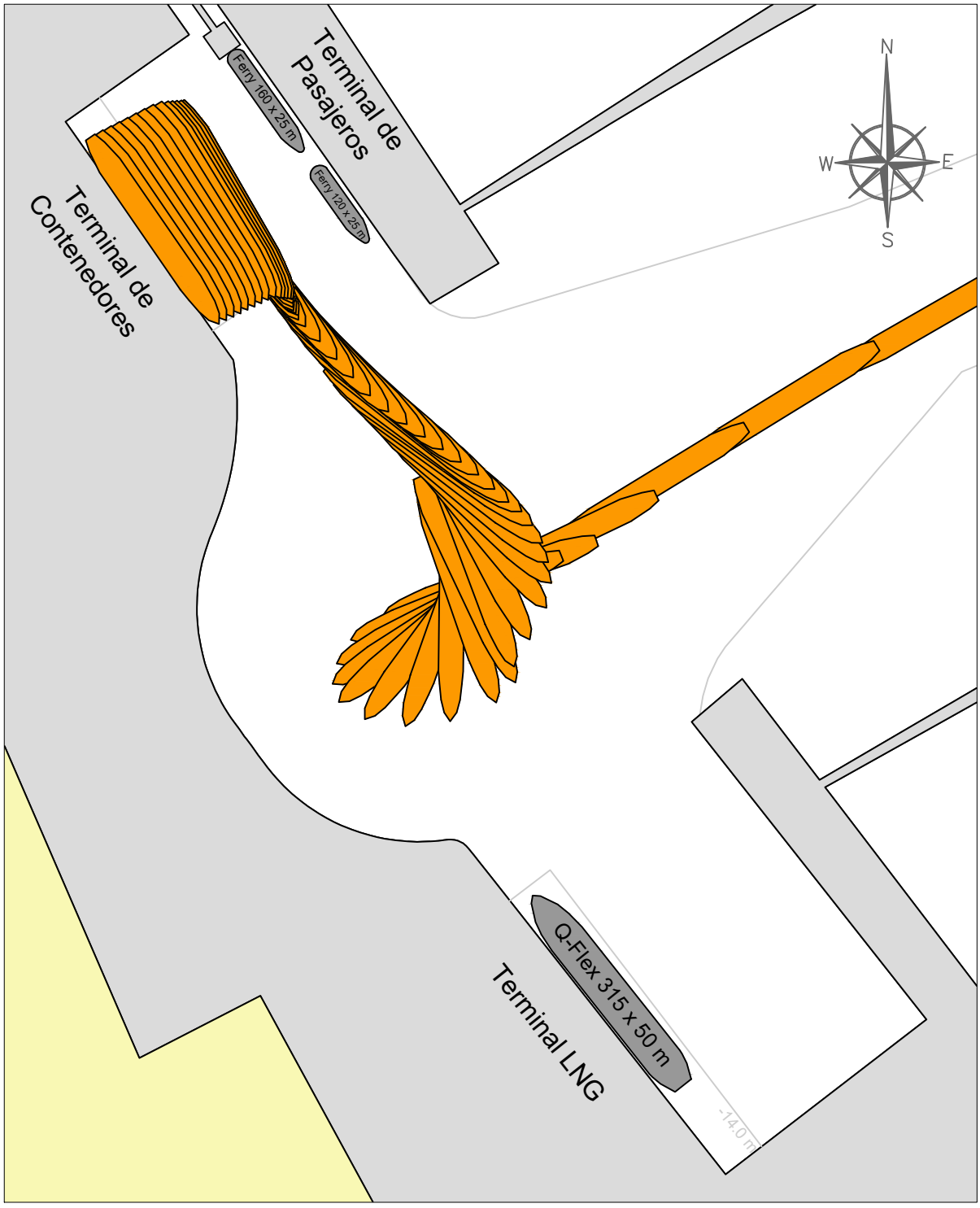
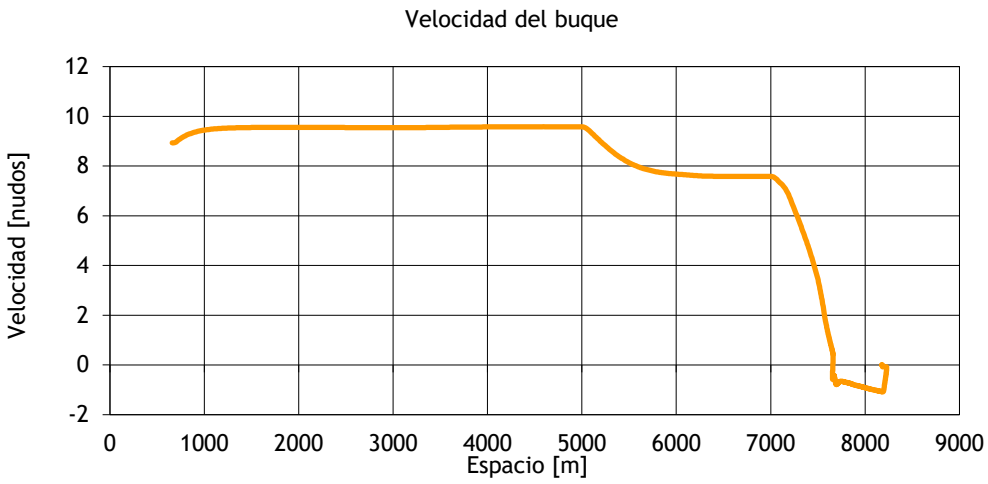
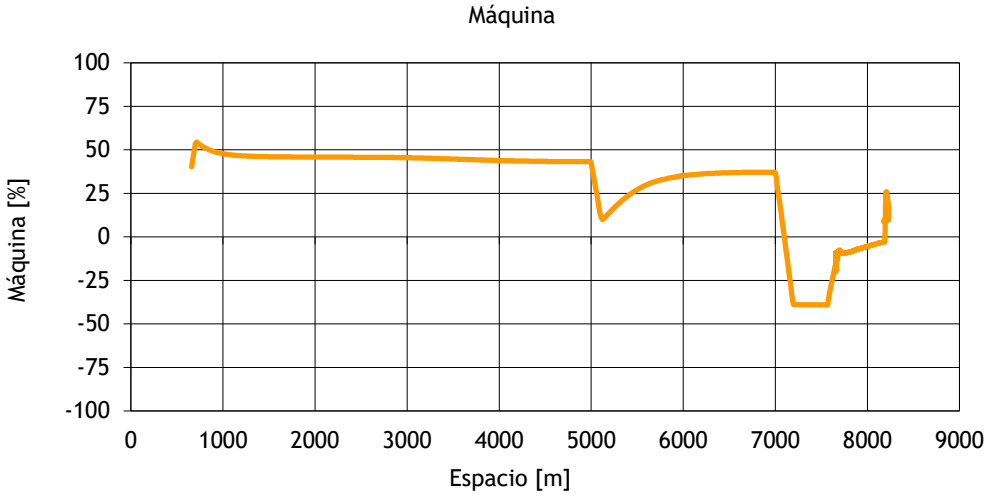
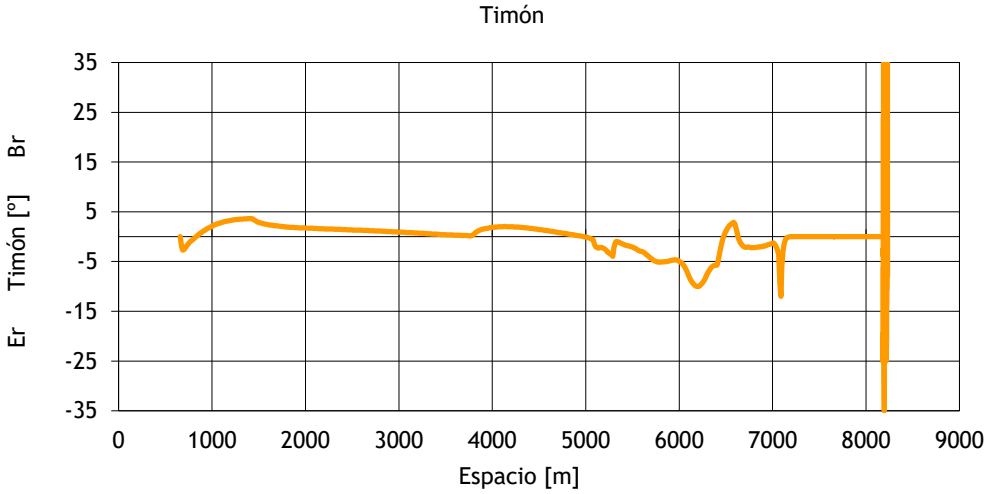


Figura: Trk-11 Portacontenedores 295x32.3x13.5 m. Entrada Viento: SW 25 kn; Ola: NE 1.5 m - 11 s; Corriente: NW 0.3 m/s	Trayectoria Intervalo de dibujo: 60s Escala: 1/8 000
2022165_Argentina_Tierra_Fuego Run 11	Siport21







2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Portacontenedores 295x32.3x13.5 m. Entrada

Viento: SW 25 kn; Ola: NE 1.5 m - 11 s; Corriente: NW 0.3 m/s

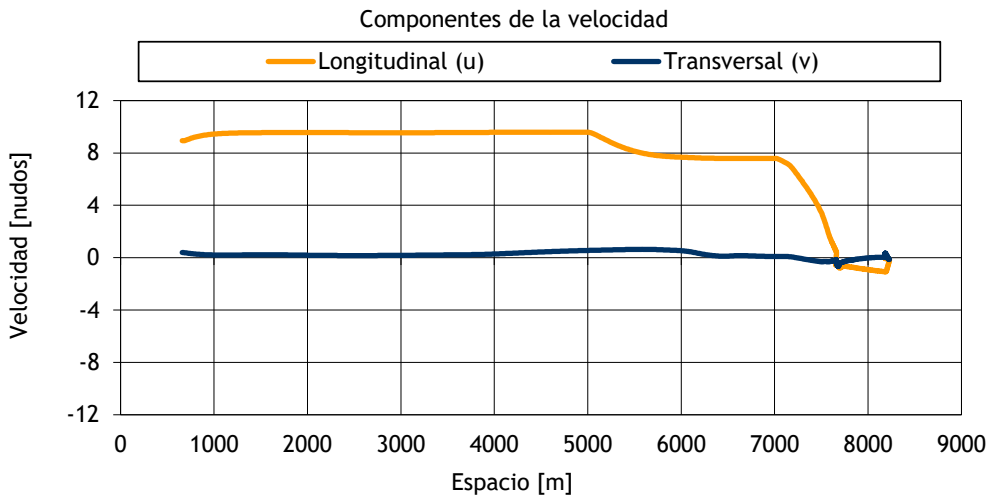
Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)

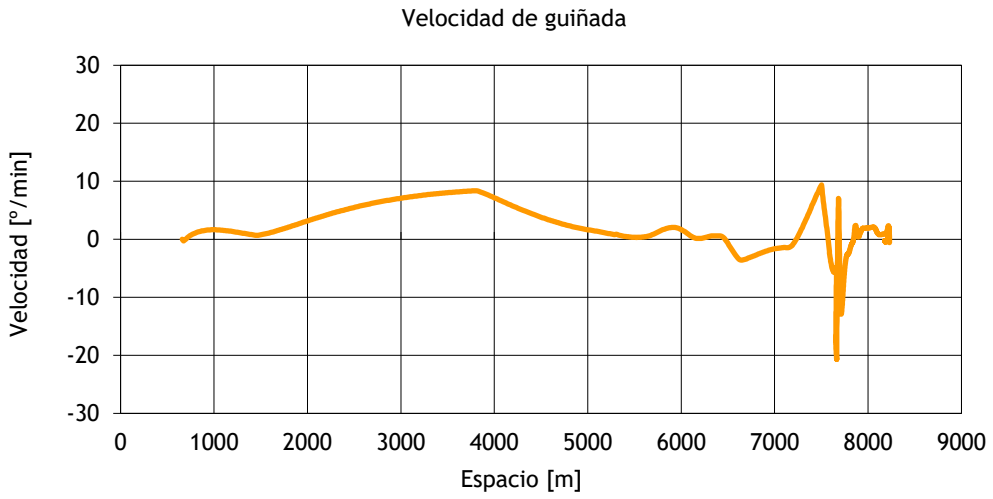
Velocidad, máquina y timón

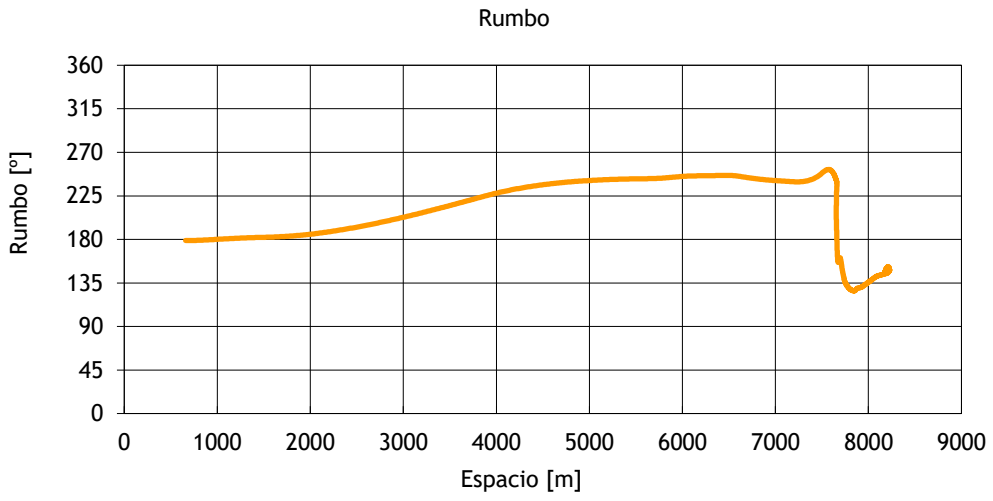
Siport21

D-11

Gráfico 1







2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Portacontenedores 295x32.3x13.5 m. Entrada

Viento: SW 25 kn; Ola: NE 1.5 m - 11 s; Corriente: NW 0.3 m/s

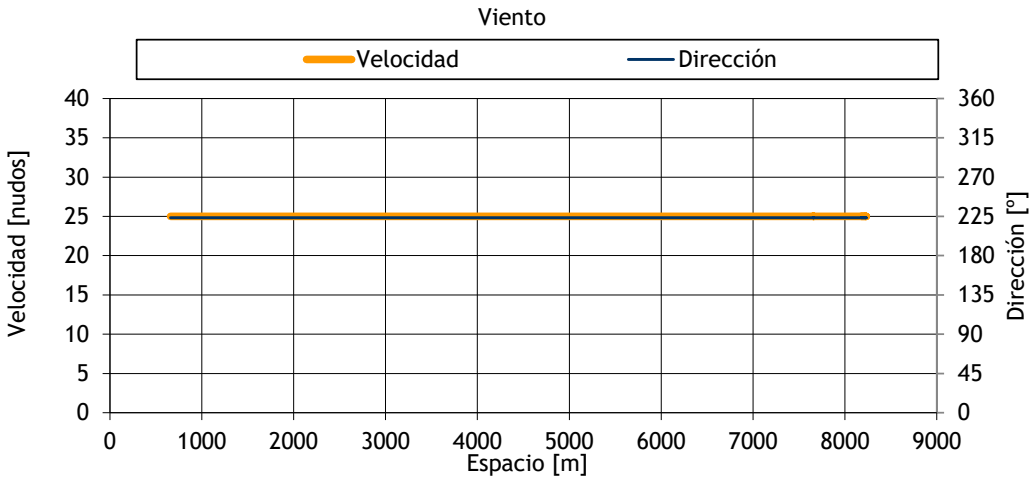
Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)

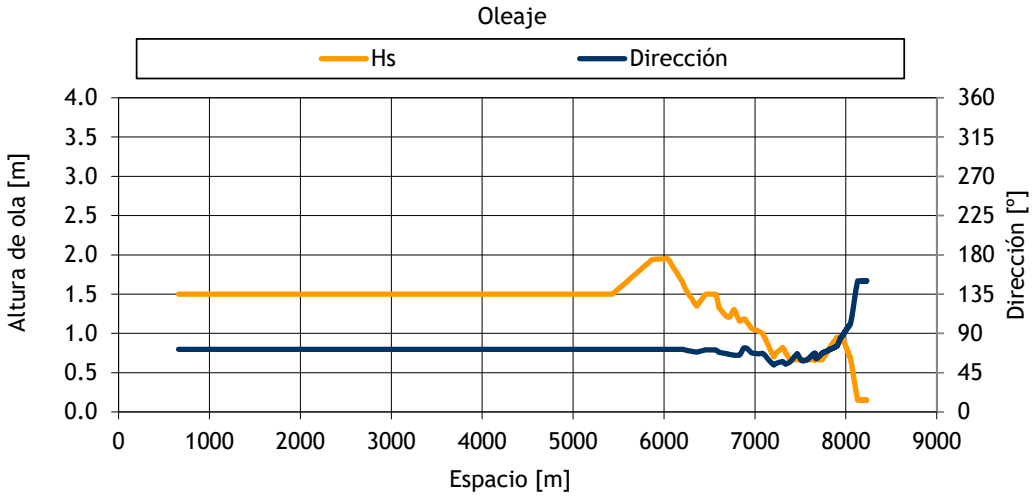
Componentes de la velocidad, velocidad de guiñada y rumbo

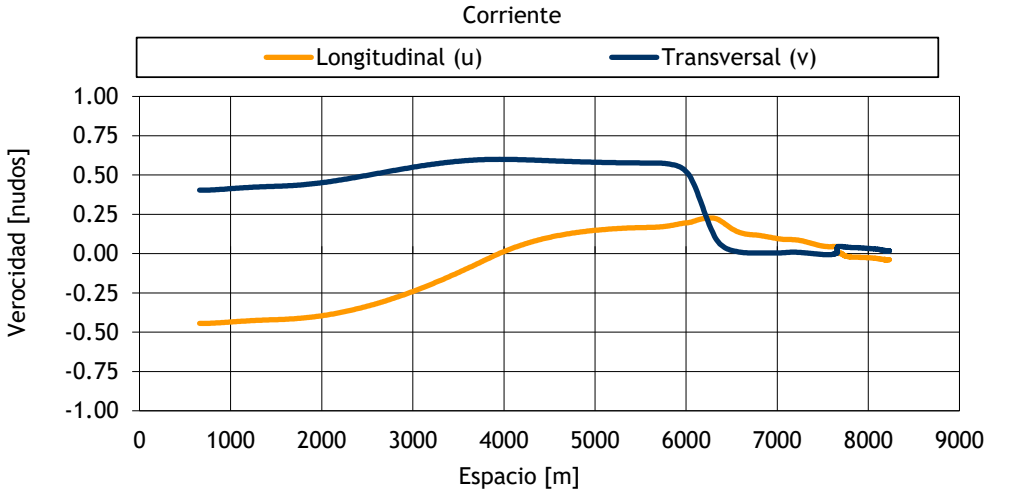
Siport21

D-11

Gráfico 2







2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Portacontenedores 295x32.3x13.5 m. Entrada

Viento: SW 25 kn; Ola: NE 1.5 m - 11 s; Corriente: NW 0.3 m/s

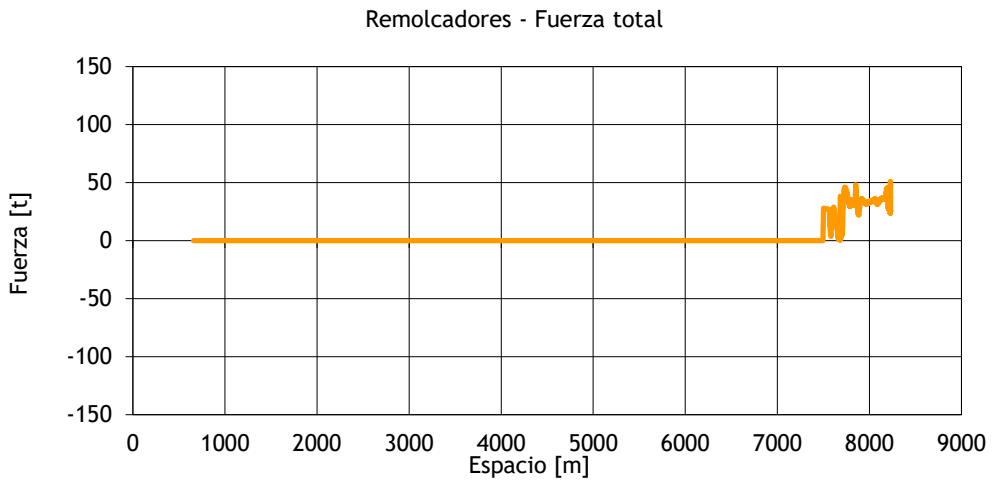
Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)

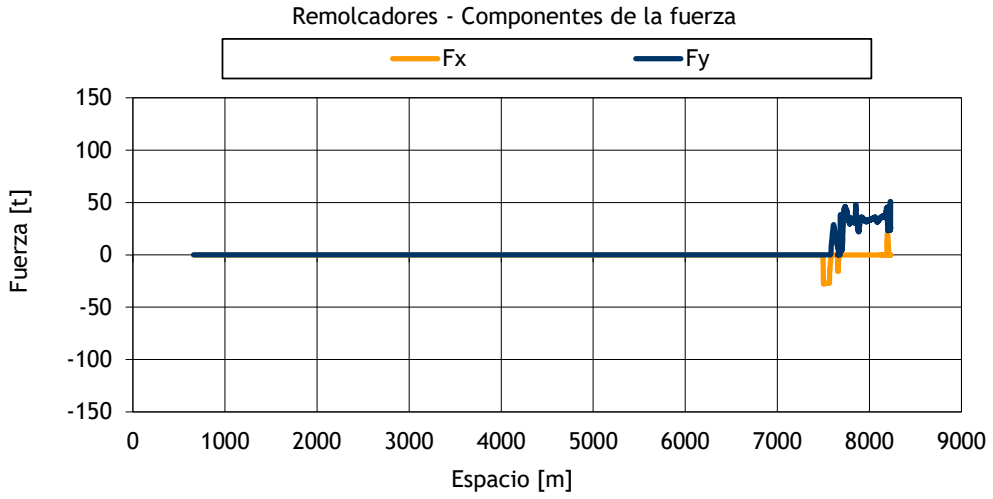
Condiciones climáticas

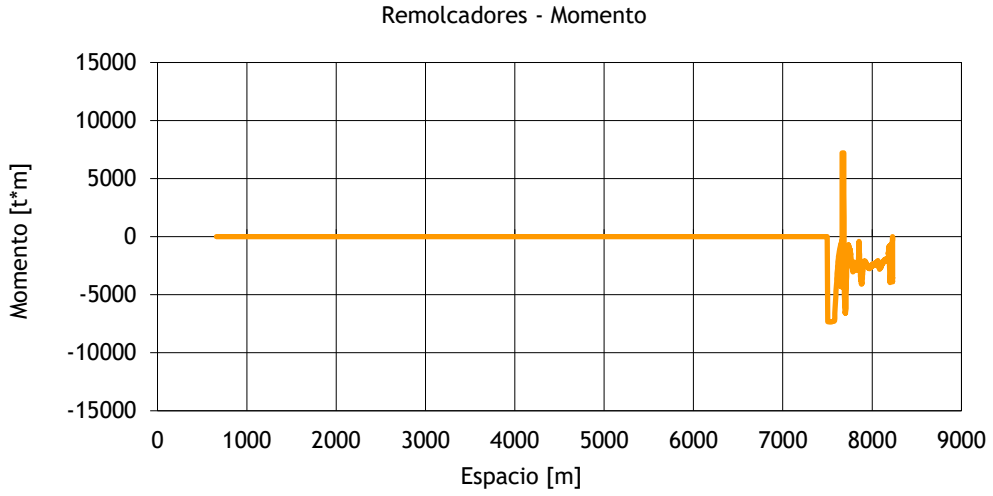
Siport21

D-11

Gráfico 3







2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Portacontenedores 295x32.3x13.5 m. Entrada

Viento: SW 25 kn; Ola: NE 1.5 m - 11 s; Corriente: NW 0.3 m/s

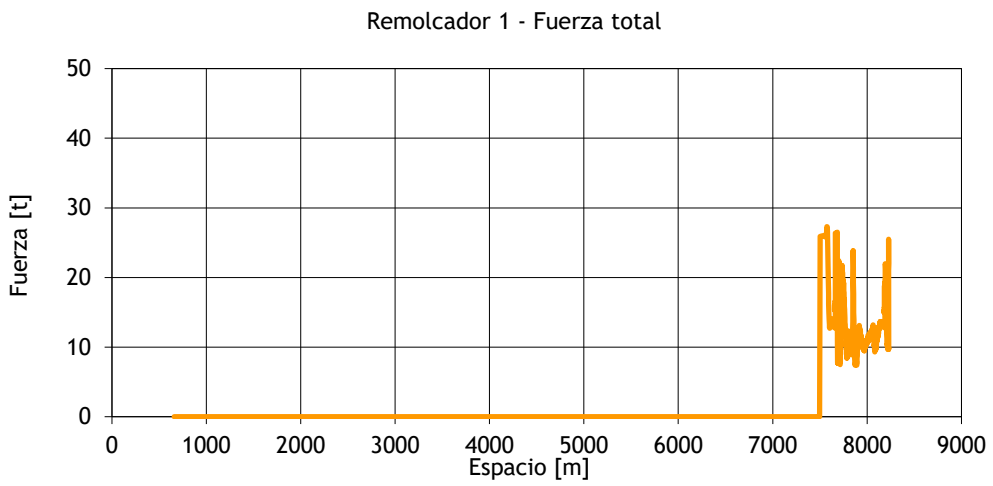
Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)

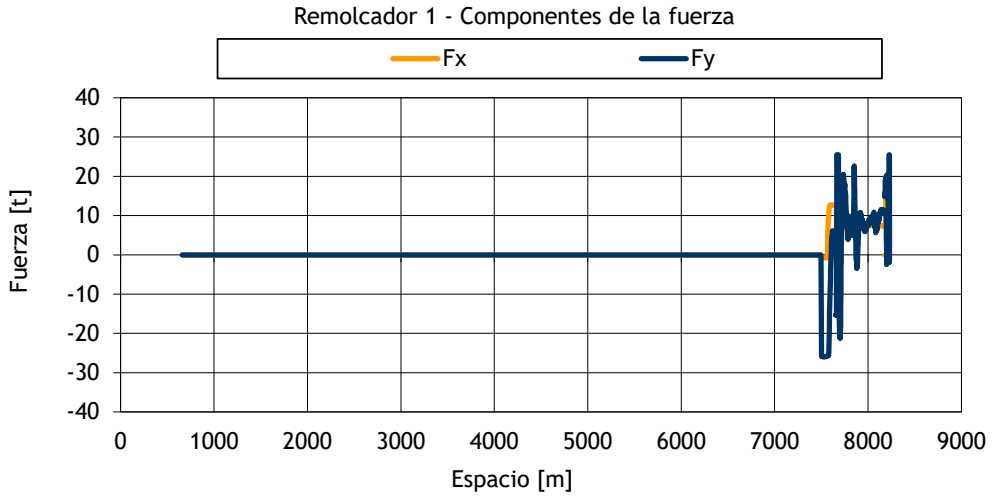
Fuerzas y momento de los remolcadores

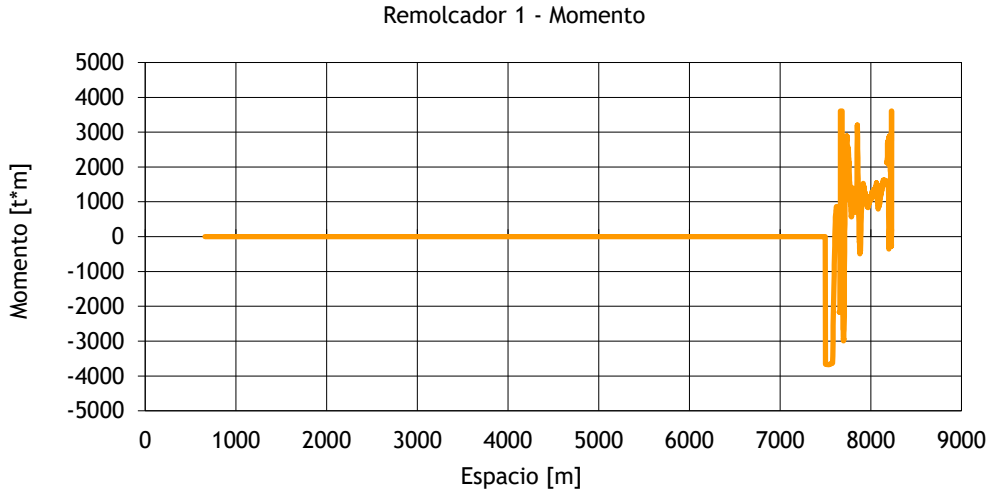
Siport21

D-11

Gráfico 4







2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Portacontenedores 295x32.3x13.5 m. Entrada

Viento: SW 25 kn; Ola: NE 1.5 m - 11 s; Corriente: NW 0.3 m/s

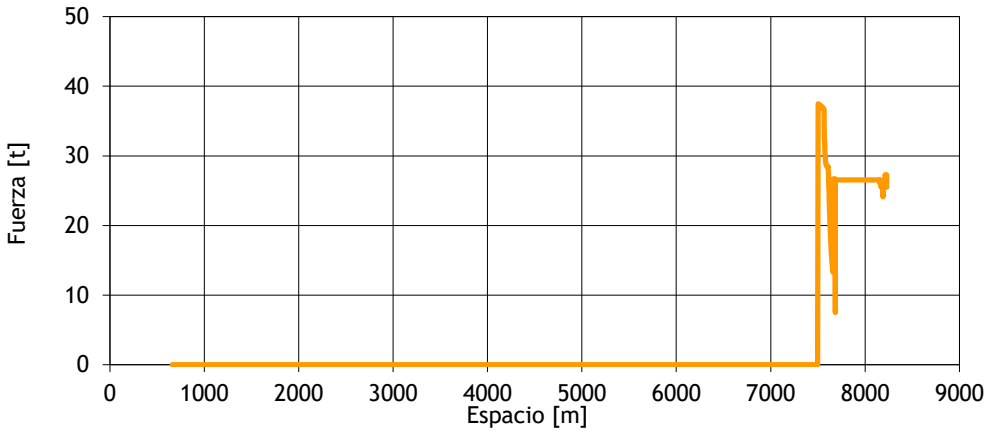
Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)

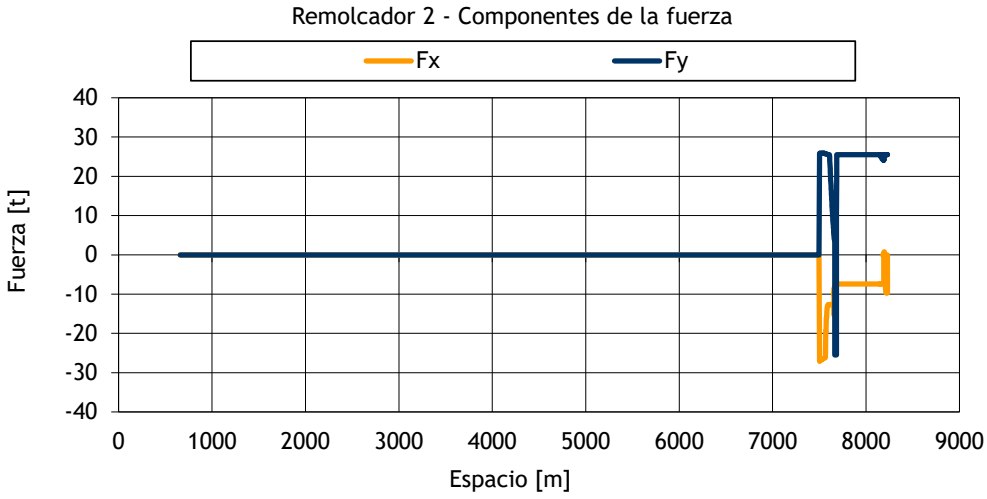
Remolcador de proa

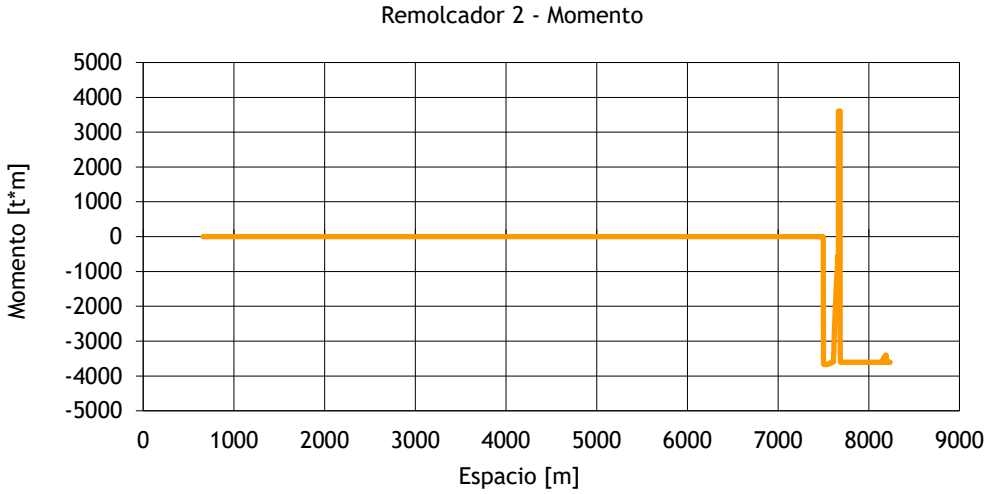
Siport21

D-11

Gráfico 5







2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Portacontenedores 295x32.3x13.5 m. Entrada

Viento: SW 25 kn; Ola: NE 1.5 m - 11 s; Corriente: NW 0.3 m/s

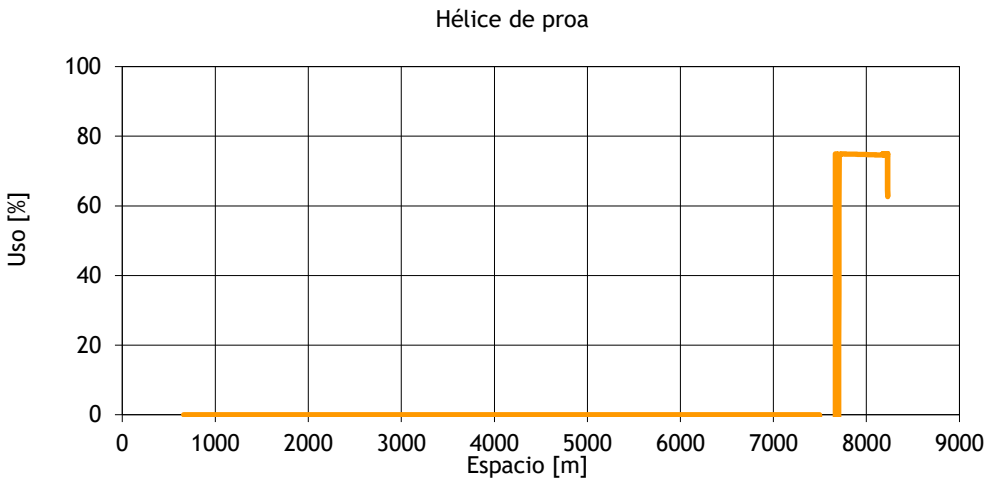
Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)

Remolcador de popa

Siport21

D-11

Gráfico 6



2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Portacontenedores 295x32.3x13.5 m. Entrada

Viento: SW 25 kn; Ola: NE 1.5 m - 11 s; Corriente: NW 0.3 m/s

Modelo de Autopiloto Fast-Time (SHIPMA 7.4.2)

Hélice de maniobra

Siport21

D-11

Gráfico 7

ANEJO V

ESPACIOS DE NAVEGACIÓN SEGURA: METODOLOGÍA Y GRÁFICOS

En este anejo se presenta la **metodología** empleada para determinar los **espacios navegables requeridos** para el buque en navegación, mediante modelos de autopiloto "fast time", tales como SHIPMA.

También se presentan los resultados de **espacios de navegación** obtenidos en **la zona de aproximación, parada y reviro del nuevo Puerto de Río Grande**.

1. Metodología

Esta metodología considera el uso de:

- **Modelo numérico de Autopiloto "SHIPMA":** que se clasifica como un modelo numérico de maniobra determinista que considera el comportamiento dinámico del buque y las condiciones oceanográficas que actúan sobre el buque. No considera elementos de factor humano tales como errores de posicionamiento, tiempos por respuesta, márgenes de seguridad …
- **Márgenes adicionales según recomendaciones nacionales e internacionales:** tales como PIANC o ROM, no incluidos en los modelos de maniobra de autopiloto "fast time", tales como el error de posicionamiento, el tiempo de respuesta o los márgenes de seguridad, que se añaden a la envolvente de las maniobras obtenidas en SHIPMA (área barrida).

1.1. Modelo numérico de maniobra de buques con piloto automático SHIPMA

El modelo numérico SHIPMA simula el comportamiento de un barco. El modelo matemático calcula la trayectoria y el rumbo del buque teniendo en cuenta la influencia del viento, corriente, oleaje, profundidad y efectos de succión. El control de la máquina, del timón y de los remolcadores se lleva a cabo con un autopiloto de seguimiento de trayectoria que anticipa las desviaciones sobre la trayectoria deseada y los cambios en intensidad y dirección de corriente. Los algoritmos de control incluyen también las hélices de maniobra de proa y popa, en caso de disponer las mismas.

SHIPMA se aplica principalmente en diseño portuario y de vías de navegación, tanto para canales de aproximación como para navegación fluvial. De acuerdo con las recomendaciones ROM y PIANC, el buque ha de navegar siguiendo un canal estimado previamente mediante la metodología descrita en dichas recomendaciones. Este modelo matemático permite obtener una primera valoración de las distintas alternativas y restricciones o interferencias de los buques, infraestructuras portuarias, y condiciones hidro-meteorológicas. A partir de los resultados obtenidos, se pueden plantear modificaciones sobre el diseño de las áreas de navegación (canal de navegación, dársena de reviro, terminal…), en caso de ser necesarias, y proponer límites de acceso del buque referidos a

las condiciones hidro-meteorológicas. En fases de diseño más detalladas, el uso de SHIPMA suele venir sucedido de un estudio con simulador de maniobras en tiempo real.

Uno de los factores clave en el uso de SHIPMA es la definición de la trayectoria de referencia, dado que afecta en las acciones a tomar por el autopiloto. Otro factor importante es la elección del uso de máquina, dado que esto permite gobernar en mayor o menor medida el gobierno del buque. El autopiloto controla el timón en todo momento, por lo que el régimen de máquina y el control de los remolcadores deben adecuarse a las circunstancias de manera que el buque navega de manera controlada.

La definición de la trayectoria de referencia o trayectoria deseada, junto con la estrategia de maniobra a seguir no es un proceso previamente establecido, sino que es resultado de un proceso de ajuste iterativo (definición, ejecución, análisis de resultados y mejora) que conducen al resultado óptimo de maniobra.

1.2. Recomendaciones nacionales e internacionales: sobreanchos y márgenes adicionales sobre la envolvente de maniobra

PIANC (International Navigation Association) en su informe "*Harbour Approach Channels. Design Guidelines*" (2014), así como el informe de Puertos del Estado (ROM 3.1-99), "*Proyecto de la Configuración Marítima de los Puertos; Canales de Acceso y Áreas de Flotación*" (1999), aceptado por PIANC, establecen los requerimientos en planta de las áreas de navegación y maniobra.

El procedimiento a seguir en la metodología del diseño conceptual, de acuerdo a las recomendaciones nacionales e internacionales, para determinar los requerimientos horizontales de los canales y vías de navegación es el siguiente:

- Calcular el **área barrida por el buque**, que depende tanto del buque como de los factores externos que afectan a su maniobrabilidad.
- Calcular los anchos adicionales debido a **errores de posicionamiento y tiempo de respuesta**, basados en las propias características del buque y de la vía de navegación y zona de maniobra (configuración y señalización).
- Calcular los anchos adicionales por **márgenes de seguridad**.

En base a las características principales de los buques de diseño y a la estrategia de maniobra se obtienen tanto los requerimientos del área de maniobra, como los márgenes adicionales. Los requerimientos horizontales de los canales de navegación se determinarán, por lo tanto, teniendo en cuanta los siguientes factores:

- El **tamaño, dimensiones y características de maniobrabilidad de los buques y los factores relacionados con el buque** (B1). Este factor se obtiene, por tanto, del modelo numérico de autopiloto "fast-time" SHIPMA.
- El **posicionamiento del buque en el canal y zona de maniobra**, dependiendo de las características de la maniobrabilidad del buque y de las ayudas a la navegación disponibles, incluyendo los factores que afectan a su precisión y fiabilidad, así como el tiempo de respuesta (B_r ó W_{PERT}).
- Los **márgenes de seguridad** para evitar la varada o la colisión con los límites del canal o con estructuras, en función de las características del fondo (R_h ó W_{SM}).

La obtención de los factores anteriores varía ligeramente en función de la documentación considerada, el informe 121 de PIANC o el informe 3.1-99 de ROM.

1.2.1. Determinación de los factores B_r y R_h (ROM 3.1-99)

Sobreancho por error de posicionamiento y tiempo de respuesta (B_r)

El sobreancho por error de posicionamiento y tiempo de respuesta tiene en cuenta el área barrida por el buque debido a su comportamiento hidrodinámico que, en ausencia de fuerzas externas, será superior a la manga del buque.

Este sobreancho es debido tanto al tiempo de respuesta del Práctico o Capitán a cargo de la maniobra y a su interpretación de la posición del buque, como al tiempo de reacción de máquina y timón. Su valor depende de un cierto número de factores, siendo los más importantes los siguientes:

- Maniobrabilidad propia del buque (capacidad de mantener el rumbo).
- Habilidad del Práctico o Capitán a cargo de la maniobra.

El manejo de un buque en canal y la desviación del rumbo pueden depender en gran medida de la capacidad del Capitán o Práctico. Las ayudas a la navegación y los errores de posicionamiento derivados de las mismas, junto a las condiciones de visibilidad, influyen en gran medida en el manejo del buque.

Además, en tramos curvos de navegación se requiere un ancho adicional con el fin de compensar la demora en la respuesta del Capitán o Práctico ante un cambio de rumbo.

En base a las recomendaciones descritas en ROM 3.1-99, este sobreancho se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$B_r = b_e + b_r + b_b$$

Donde:

B_r = sobreancho debido a error de posicionamiento y tiempo de respuesta.

b_e = sobreancho por errores de posicionamiento.

b_r = sobreancho debido a tiempo de respuesta.

b_b = sobreancho por errores de los propios sistemas de balizamiento.

Sobreancho por márgenes de seguridad (R_h)

Este sobreancho considera las características del fondo y de los taludes de las áreas dragadas.

El efecto del fondo toma importancia en aguas someras (profundidad inferior a 1.5 veces el calado). Dado que los fondos duros (roca, coral, …) producirán mayores daños en caso de varada que los fondos blandos (barro, fango, …), el margen de seguridad a considerar será mayor en el primer caso.

De la misma manera, un buque que navega próximo al límite del canal tendrá mayor probabilidad de colisión o varada y las consecuencias serán función de la velocidad del buque y las características del fondo. Por tanto, los márgenes de seguridad también tienen en cuenta la velocidad del buque y los límites del canal.

En base a las recomendaciones descritas en ROM 3.1-99, este sobreancho se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$R_h = rh_{sdb} + rh_{sde} + r_{pc}$$

Donde:

R_h = sobreancho por márgenes de seguridad.

rh_{sdb}, rh_{sde} = resguardos a los límites del canal (bandas de babor y estribor).

r_{pc} = sobreancho por peligrosidad de la carga.

1.2.2. Valores considerados de los factores B_r y R_h (ROM 3.1-99)

Los criterios considerados en el estudio son los siguientes:

- Para estimar el **error de posicionamiento** (b_e) se ha considerado que la ejecución de las maniobras se hace siempre con "Práctico o Capitán experimentado en el emplazamiento" y con un "posicionamiento visual referido a boyas o balizas en vías de aproximación" (en el exterior del puerto) o "entre alineaciones de boyas o balizas que marquen los límites de la vía", en la zona de la bocana y el puerto. Con estos criterios, la ROM recomienda considerar un error de posicionamiento a cada banda de **25 m** para el exterior del puerto y **10 m** para la bocana e interior del puerto.

- Se ha supuesto una **imprecisión nula de la señalización y balizamiento** (b_b), puesto que la zona de maniobra está limitada por estructuras fijas en las que no es aplicable este criterio.

- El sobreancho por **tiempo de respuesta** ($b_r=(1.5-E_{max}) \cdot b_{ro}$) desde que se detecta la desviación hasta que la corrección es efectiva se traduce en un sobreancho igual a:

    - b_{ro} **= 0.15·B** para el buque **Q-Flex**, considerando que tiene maniobrabilidad media en los tramos de navegación avante. Para el último tramo de navegación atrás, se considera maniobrabilidad mala, por lo cual b_{ro} **= 0.2·B**. Se considera que en todos los tramos de navegación h/D es mayor de 1.5.

    - Para el buque **portacontenedores** este sobreancho es b_{ro} **= 0.2·B** considerando que tiene maniobrabilidad media en los tramos de navegación avante. Para el último tramo de navegación atrás, se considera maniobrabilidad mala, por lo cual b_{ro} **= 0.3·B**. Se considera que en todos los tramos de navegación h/D es menor de 1.2.

  A este valor hay que añadirle b_{rc} **= 0.4·B** en caso de maniobrabilidad media en los **tramos que sean curvos** (b_{rc}), para tener en consideración la necesidad de anticipación que impone el retraso en la respuesta del buque. Asimismo, estos valores se multiplican por un coeficiente que tiene en cuenta el riesgo máximo admisible (E_{max}**= 0.05**) tanto para la seguridad de las personas como del buque, carga y elementos del puerto.

- En las **zonas de reviro** se considera basándose en la experiencia de Siport21 un sobreancho por errores de posicionamiento y tiempo de respuesta (B_r) de **0.3 veces la eslora total** del buque para vientos extremos (mayores de 20 nudos).

- Para estimar el sobreancho sobre el **margen de seguridad (rh_{sd})** que deberá quedar siempre disponible:

- En la zona exterior, se considera que se navega entre 12 y 8 nudos por vías con taludes rígidos o márgenes estructurales. Así el **resguardo** adicional total para **evitar efectos de succión** y el **margen de seguridad** son **1.0 B**.

- En la zona de navegación interior, se considera que se navega a menos de 8 nudos por vías con taludes rígidos o márgenes estructurales. Así el **resguardo** adicional total para **evitar efectos de succión** y el **margen de seguridad** son **0.6 B**.

- En la fase de **paso frente a buques atracados**, la ROM 3.1-99 establece un margen de 2.5 veces la manga, para vías de navegación en las que es habitual alcanzar velocidades superiores a los 8 nudos, siendo importantes los efectos sobre los buques atracados. Sin embargo, en este caso, se está dimensionando un canal en una **zona de maniobra** en la que la velocidad de paso está muy controlada, entorno a los 2-3 nudos. Por este motivo, en las zonas en las que existe buque atracado, se considera un sobreancho de **una manga (B)** del buque de mayor manga.

- Para estimar el margen de seguridad en el reviro, se considera basándose en la experiencia de Siport21 un valor de **0.1 veces la eslora**.

- En la zona del atraque los **resguardos considerados en la línea de atraque** a buques colindantes y estructuras son de **25 m a proa y a popa para el portacontenedores** y para el **Q-Flex 30 m**.

En base a lo anterior, se muestran a continuación, de manera desglosada, los sobreanchos considerados en las distintas áreas de maniobra:

Tabla 1. Sobreanchos y márgenes de seguridad. Entradas.

SOBREANCHO	Tramo	Metanero Q-Flex	Portacontenedores 295 m
Tiempo de respuesta (be + br + brc)	Recto Exterior	35.9 m	34.0 m
	Recto Interior	35.9 m	34.0 m
	Reviro	94.5 m	88.5 m
	Recto atrás	24.5 m	23.5 m
Resguardo adicional y Margen de seguridad (rhsm + rhsd)	Recto Exterior	50.0 m	32.2 m
	Recto Interior	30.0 m	19.3 m
	Reviro	31.5 m	29.5 m
	Recto atrás	30.0 m	19.3 m
	Línea de atraque (proa y popa)	30.0 m	25.0 m
Sobreancho total a cada banda (Br+ R_h)	Recto Exterior Recto Interior Reviro Recto atrás	85.9 m 65.9 m 126.0 m 54.5 m	66.2 m 53.3 m 118.0 m 42.8 m

Tabla 2. Sobreanchos y márgenes de seguridad. Salidas.

SOBREANCHO	Tramo	Metanero Q-Flex	Portacontenedores 295 m
Tiempo de respuesta (be + br + brc)	Recto – Dársena	22.9 m	19.3 m
	Giro Interior	51.9 m	38.0 m
	Recto Interior	37.9 m	34.3 m
	Recto Exterior	60.9 m	57.0 m
Resguardo adicional y Margen de seguridad (rhsm + rhsd)	Recto – Dársena	30.0 m	19.3 m
	Giro Interior	30.0 m	19.3 m
	Recto Interior	30.0 m	19.3 m
	Recto Exterior	50.0 m	32.2 m
Sobreancho total a cada banda (Br+ R_h)	Recto – Dársena Giro Interior Recto Interior Recto Exterior	52.9 m 81.9 m 67.9 m 110.9 m	38.7 m 57.3 m 53.7 m 89.2 m

2. Resultados

A partir de los resultados anteriores, para cada buque de estudio, se presentan los **espacios de navegación requeridos** en la zona de aproximación a la dársena y la zona de reviro de acuerdo a los **criterios ROM**. La siguiente tabla recoge los índices de las figuras:

Tabla 3: Espacios de navegación obtenidos de las maniobras analizadas

Buque	Maniobra	Viento	Oleaje	Corriente	Maniobra
Q-Flex 315 x 50 x 9.3 m	Entrada	SW 30 n	ENE 1.5 m - 11 s	NW 0.3 m/s	ABA-03
		SW 25 n	ENE 1.5 m - 11 s	NW 0.3 m/s	ABA-07
		W 30 n	NE 2.0 m - 11 s	SE 0.4 m/s	ABA-02
		NW 30 n	NE 2.0 m - 11 s	SE 0.4 m/s	ABA-01
Q-Flex 315 x 50 x 12.0 m	Salida	NW 30 n	NE 2.0 m - 11 s	SE 0.4 m/s	ABA-04
		W 30 n	NE 2.0 m - 11 s	SE 0.4 m/s	ABA-05
		SW 30 n	ENE 1.5 m - 11 s	NW 0.3 m/s	ABA-06
Portacontenedores 295 x 32.2 x 13.5 m	Entrada	SW 30 n	ENE 1.5 m - 11 s	NW 0.3 m/s	ABA-08
		SW 25 n	ENE 1.5 m - 11 s	NW 0.3 m/s	ABA-11
		NW 30 n	NE 2.0 m - 11 s	SE 0.4 m/s	ABA-09
	Salida	NW 30 n	NE 2.0 m - 11 s	SE 0.4 m/s	ABA-10

Q-Flex 315x50 m

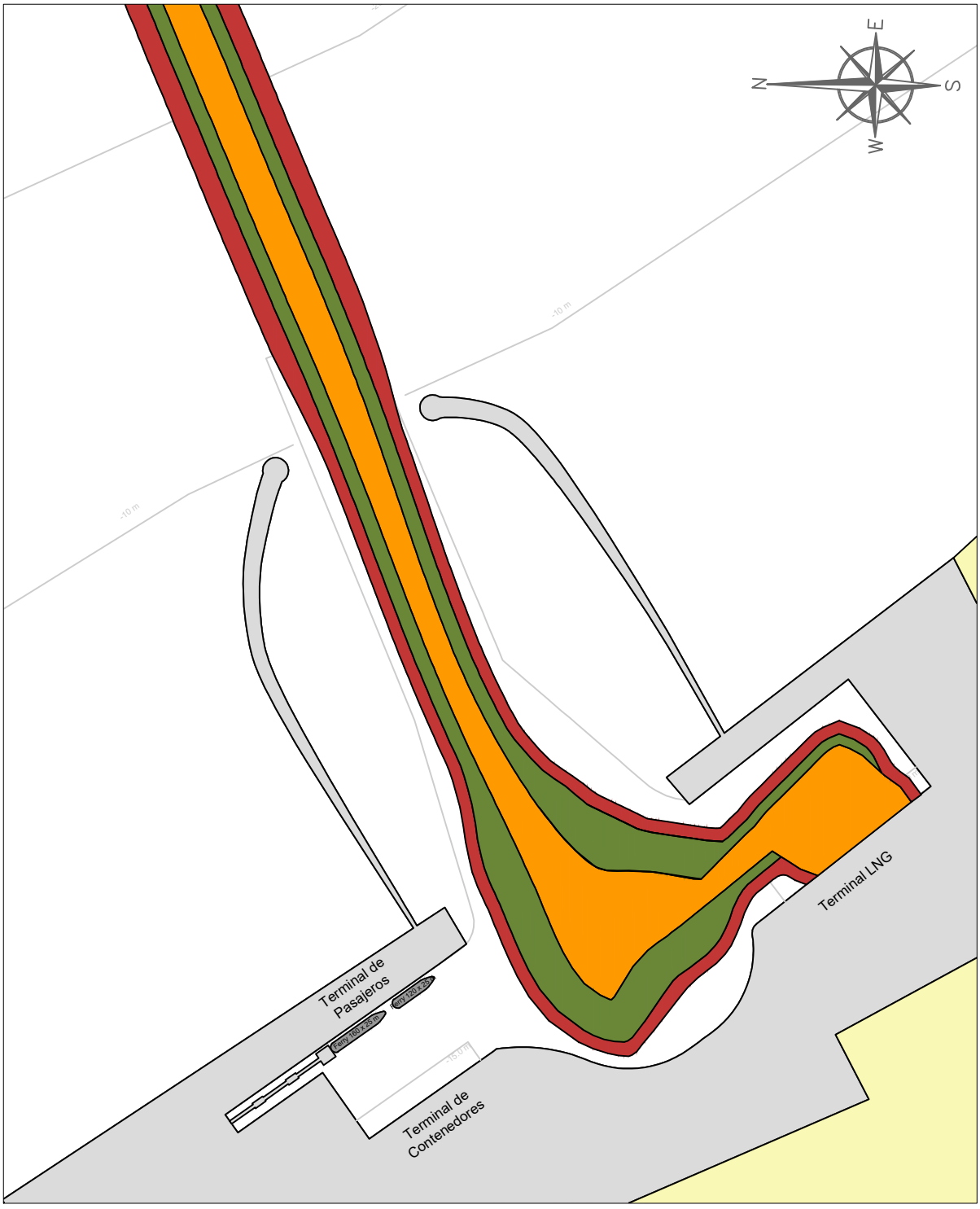


Figure: ABA-1

Q-Flex 315x50x9.3 m. Entrada

Viento: NW 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s

Envolvente de la Maniobra

Sobreancho por errores de posicionamiento y tiempo de respuesta

Sobreancho por resguardo adicional y márgenes de seguridad

Escala: 1/15 000

2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Run 1

Siport21

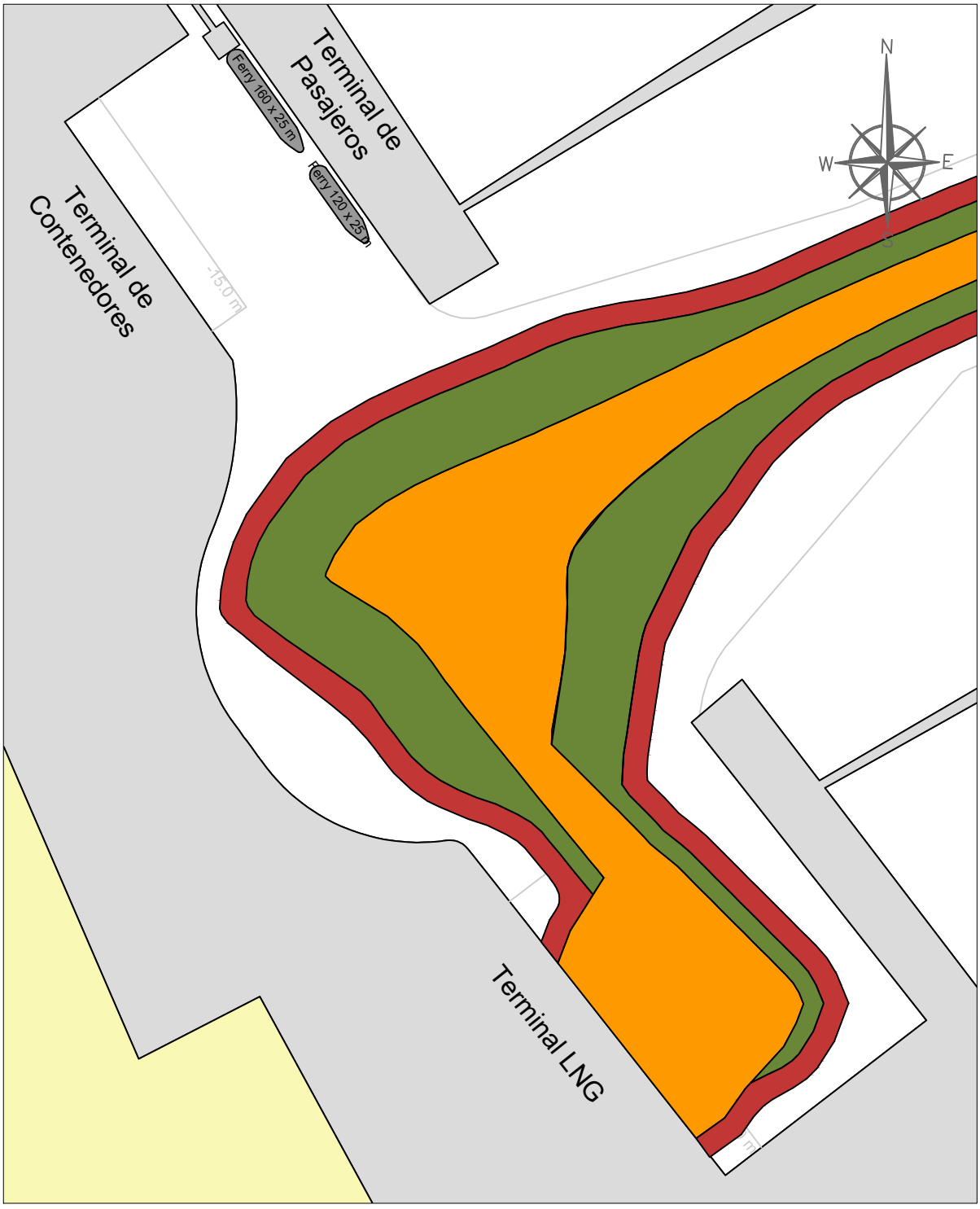


Figure: ABA-1

Q-Flex 315x50x9.3 m. Entrada

Viento: NW 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s

Envolvente de la Maniobra

Sobreancho por errores de posicionamiento y tiempo de respuesta

Sobreancho por resguardo adicional y márgenes de seguridad

Escala: 1/8 000

2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Run 1

Siport21

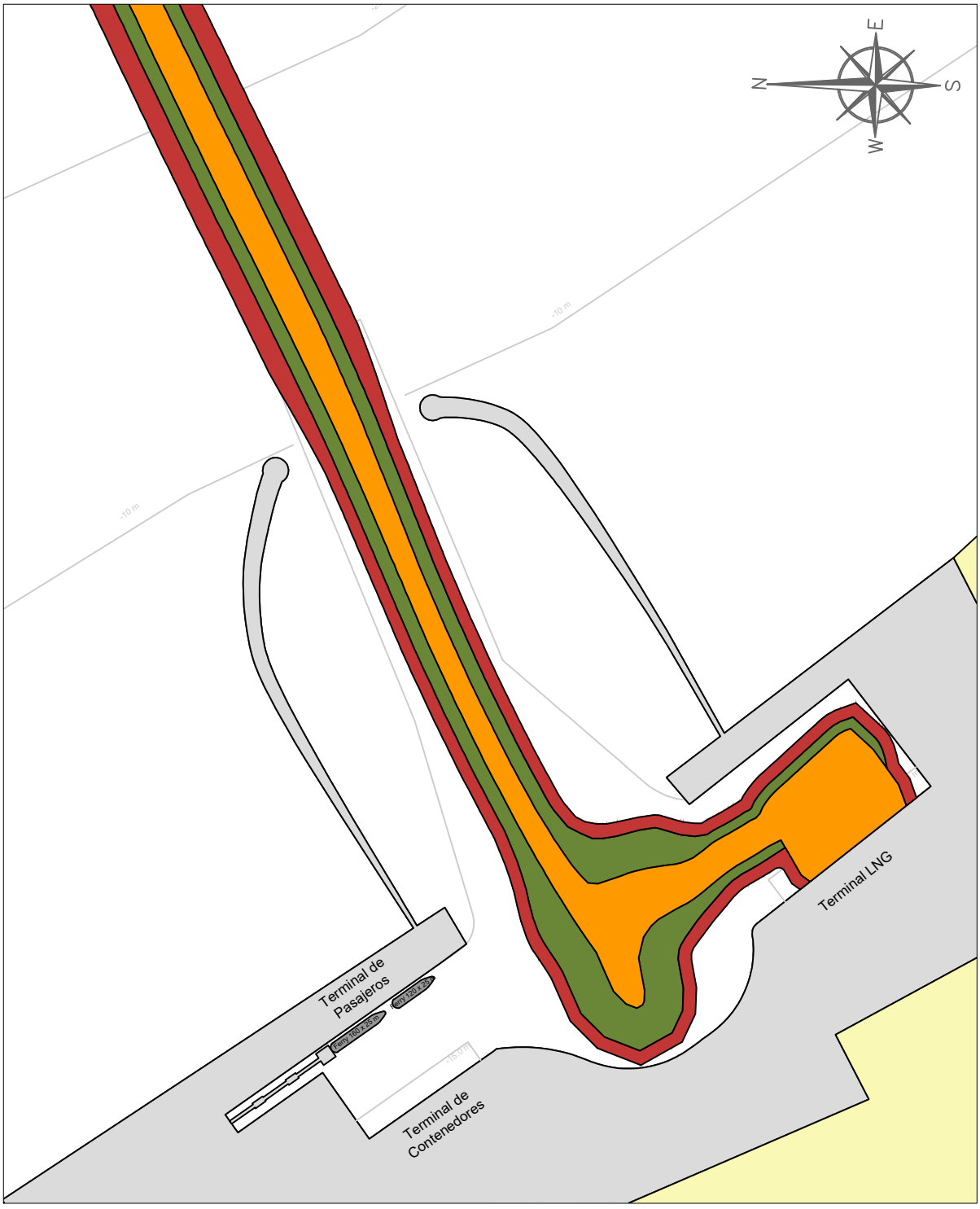


Figure: ABA-2

Q-Flex 315x50x9.3 m. Entrada

Viento: W 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s

Envolvente de la Maniobra

Sobreancho por errores de posicionamiento y tiempo de respuesta

Sobreancho por resguardo adicional y márgenes de seguridad

Escala: 1/15 000

2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Run 2

Siport21

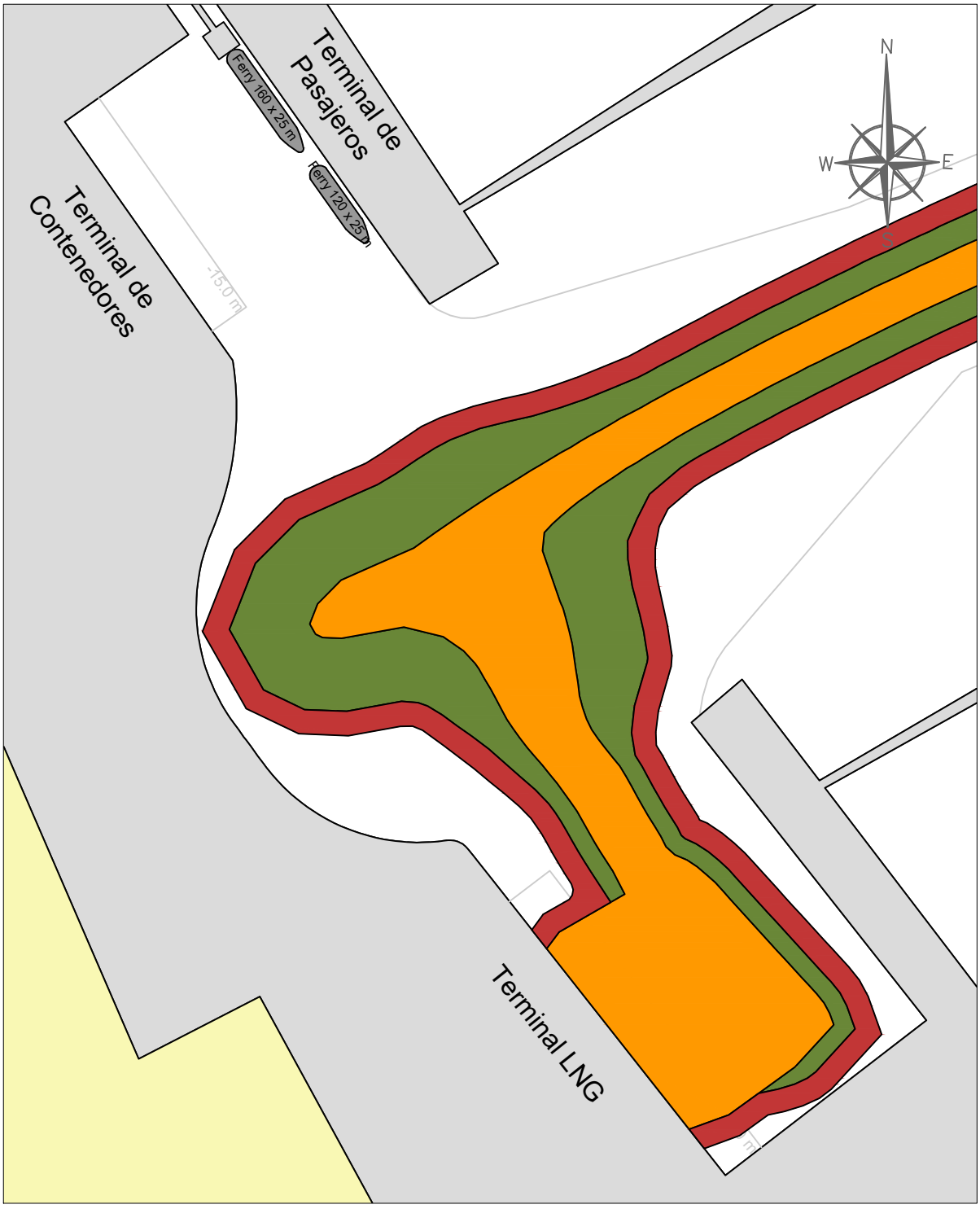


Figure: ABA-2

Q-Flex 315x50x9.3 m. Entrada

Viento: W 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s

Envolvente de la Maniobra

Sobreancho por errores de posicionamiento y tiempo de respuesta

Sobreancho por resguardo adicional y márgenes de seguridad

Escala: 1/8 000

2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Run 2

Siport21

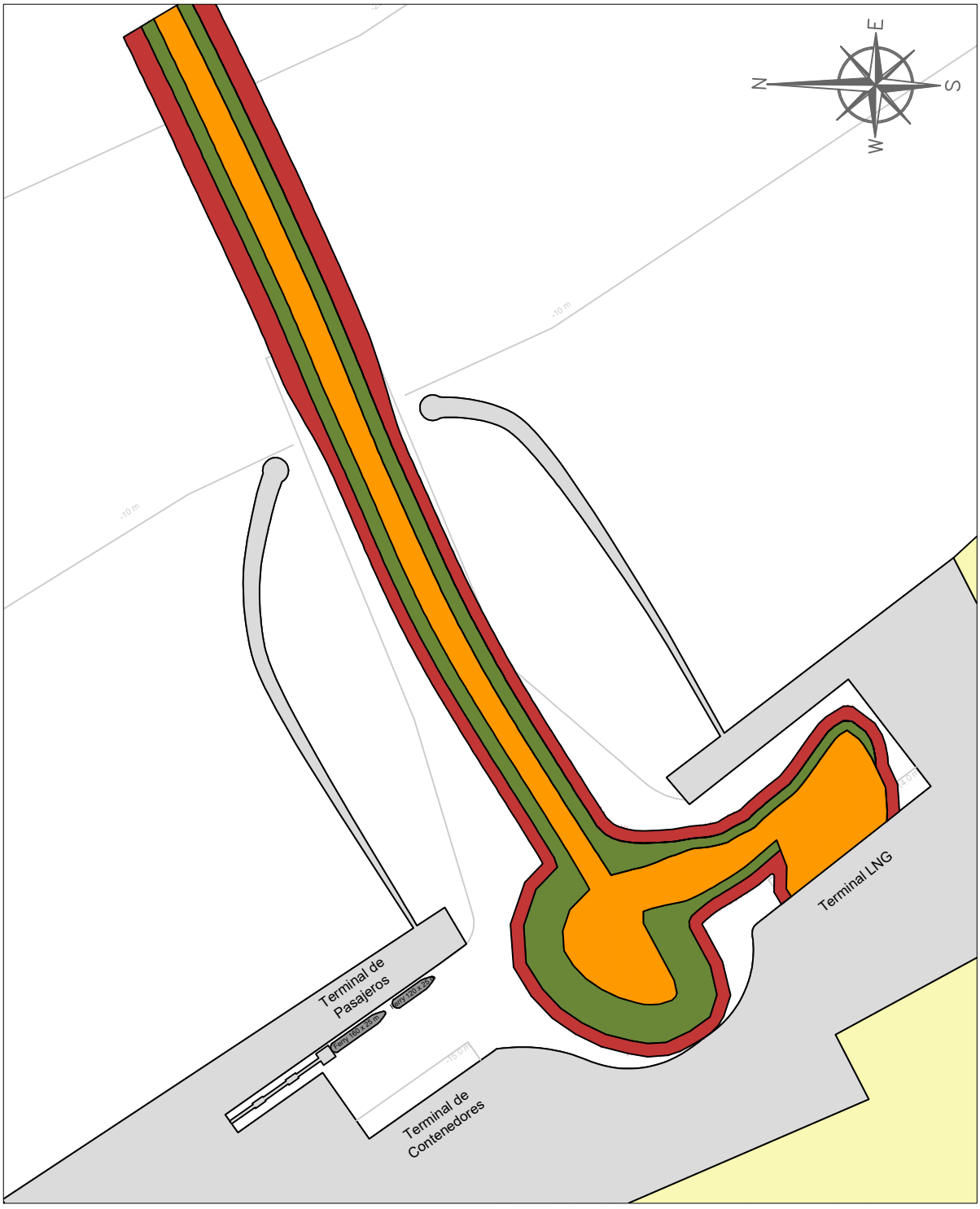


Figure: ABA-3

Q-Flex 315x50x9.3 m. Entrada

Viento: SW 30 kn; Ola: NE 1.5 m - 11 s; Corriente: NW 0.3 m/s

Envolvente de la Maniobra

Sobreancho por errores de posicionamiento y tiempo de respuesta

Sobreancho por resguardo adicional y márgenes de seguridad

Escala: 1/15 000

2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Run 3

Siport21

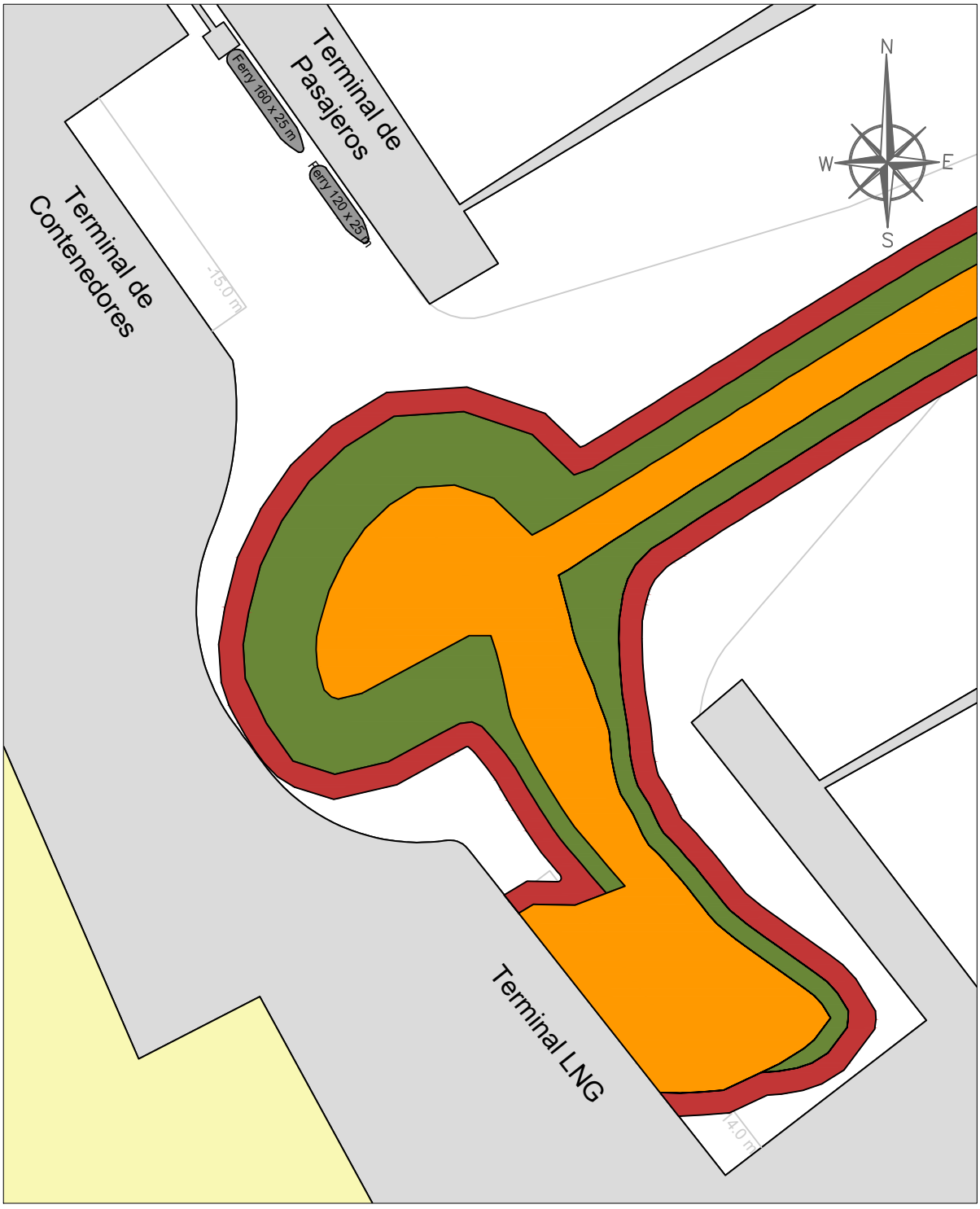


Figure: ABA-3

Q-Flex 315x50x9.3 m. Entrada

Viento: SW 30 kn; Ola: NE 1.5 m - 11 s; Corriente: NW 0.3 m/s

Envolvente de la Maniobra

Sobreancho por errores de posicionamiento y tiempo de respuesta

Sobreancho por resguardo adicional y márgenes de seguridad

Escala: 1/8 000

2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Run 3

Siport21

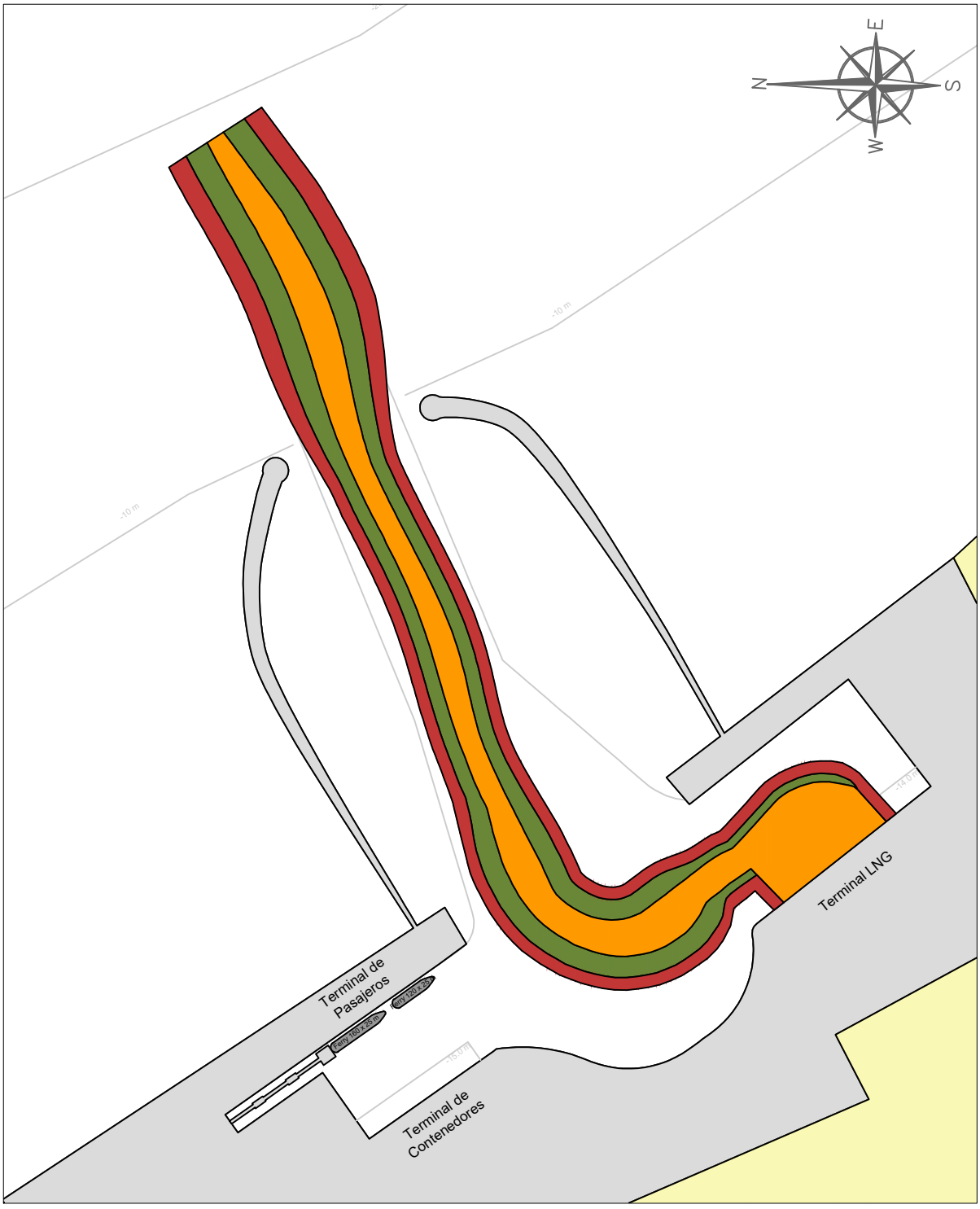


Figure: ABA-4

Q-Flex 315x50x12.0 m. Salida

Viento: NW 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s

Envolvente de la Maniobra

Sobreancho por errores de posicionamiento y tiempo de respuesta

Sobreancho por resguardo adicional y márgenes de seguridad

Escala: 1/15 000

2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Run 4

Siport21

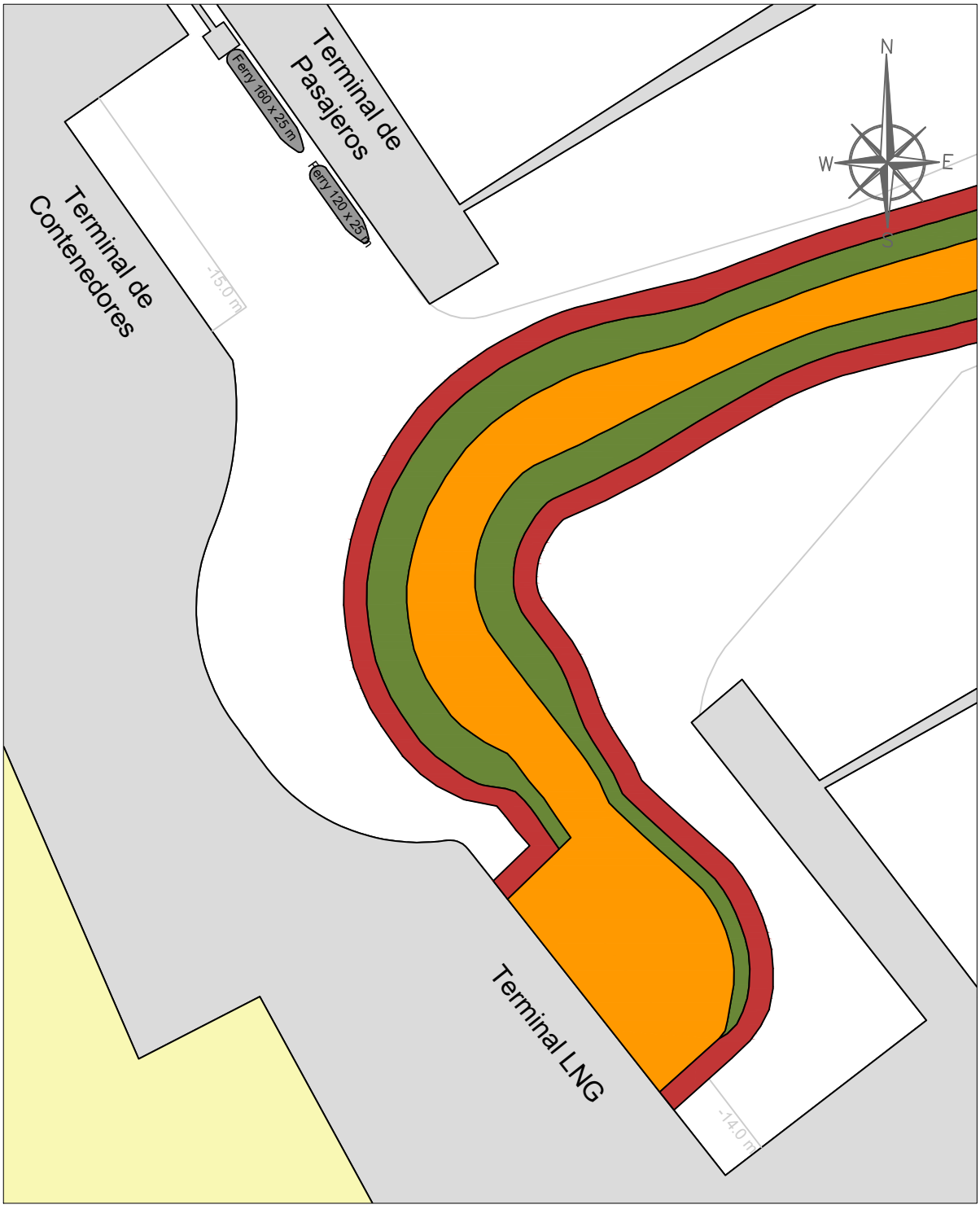


Figure: ABA-4

Q-Flex 315x50x12.0 m. Salida

Viento: NW 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s

Envolvente de la Maniobra

Sobreancho por errores de posicionamiento y tiempo de respuesta

Sobreancho por resguardo adicional y márgenes de seguridad

Escala: 1/8 000

2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Run 4

Siport21

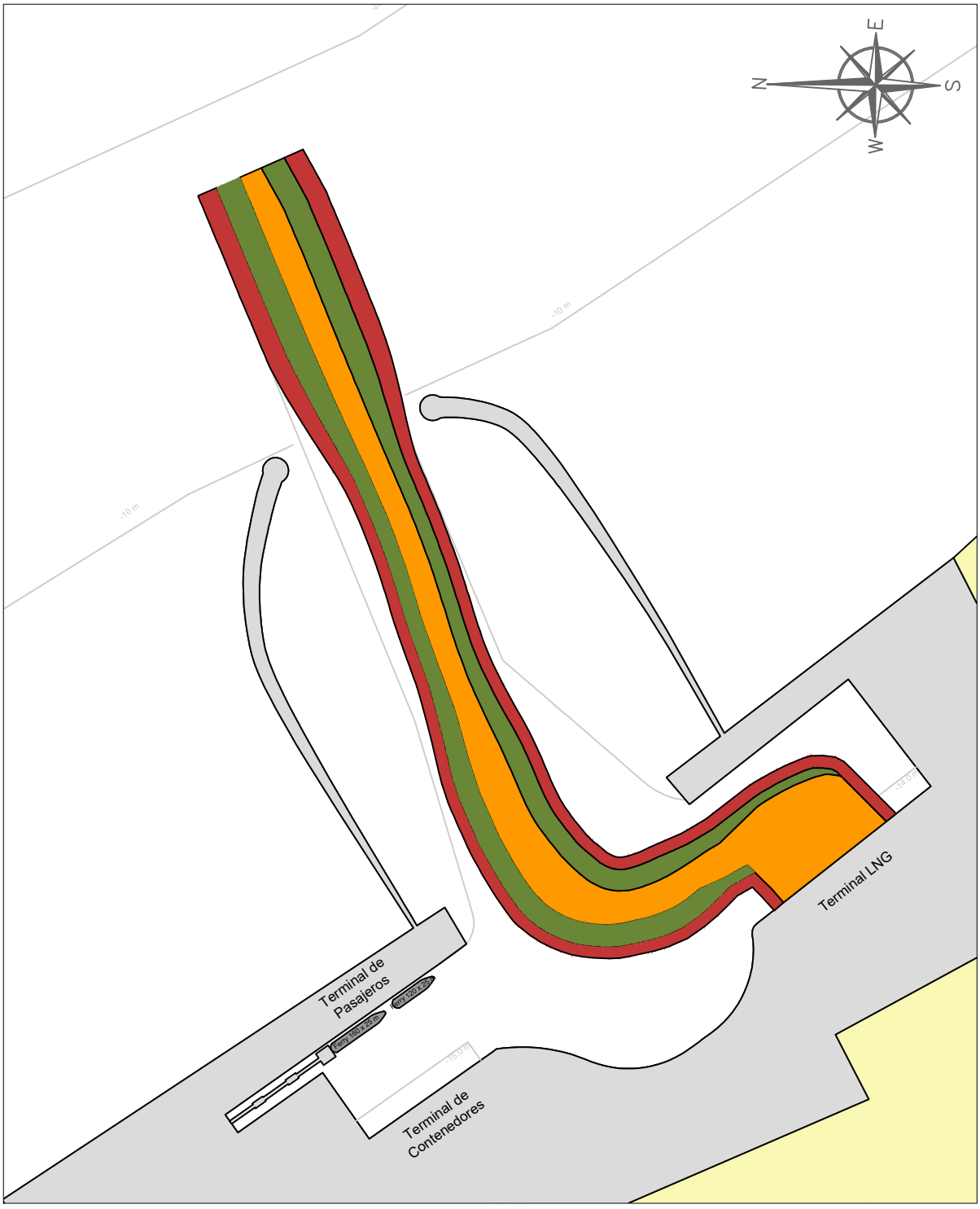


Figure: ABA-5

Q-Flex 315x50x12.0 m. Salida

Viento: W 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s

Envolvente de la Maniobra

Sobreancho por errores de posicionamiento y tiempo de respuesta

Sobreancho por resguardo adicional y márgenes de seguridad

Escala: 1/15 000

2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Run 5

Siport21

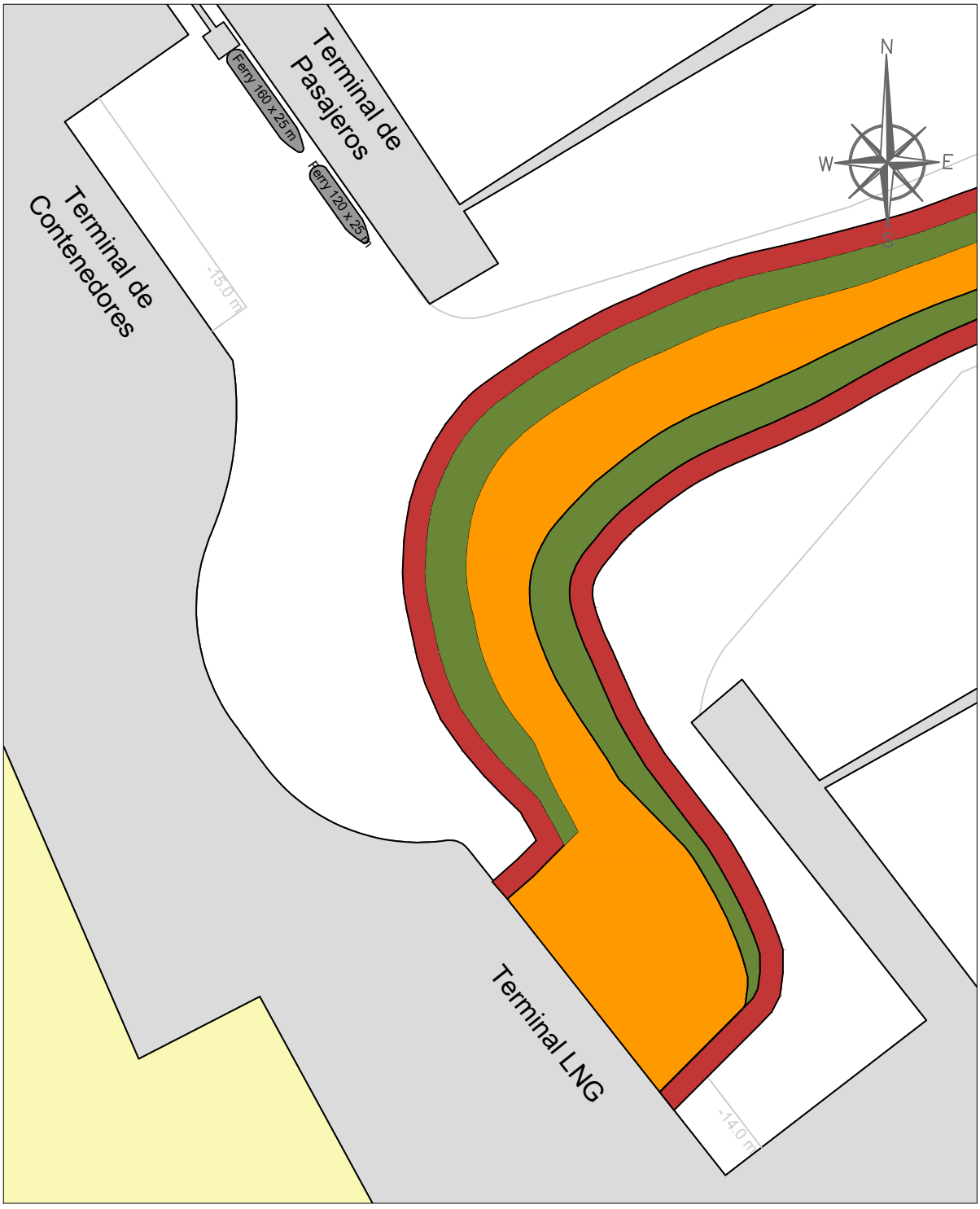


Figure: ABA-5

Q-Flex 315x50x12.0 m. Salida

Viento: W 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s

Envolvente de la Maniobra

Sobreancho por errores de posicionamiento y tiempo de respuesta

Sobreancho por resguardo adicional y márgenes de seguridad

Escala: 1/8 000

2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Run 5

Siport21

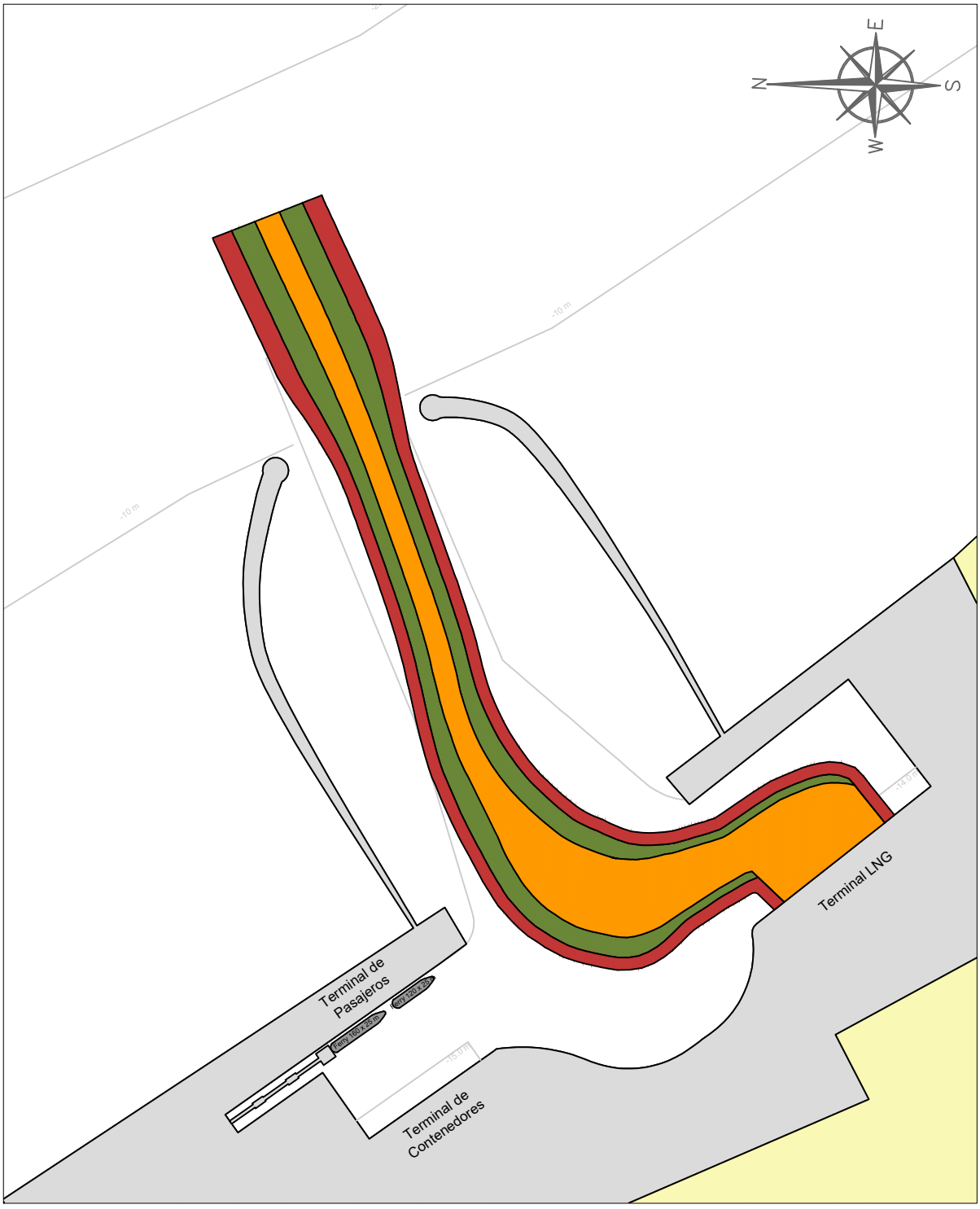


Figure: ABA-6

Q-Flex 315x50x12.0 m. Salida

Viento: SW 30 kn; Ola: NE 1.5 m - 11 s; Corriente: NW 0.3 m/s

Envolvente de la Maniobra

Sobreancho por errores de posicionamiento y tiempo de respuesta

Sobreancho por resguardo adicional y márgenes de seguridad

Escala: 1/15 000

2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Run 6

Siport21

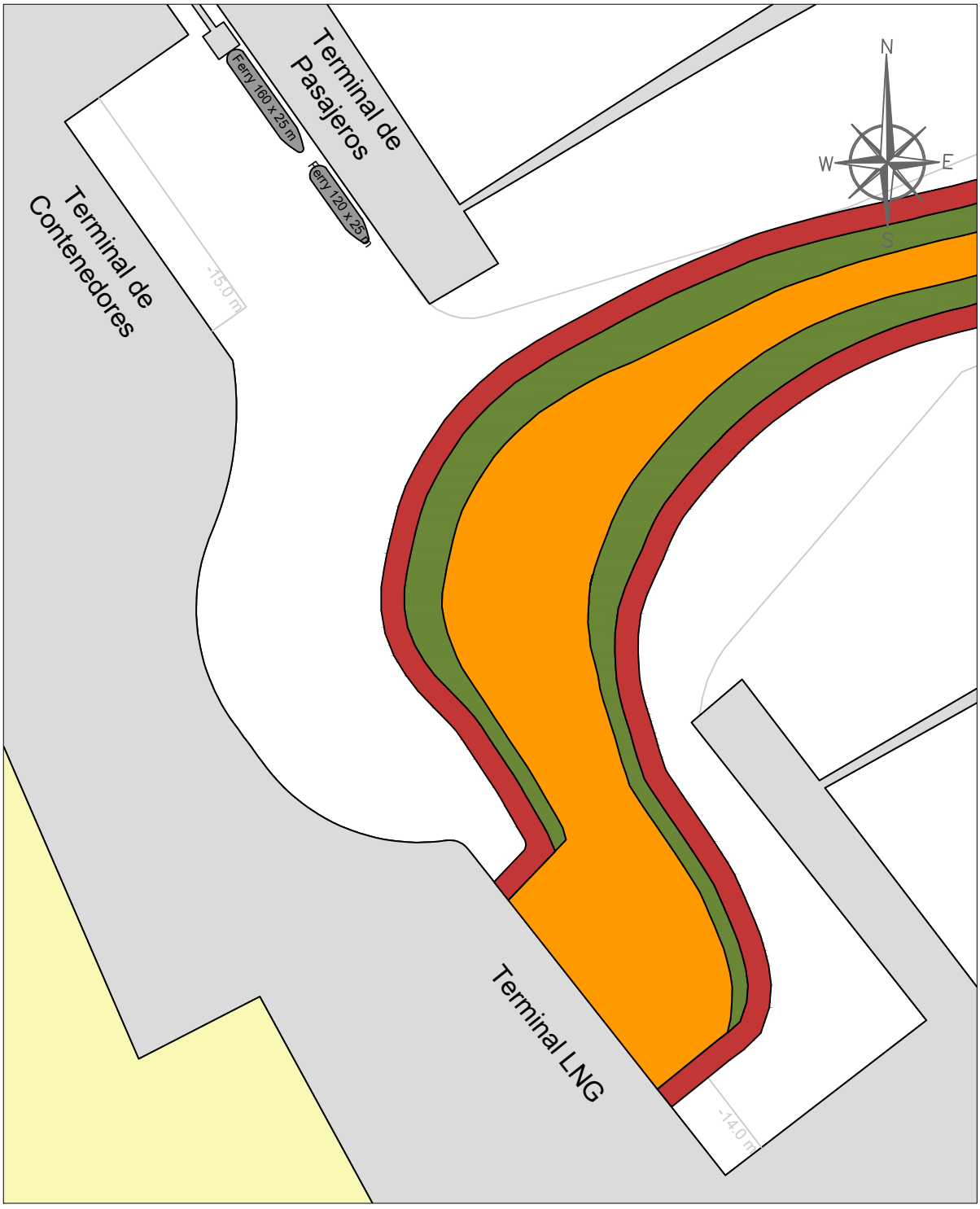


Figure: ABA-6

Q-Flex 315x50x12.0 m. Salida

Viento: SW 30 kn; Ola: NE 1.5 m - 11 s; Corriente: NW 0.3 m/s

Envolvente de la Maniobra

Sobreancho por errores de posicionamiento y tiempo de respuesta

Sobreancho por resguardo adicional y márgenes de seguridad

Escala: 1/8 000

2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Run 6

Siport21

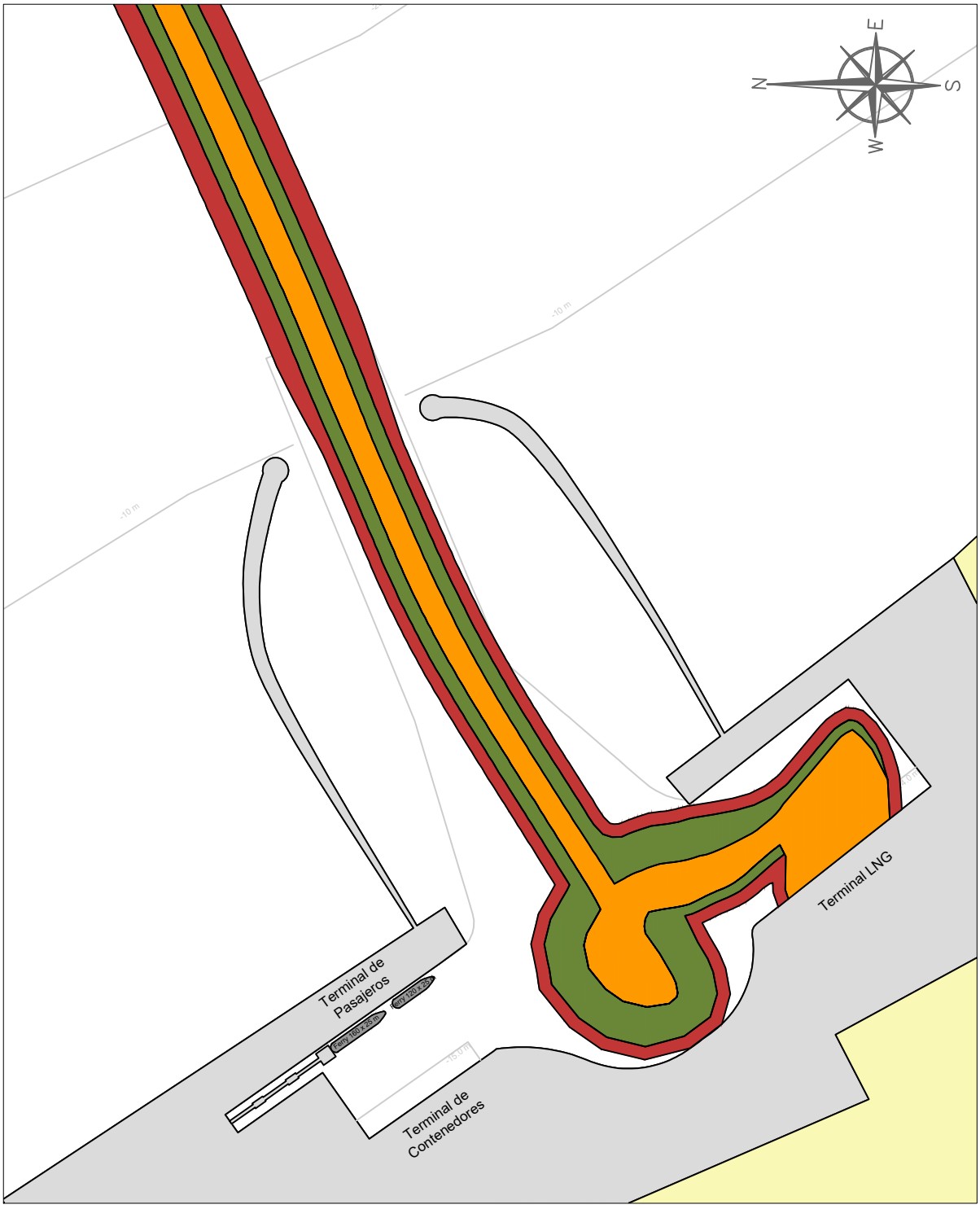


Figure: ABA-7

Q-Flex 315x50x9.3 m. Entrada

Viento: SW 25 kn; Ola: NE 1.5 m - 11 s; Corriente: NW 0.3 m/s

Envolvente de la Maniobra

Sobreancho por errores de posicionamiento y tiempo de respuesta

Sobreancho por resguardo adicional y márgenes de seguridad

Escala: 1/15 000

2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Run 7

Siport21

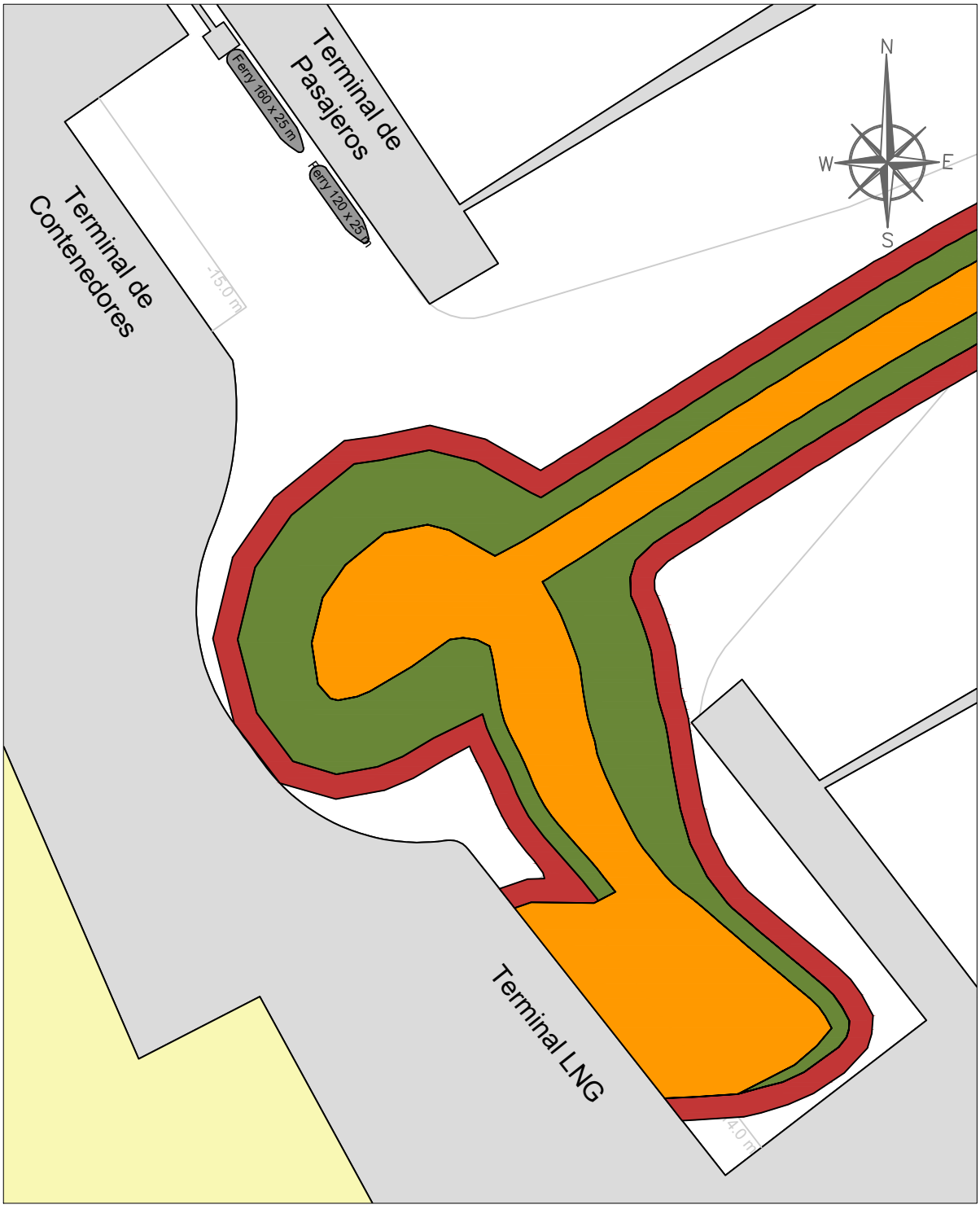


Figure: ABA-7

Q-Flex 315x50x9.3 m. Entrada

Viento: SW 25 kn; Ola: NE 1.5 m - 11 s; Corriente: NW 0.3 m/s

Envolvente de la Maniobra

Sobreancho por errores de posicionamiento y tiempo de respuesta

Sobreancho por resguardo adicional y márgenes de seguridad

Escala: 1/8 000

2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Run 7

Siport21

PORTACONTENEDORES
295X32.2 m

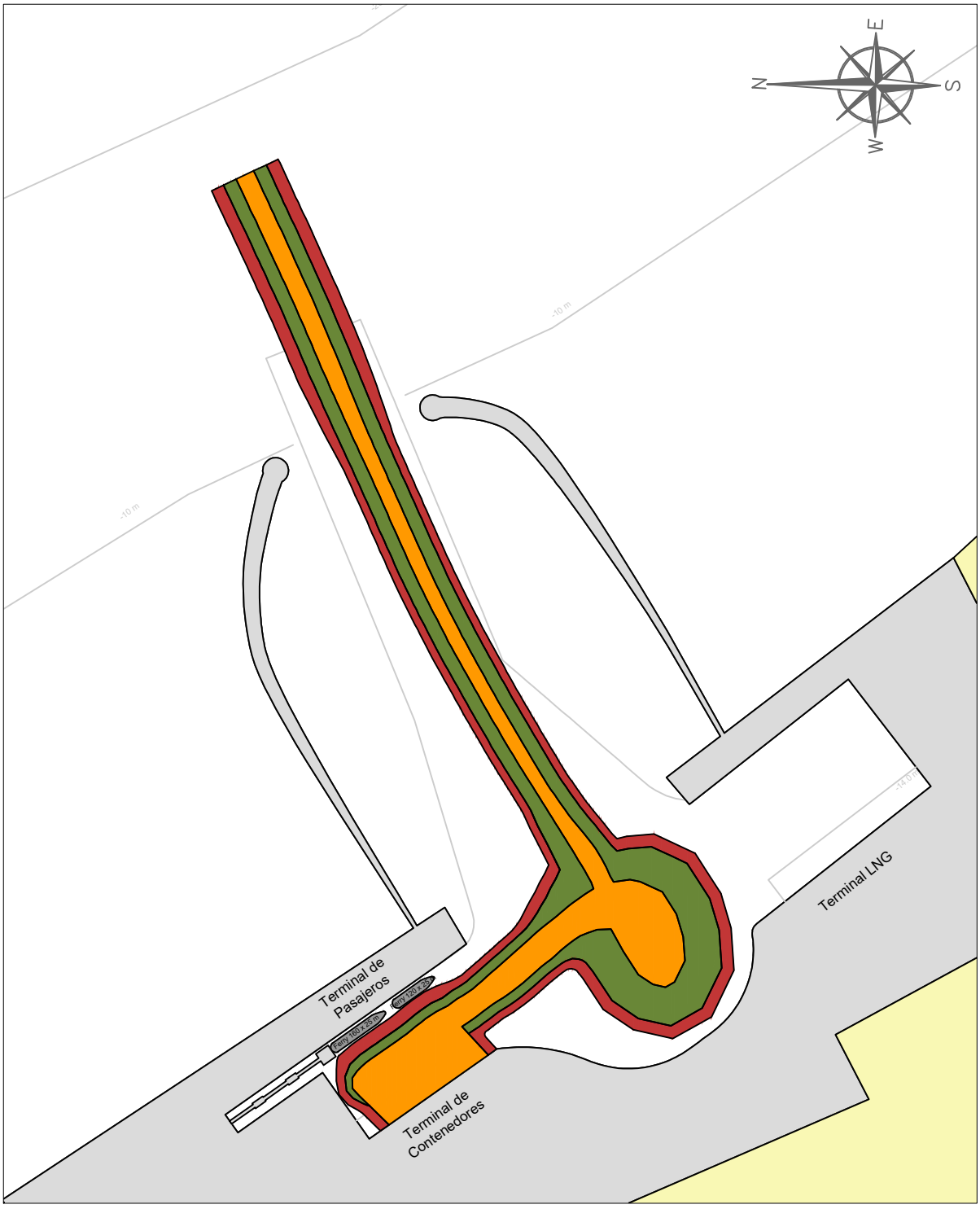


Figure: ABA-8

Portacontenedores 295x32.3x13.5 m. Entrada

Viento: SW 30 kn; Ola: NE 1.5 m - 11 s; Corriente: NW 0.3 m/s

Envolvente de la Maniobra

Sobreancho por errores de posicionamiento y tiempo de respuesta

Sobreancho por resguardo adicional y márgenes de seguridad

Escala: 1/15 000

2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Run 8

Siport21

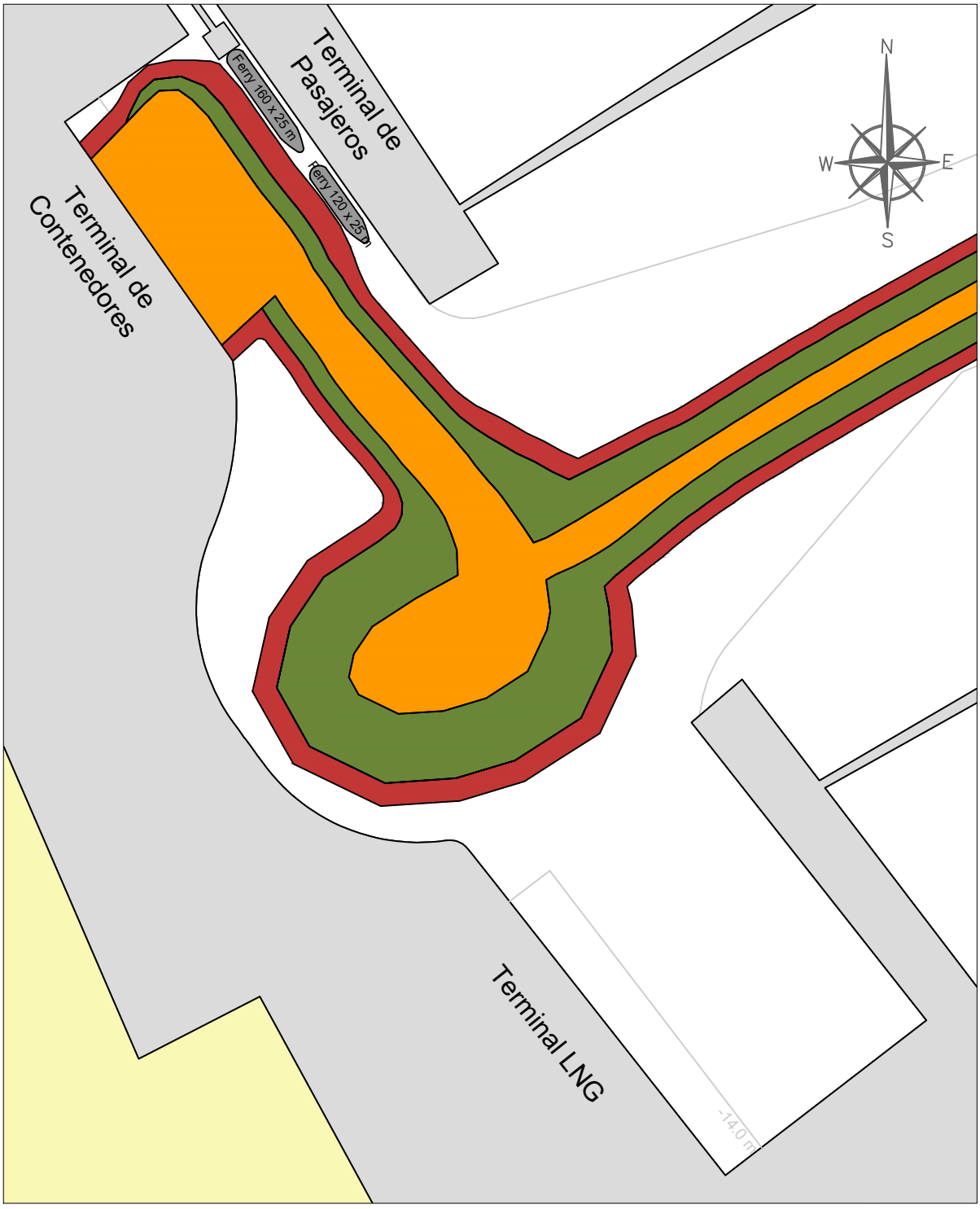


Figure: ABA-8

Portacontenedores 295x32.3x13.5 m. Entrada

Viento: SW 30 kn; Ola: NE 1.5 m - 11 s; Corriente: NW 0.3 m/s

Envolvente de la Maniobra

Sobreancho por errores de posicionamiento y tiempo de respuesta

Sobreancho por resguardo adicional y márgenes de seguridad

Escala: 1/8 000

2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Run 8

Siport21

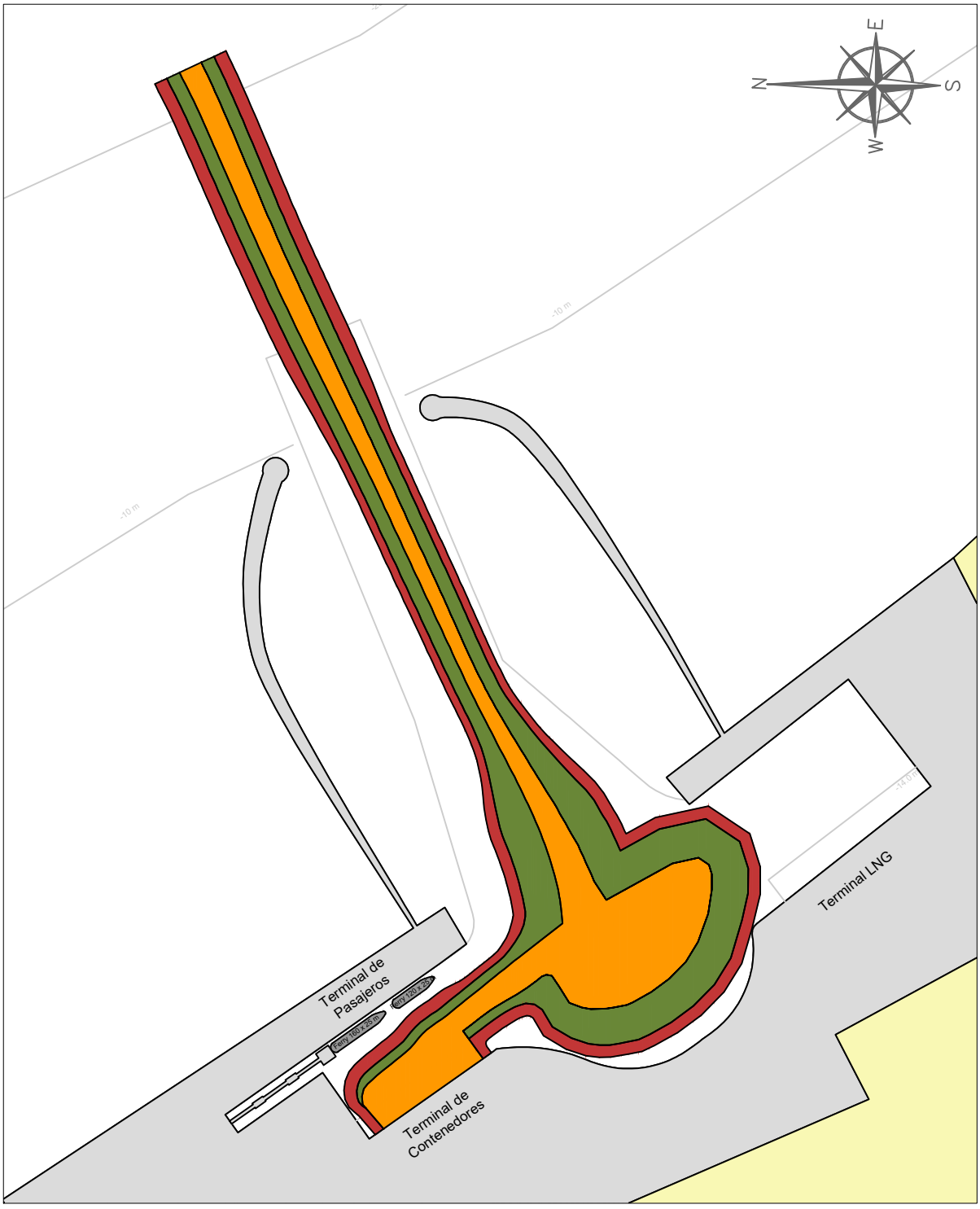


Figure: ABA-9

Portacontenedores 295x32.3x13.5 m. Entrada

Viento: NW 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s

Envolvente de la Maniobra

Sobreancho por errores de posicionamiento y tiempo de respuesta

Sobreancho por resguardo adicional y márgenes de seguridad

Escala: 1/15 000

2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Run 9

Siport21

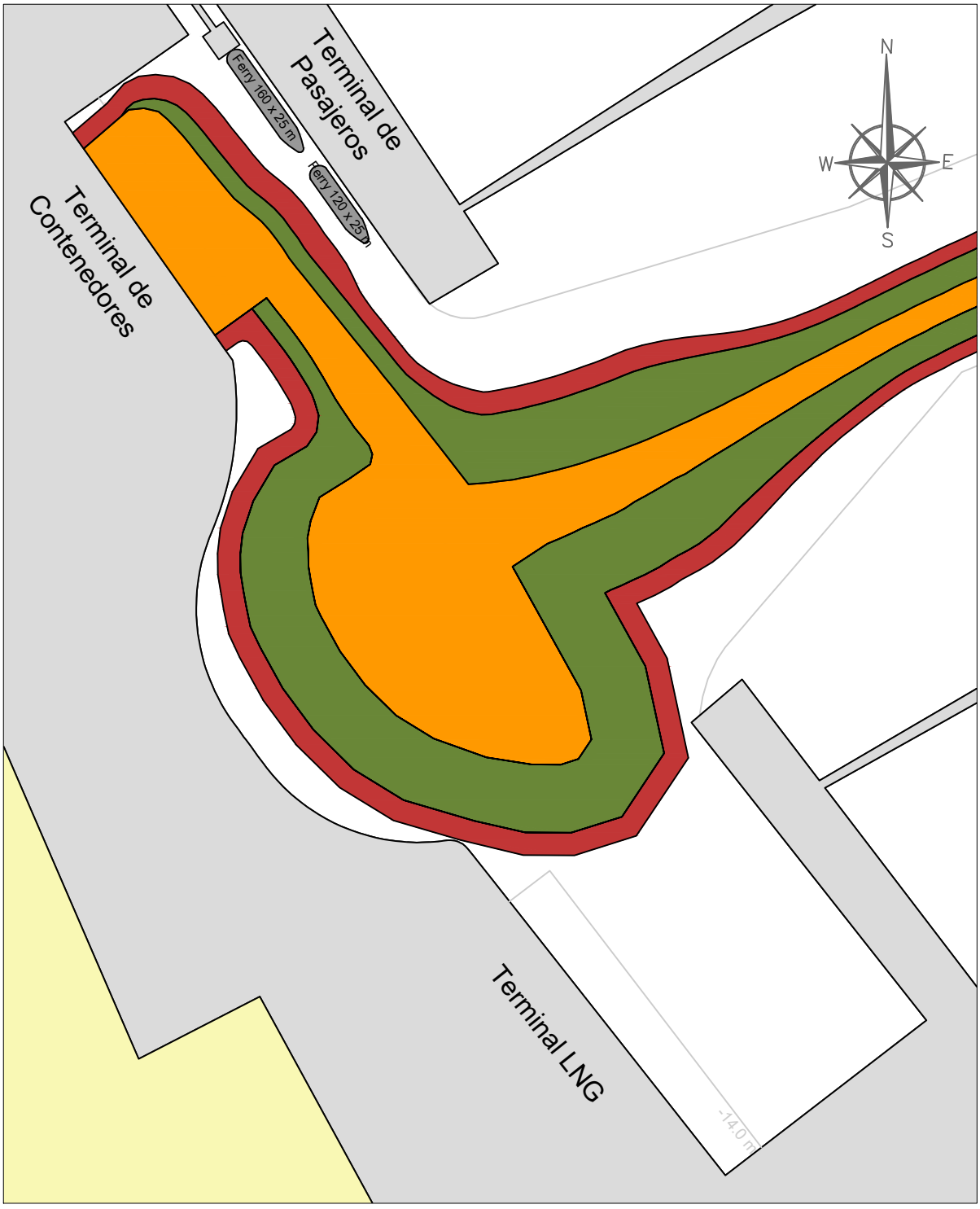


Figure: ABA-9

Portacontenedores 295x32.3x13.5 m. Entrada

Viento: NW 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s

Envolvente de la Maniobra

Sobreancho por errores de posicionamiento y tiempo de respuesta

Sobreancho por resguardo adicional y márgenes de seguridad

Escala: 1/8 000

2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Run 9

Siport21

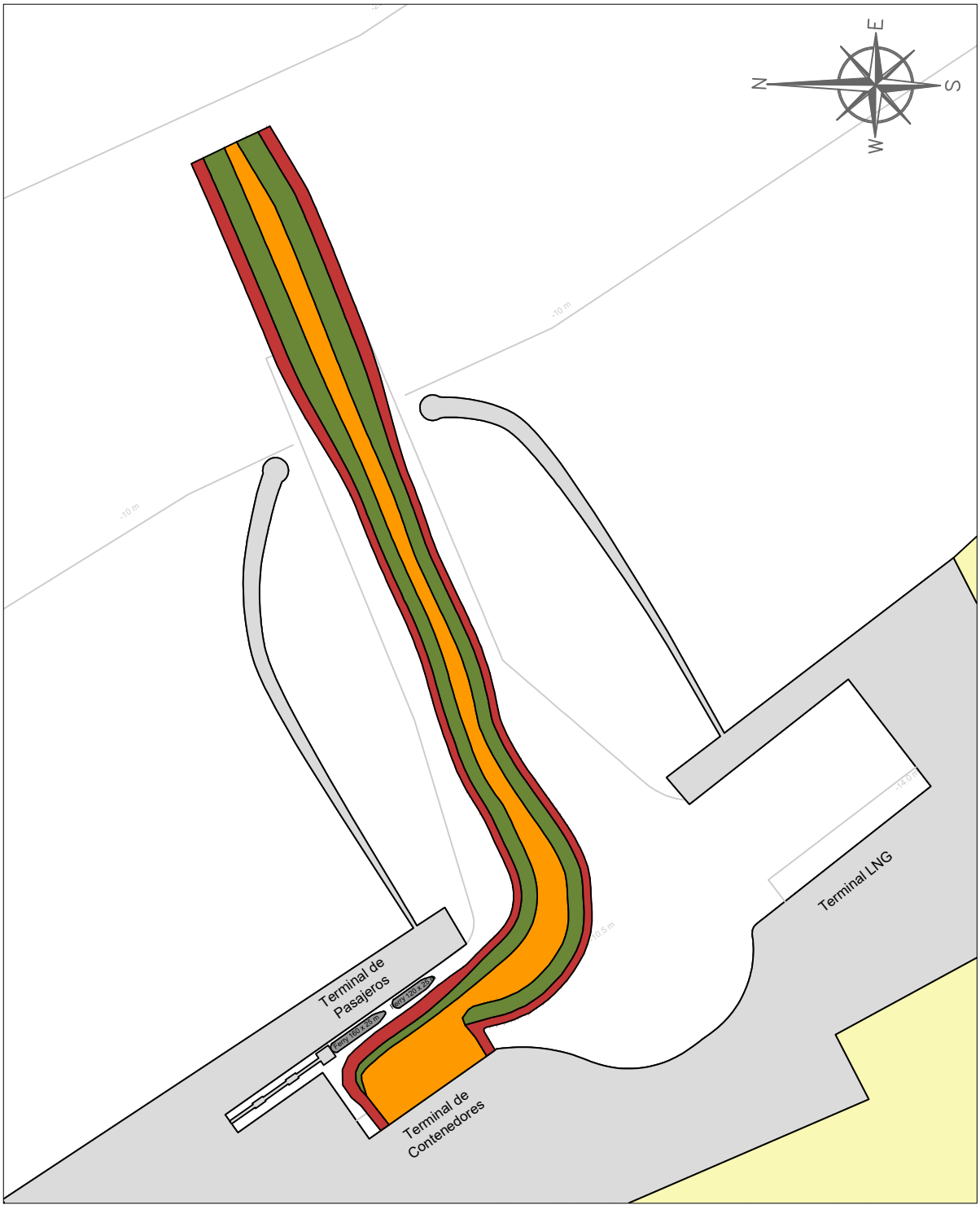


Figure: ABA-10

Portacontenedores 295x32.3x13.5 m. Salida

Viento: NW 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s

Envolvente de la Maniobra

Sobreancho por errores de posicionamiento y tiempo de respuesta

Sobreancho por resguardo adicional y márgenes de seguridad

Escala: 1/15 000

2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Run 10

Siport21

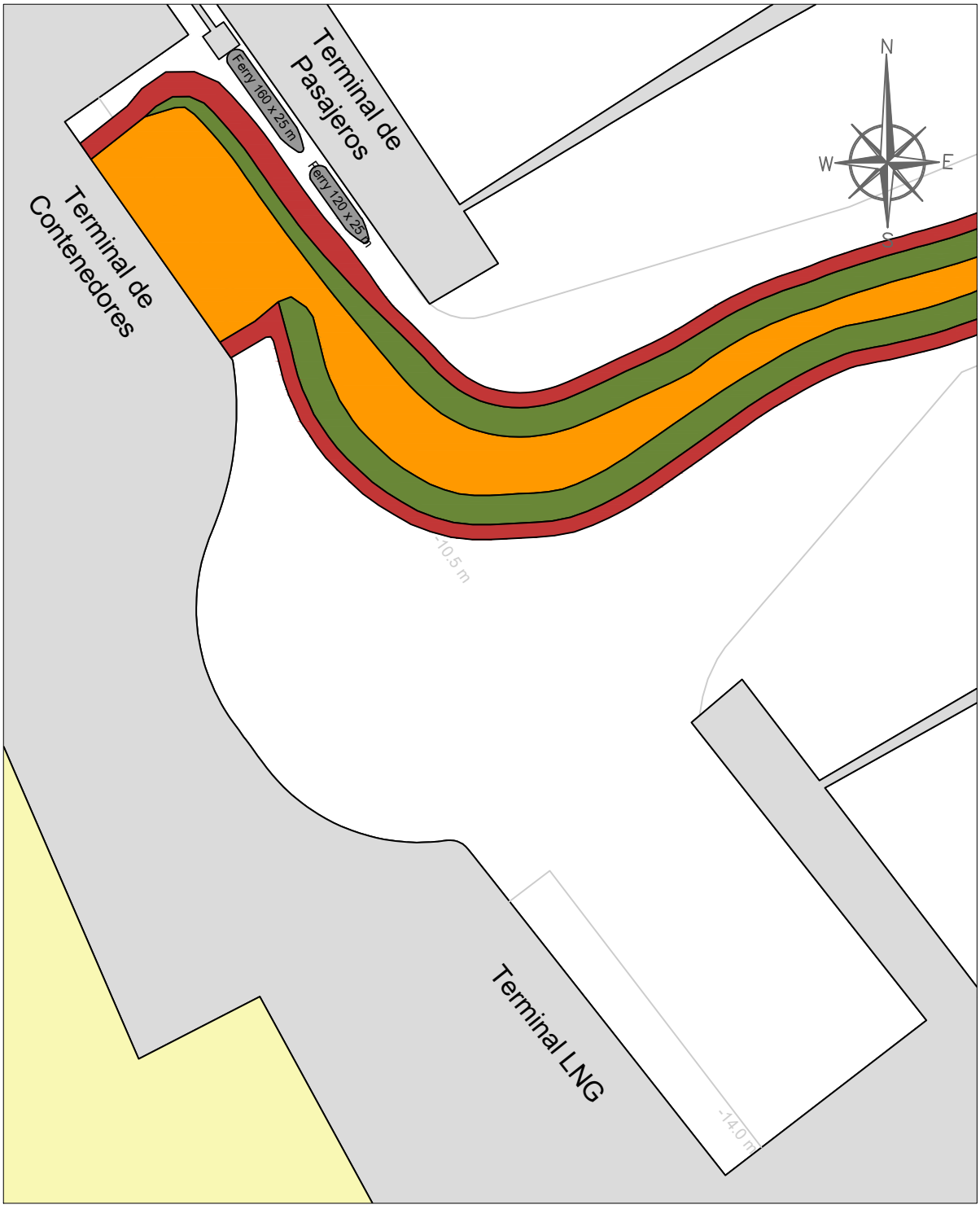


Figure: ABA-10

Portacontenedores 295x32.3x13.5 m. Salida

Viento: NW 30 kn; Ola: NE 2.0 m - 11 s; Corriente: SE 0.4 m/s

Envolvente de la Maniobra

Sobreancho por errores de posicionamiento y tiempo de respuesta

Sobreancho por resguardo adicional y márgenes de seguridad

Escala: 1/8 000

2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Run 10

Siport21

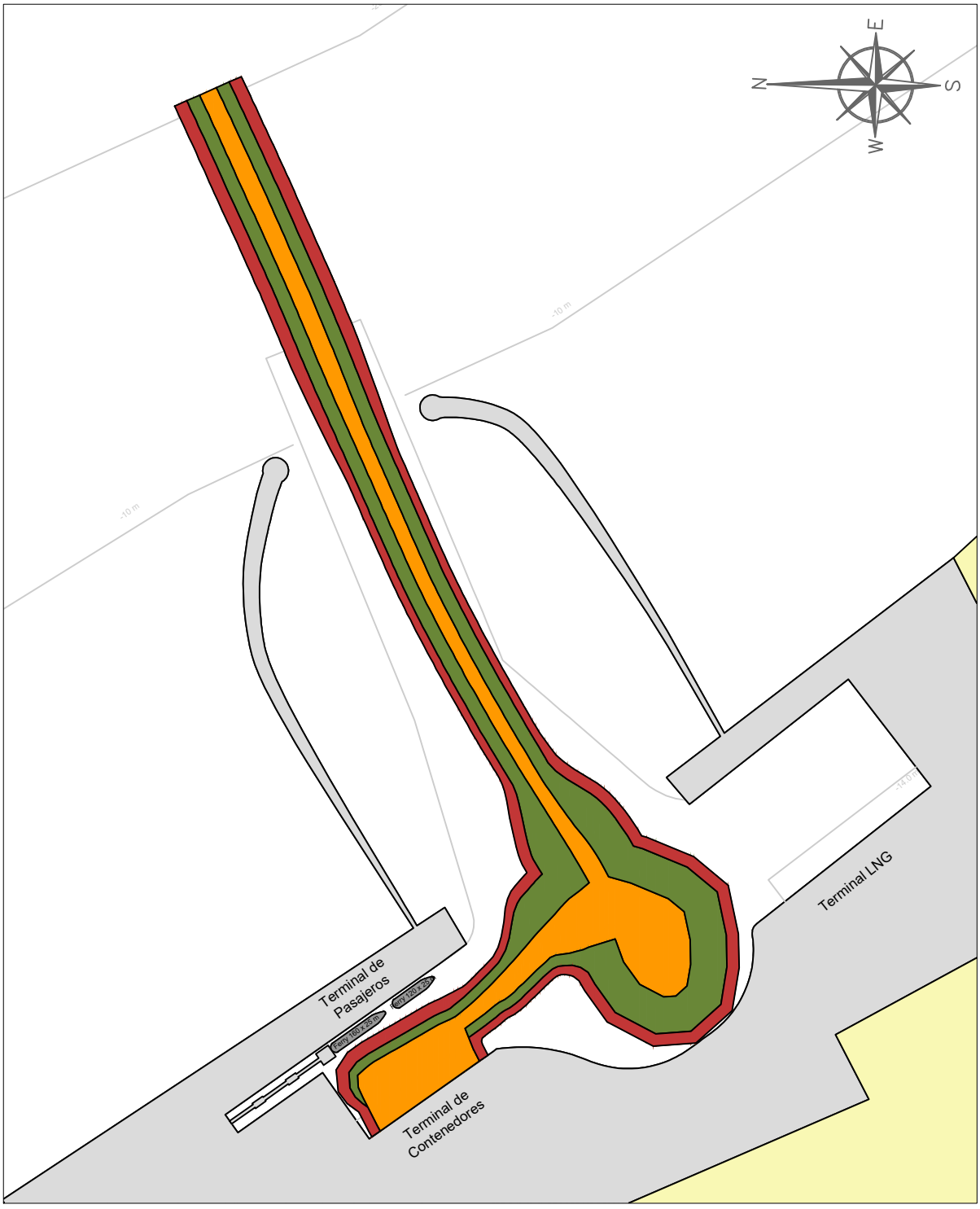


Figure: ABA-11

Portacontenedores 295x32.3x13.5 m. Entrada

Viento: SW 25 kn; Ola: NE 1.5 m - 11 s; Corriente: NW 0.3 m/s

Envolvente de la Maniobra

Sobreancho por errores de posicionamiento y tiempo de respuesta

Sobreancho por resguardo adicional y márgenes de seguridad

Escala: 1/15 000

2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Run 11

Siport21

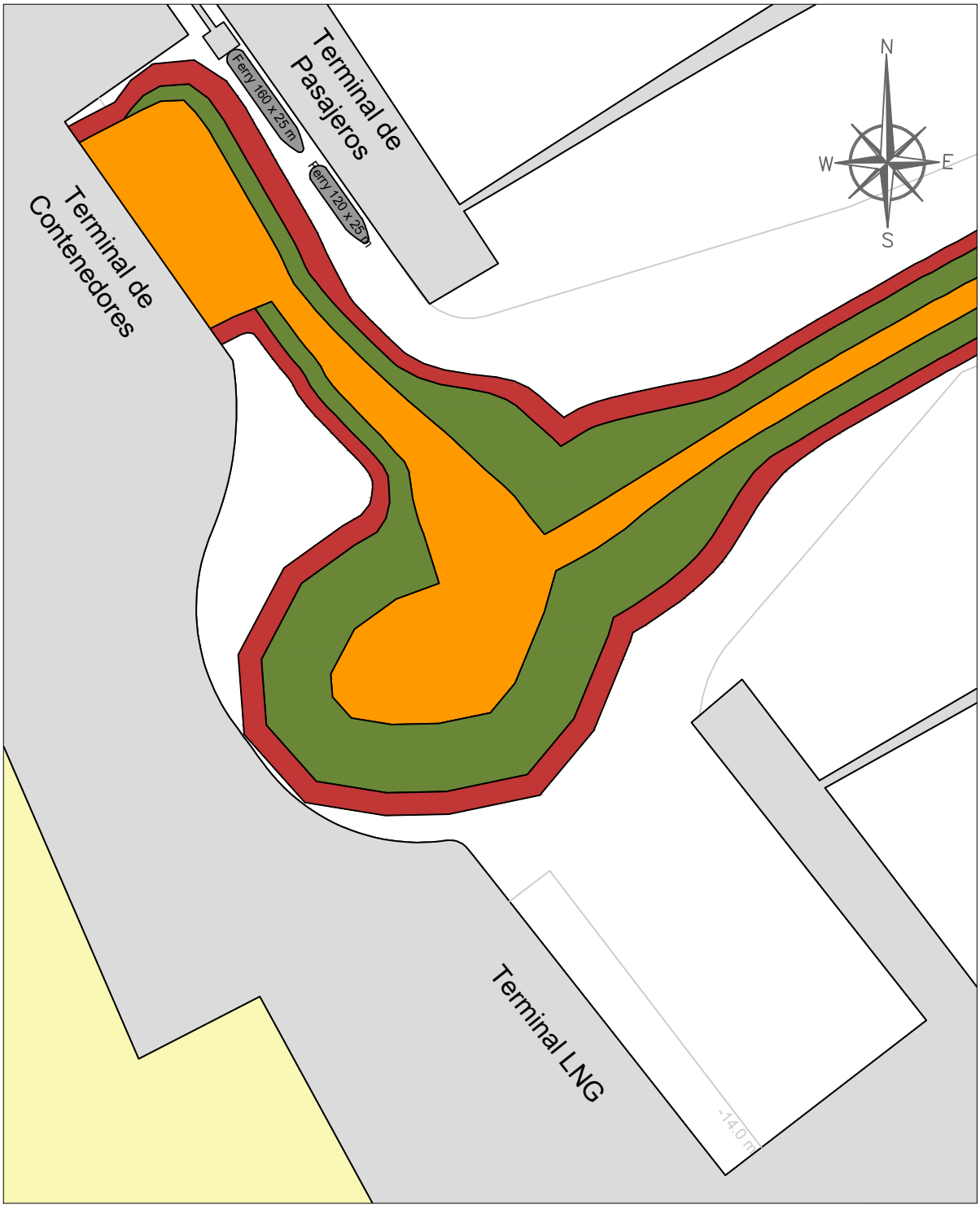


Figure: ABA-11

Portacontenedores 295x32.3x13.5 m. Entrada

Viento: SW 25 kn; Ola: NE 1.5 m - 11 s; Corriente: NW 0.3 m/s

Envolvente de la Maniobra

Sobreancho por errores de posicionamiento y tiempo de respuesta

Sobreancho por resguardo adicional y márgenes de seguridad

Escala: 1/8 000

2022165_Argentina_Tierra_Fuego

Run 11

Siport21

ANEJO VI:

REQUERIMIENTOS EN ALZADO

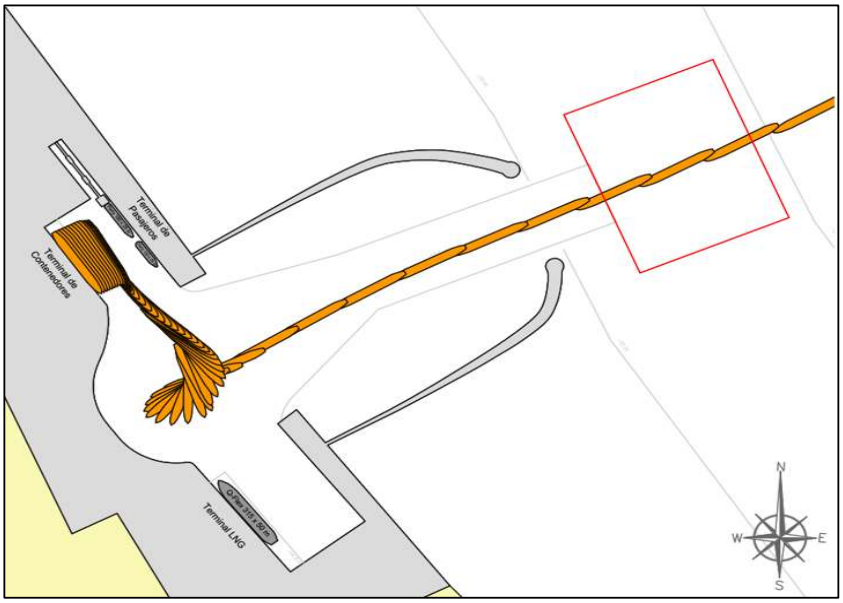
ENTRADAS

PORTACONTENEDORES PANAMAX

Dimensionamiento en Alzado

Proyecto	Argentina - Puerto de Tierra de Fuego

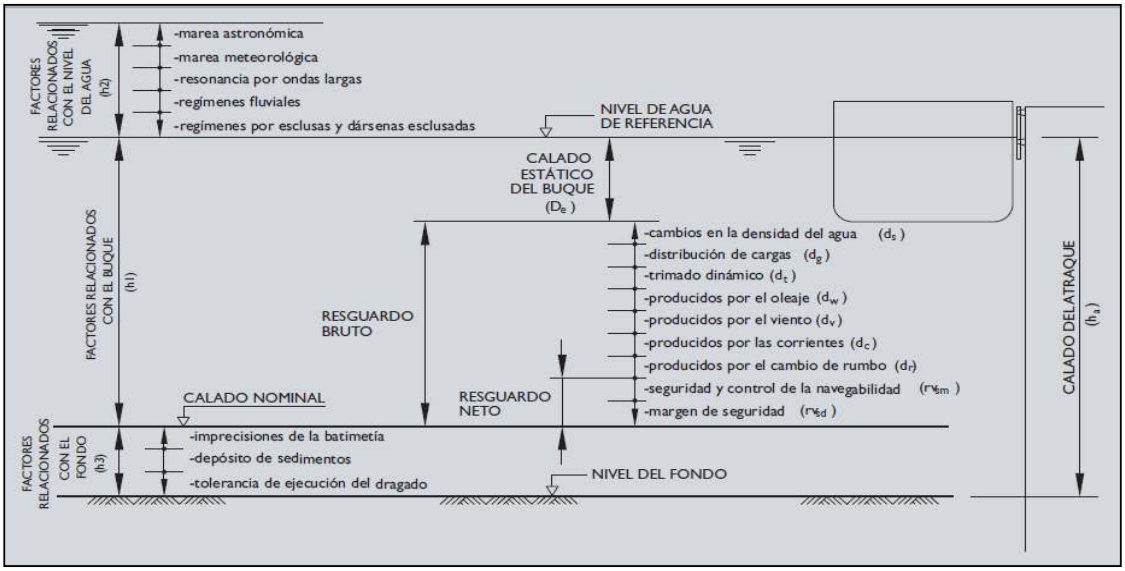
Zona de Estudio



Datos de Referencia de la zona de estudio

Área de Análisis	Tramo I. Recto
Tipo de Área	Canal de Acceso
Zona del área	Aguas exteriores
Tipo de Fondo	Suelo Duro (Rocoso)
Profundidad de Referencia (m)	26 m
Estado del buque	Navegación

Metodología del Dimensionamiento. ROM 3.1-99



DATOS DEL BUQUE

Tipo de Buque	Portacontenedores
Clase	Panamax

DATOS PRINCIPALES

Lpp	283.00	[m]	Área expuesta al viento	7240.21	[m^2]
Manga	32.20	[m]	Área expuesta al oleaje	3789.50	[m^2]
Calado	13.50	[m]	Brazo de viento	26.78	[m]
Desplazamiento	88519	[t]	Inercia	4.43E+11	[m^4]
Volumen	86360	[m^3]	Area Maestra	980	[m^2]
KG	16.20	[m]	Cb	0.702	[-]
Porcentaje carga	1.00	[-]	Cm	2.256	[-]

CRITERIO DE RIESGO CONSIDERADO

Emax	0.05	[-]

NOTAS

Los datos del buque aquí presentados han sido proporcionados por Royal Caribbean o extraido a partir de las formas del buque y no de ecuaciones empíricas simplificadas.
En particular tienen importancia los datos de Cb, KG, Area Vélica, Brazo de presiones de viento e Inercias

El valor de Emax, relativo al riesgo máximo admisible, se ha definido de acuerdo a ROM 3.1-99, Capítulo 2, Tabla 2.2, considerando "riesgo de destrucción total" y "probabilidad de pérdidas humanas esperable", con una "alta repercusión económica"

FACTORES RELACIONADOS CON EL BUQUE (H1)

CALADO ESTÁTICO

Calado estático considerado	13.50	m

CAMBIOS EN LA DENSIDAD DEL AGUA

Se considera para los cálculos agua salada, con densidad 1025 Kg/m^3

Sobrecalado considerado por cambios en la densidad del agua	0.00	m

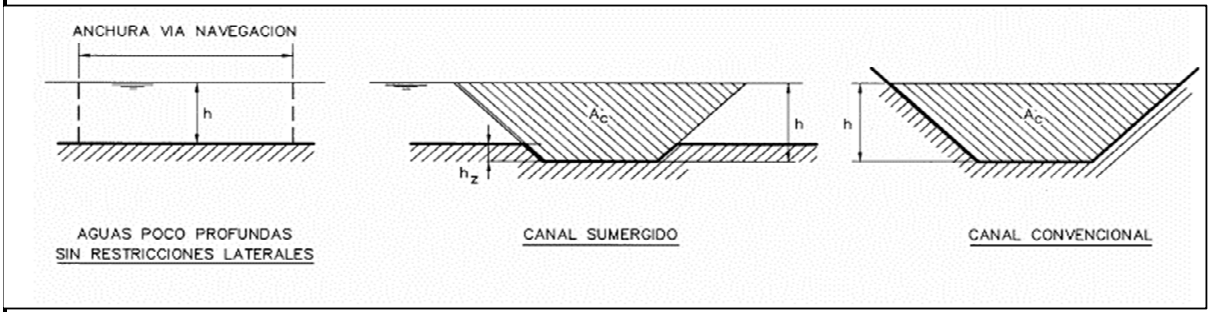
SOBRECALADO POR DISTRIBUCIÓN DE CARGAS

Tipo de buque	Mercantes (PC)	Factor	0.0025	Lpp

Sobrecalado por distribución de cargas	0.71	m

TRIMADO DINAMICO O SQUAT

Tipo de Canal	Convencional



Velocidad de navegación	5.0	[m/s]
Profundidad	20.0	[m]
Nivel media de Agua	6.0	[m]
Fnh	0.313	[-]

Ancho canal	250.0	[m]
Talud (1:x)	5.0	[-]
Talud (°)	11.3	[°]

Area del buque	426	[m^2]
Area del canal	6635	[m^2]
K1	1.000	[-]

S1	0.064	[-]
Ks	1.238	[-]

Sobrecalado por Trimado Dinámico o Squat	0.33	m

MOVIMIENTOS DEL BUQUE PRODUCIDOS POR EL OLEAJE

Hs	2.0	[m]	Dir Navegación	250	[º]
Dir Oleaje	135	[º]	Dir Encuentro	65	[º]

Factor de movimientos de oleaje	c1	0.1770	[m]
Coeficiente mayoración base riesgo	c2	1.950	[-]
Coeficiente por corrección de condición de carga	c3	1.000	[-]
Coeficiente por corrección de velocidad	c4	1.350	[-]
Coeficiente por corrección de profundidad	c5	1.000	[-]
Coeficiente por correción de dirección de encuentro	c6	1.564	[-]
Coeficiente por correción total	ct	4.116	[-]

Movimientos del buque	**0.73**	**m**

ESCORAS DEL BUQUE POR LA ACCIÓN DEL VIENTO

Velocidad Viento	15.4	[m/s]	Velocidad Relativa Long	10.3	[º]
Dirección Viento Absoluta	180	[º]	Velocidad Relativa Trans	14.5	[º]
Rumbo	250	[º]	Dirección Relativa	54.7	[º]
Densidad agua	1.025	[t/m^3]	Densidad aire	0.0013	[t/m^3]
Centro de Deriva	7.4	[m]	Superficie velica	7240.2081	[m^2]
Centro acción del viento	26.8	[m]	Cy Viento	0.73	[-]
dvd	19.4	[m]	Fuerza del viento	74	[t]

Momento de inercia	463793	[m^4]

Distancia vertical entre el centro de gravedad de pesos y el centro de empuje	8.82	[m]
Angulo de escora por viento	0.27	[º]
	0	
Sobrecalado por acción del viento	**0.08**	**m**

ESCORAS DEL BUQUE POR LA ACCIÓN DE LA CORRIENTE

Velocidad corriente	0.40	[m/s]	Velocidad Relativa Long	4.8	[º]
Dirección Corriente Abs	135	[m/s]	Velocidad Relativa Trans	0.4	[º]
Rumbo	250	[º]	Dirección Relativa	4	[º]
Centro acción corriente	7.02	[m]	Cy corriente	1.597	[-]
dcg	9.1825	[m]	Fuerza de la corriente	42	[t]
Densidad agua	1.025	[t/m^3]	Superficie corriente	3820.5	[m^2]

Momento de inercia	463793	[m^4]

Distancia vertical entre el centro de gravedad de pesos y el centro de empuje	8.82	[m]
Angulo de escora por corriente	0.07	[º]
Sobrecalado por acción de la corriente	**0.02**	**m**

ESCORAS DEL BUQUE POR CAMBIOS DE RUMBO

Tipo Canal	Recto

Velocidad del buque	5.0	[m/s]		Centro deriva	8.1	[m]
Radio giro	0	[m]		dcg	8.1	[m]
Masa buque (M+MA)	97370.9	[t]		Densidad agua	1.025	[t/m^3]
Fuerza centrifuga	0	[t]		Momento de inercia	463792.7434	[m^4]

Distancia vertical entre el centro de gravedad de pesos y el centro de empuje	8.82	[m]
Angulo escora	0.00	[º]
Sobrecalado por cambio de rumbo	**0.00**	**m**

RESGUARDO PARA SEGURIDAD Y CONTROL DE MANIOBRABILIDAD DEL BUQUE

Desplazamiento del buque	Gran Desplazamiento (>30.000 t)
Tipo de Fondo	Suelo Duro (Rocoso)
Velocidad del buque	Velocidad no limitada (>8 nudos)

Resgurado de maniobrabilidad	0.60	m
Margen de seguridad	0.60	m
Resguardo de maniobrabilidad y margen de seguridad	1.20	m

FACTOR RELACIONADO CON EL BUQUE TOTAL (H1)

En crujía del buque	**H1=**	**16.25**	**m**
En las bandas del buque	**H1=**	**16.38**	**m**
Factor Relacionado con el Buque Total (H1)	**H1=**	**16.38**	**m**

— Determinación en la crujía del buque:

$$H_1 = D_e + d_s + d_g + d_t + 0.7\ d_w + rv_{sm} + rv_{sd}$$

— Determinación en las bandas de babor o estribor del buque:

$$H_1 = D_e + d_s + d_g + d_t + d_w + d_v + d_c + d_r + 0.7\ .\ rv_{sm} + rv_{sd}$$

FACTORES RELACIONADOS CON EL NIVEL DE LAS AGUAS (H2)

Los factores relacionados con el nivel de las aguas no se contemplan en este análisis ya que el nivel de referenica sobre el que se calculan las profundidades requeridas es:

FACTORES RELACIONADOS CON EL FONDO (H3)

MARGEN PARA IMPRECISIONES DE LA BATIMETRIA

Localización de la zona de navegación	Aguas exteriores	
Tipo de buque de medición	Sin sistemas de compensación del oleaje	
Tolerancia a portado por empresa dragadora (solo si conocida)		m
Margen para imprecisiones en la batimetría	0.51	m

DEPOSITO DE SEDIMENTOS ENTRE DOS CAMPAÑAS DE DRAGADO

En caso de querer considerar deposito de sedimento entre campaña de dragados para evitar aterramientos y reducir labores de mantenimientos se deberá añadir este valor a la profundidad requerida

Deposito de sedimentos	0.00	m

TOLERANCIA DE EJECUCION DEL DRAGADO

Tipo de Suelo	Suelo Duro (Rocoso)	
Tolerancia a portado por empresa dragadora (solo si conocida)		m
Tolerancia de ejecución del dragado	0.00	m

FACTOR RELACIONADO CON EL FONDO TOTAL (H3)

Factores relacionados con el fondo	**H3=**	**0.51**	**m**

Profundidad FInal Requerida (H1+H2+H3)

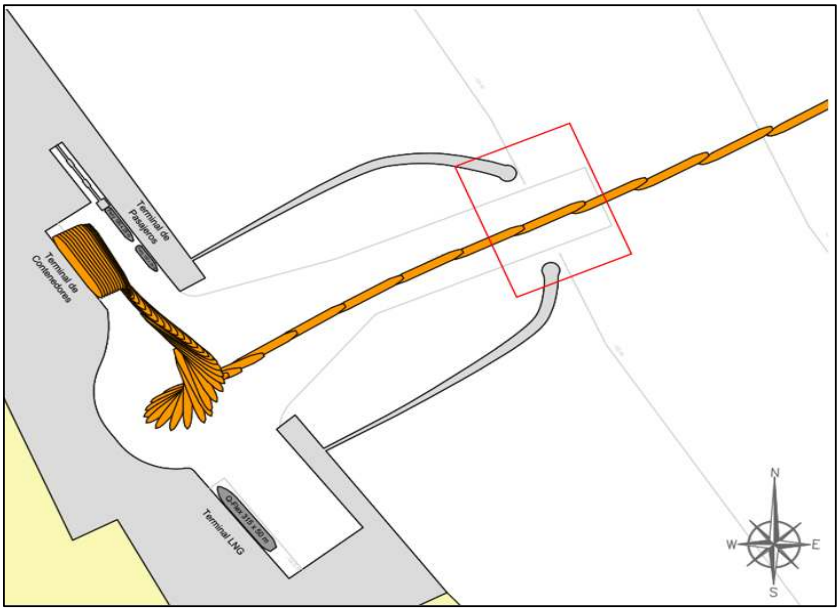
Esta profundidad ha sido calculada en base a un nivel de referencia correspondiente a la BMVE -0.13 m, cuyo valor estadístico muestra una excedencia del 99% del tiempo

FACTORES RELACIONADOS CON EL BUQUE. TOTAL (H1)	**16.38**	m
FACTORES RELACIONADOS CON EL NIVEL DE AGUA. TOTAL (H2)	**0.00**	m
FACTORES RELACIONADOS CON EL FONDO. TOTAL (H3)	**0.51**	m
PROFUNDIDAD REQUERIDA (BMVM)	**16.89**	m
H/D	**1.25**	

Dimensionamiento en Alzado

Proyecto	Argentina - Puerto de Tierra de Fuego

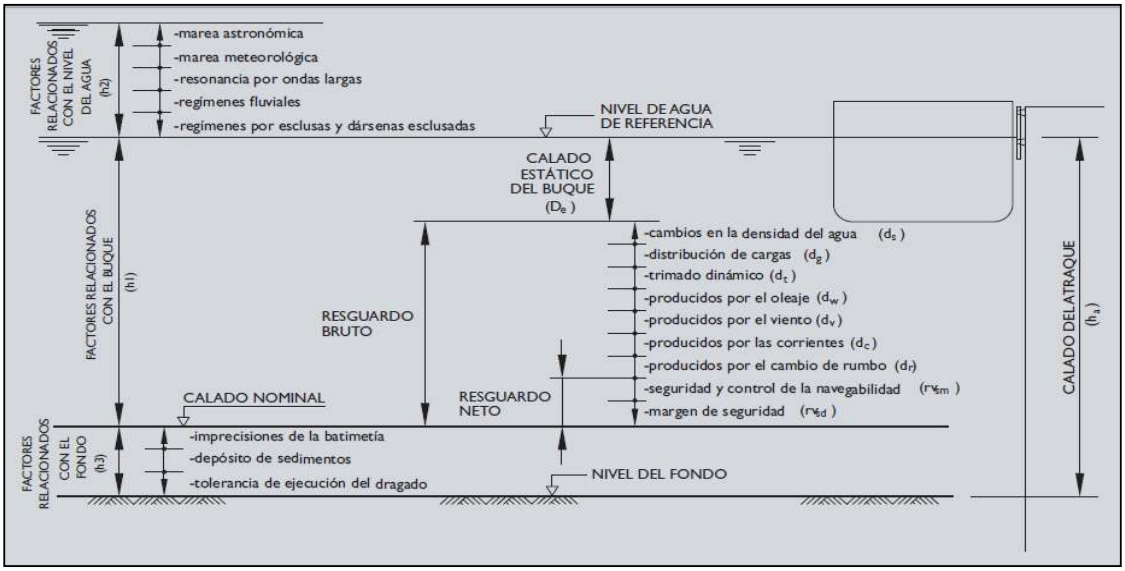
Zona de Estudio



Datos de Referencia de la zona de estudio

Área de Análisis	Tramo II. Recto
Tipo de Área	Canal de Acceso
Zona del área	Aguas interiores
Tipo de Fondo	Suelo Duro (Rocoso)
Profundidad de Referencia (m)	16.75 m
Estado del buque	Navegación

Metodología del Dimensionamiento. ROM 3.1-99



DATOS DEL BUQUE

Tipo de Buque	Portacontenedores
Clase	Panamax

DATOS PRINCIPALES

Lpp	283.00	[m]	Área expuesta al viento	7240.21	[m^2]
Manga	32.20	[m]	Área expuesta al oleaje	3789.50	[m^2]
Calado	13.50	[m]	Brazo de viento	26.78	[m]
Desplazamiento	88519	[t]	Inercia	4.43E+11	[m^4]
Volumen	86360	[m^3]	Area Maestra	980	[m^2]
KG	16.20	[m]	Cb	0.702	[-]
Porcentaje carga	1.00	[-]	Cm	2.256	[-]

CRITERIO DE RIESGO CONSIDERADO

Emax	0.05	[-]

NOTAS

Los datos del buque aquí presentados han sido proporcionados por Royal Caribbean o extraido a partir de las formas del buque y no de ecuaciones empíricas simplificadas.
En particular tienen importancia los datos de Cb, KG, Area Vélica, Brazo de presiones de viento e Inercias

El valor de Emax, relativo al riesgo máximo admisible, se ha definido de acuerdo a ROM 3.1-99, Capítulo 2, Tabla 2.2, considerando "riesgo de destrucción total" y "probabilidad de pérdidas humanas esperable", con una "alta repercusión económica"

FACTORES RELACIONADOS CON EL BUQUE (H1)

CALADO ESTÁTICO

Calado estático considerado	13.50	m

CAMBIOS EN LA DENSIDAD DEL AGUA

Se considera para los cálculos agua salada, con densidad 1025 Kg/m^3

Sobrecalado considerado por cambios en la densidad del agua	0.00	m

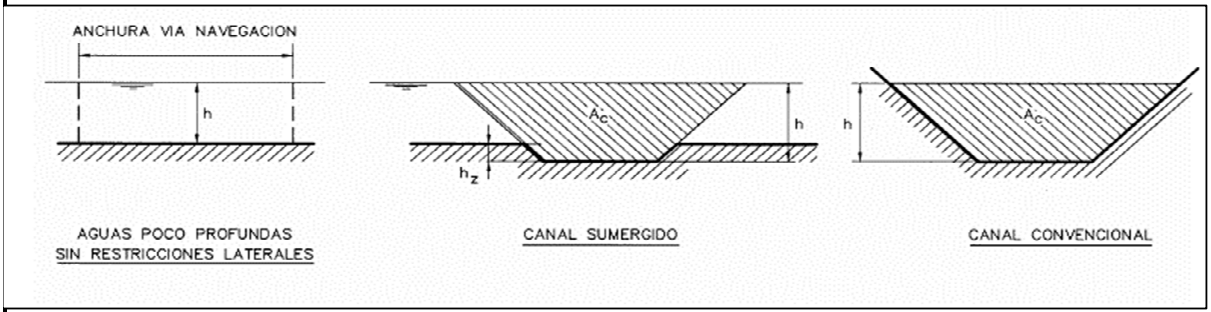
SOBRECALADO POR DISTRIBUCIÓN DE CARGAS

Tipo de buque	Mercantes (PC)	Factor	0.0025	Lpp

Sobrecalado por distribución de cargas	0.71	m

TRIMADO DINAMICO O SQUAT

Tipo de Canal	Convencional



Velocidad de navegación	5.0	[m/s]
Profundidad	10.8	[m]
Nivel media de Agua	6.0	[m]
Fnh	0.390	[-]

Ancho canal	250.0	[m]
Talud (1:x)	5.0	[-]
Talud (°)	11.3	[°]

Area del buque	426	[m^2]
Area del canal	4244	[m^2]
K1	1.000	[-]

S1	0.100	[-]
Ks	1.508	[-]

Sobrecalado por Trimado Dinámico o Squat	0.64	m

MOVIMIENTOS DEL BUQUE PRODUCIDOS POR EL OLEAJE

Hs	1.0	[m]	Dir Navegación	250	[º]
Dir Oleaje	250	[º]	Dir Encuentro	0	[º]

Factor de movimientos de oleaje	c1	0.0102	[m]
Coeficiente mayoración base riesgo	c2	1.950	[-]
Coeficiente por corrección de condición de carga	c3	1.000	[-]
Coeficiente por corrección de velocidad	c4	1.350	[-]
Coeficiente por corrección de profundidad	c5	1.058	[-]
Coeficiente por correción de dirección de encuentro	c6	1.000	[-]
Coeficiente por correción total	ct	2.784	[-]

Movimientos del buque	**0.03**	**m**

ESCORAS DEL BUQUE POR LA ACCIÓN DEL VIENTO

Velocidad Viento	15.4	[m/s]	Velocidad Relativa Long	10.3	[º]
Dirección Viento Absoluta	180	[º]	Velocidad Relativa Trans	14.5	[º]
Rumbo	250	[º]	Dirección Relativa	54.7	[º]
Densidad agua	1.025	[t/m^3]	Densidad aire	0.0013	[t/m^3]
Centro de Deriva	7.4	[m]	Superficie velica	7240.2081	[m^2]
Centro acción del viento	26.8	[m]	Cy Viento	0.73	[-]
dvd	19.4	[m]	Fuerza del viento	74	[t]

Momento de inercia	463793	[m^4]

Distancia vertical entre el centro de gravedad de pesos y el centro de empuje	8.82	[m]
Angulo de escora por viento	0.27	[º]
	0	
Sobrecalado por acción del viento	**0.08**	**m**

ESCORAS DEL BUQUE POR LA ACCIÓN DE LA CORRIENTE

Velocidad corriente	0.10	[m/s]	Velocidad Relativa Long	5.1	[º]
Dirección Corriente Abs	250	[m/s]	Velocidad Relativa Trans	0.0	[º]
Rumbo	250	[º]	Dirección Relativa	0	[º]
Centro acción corriente	7.02	[m]	Cy corriente	2.309	[-]
dcg	9.1825	[m]	Fuerza de la corriente	0	[t]
Densidad agua	1.025	[t/m^3]	Superficie corriente	3820.5	[m^2]

Momento de inercia	463793	[m^4]

Distancia vertical entre el centro de gravedad de pesos y el centro de empuje	8.82	[m]
Angulo de escora por corriente	0.00	[º]
Sobrecalado por acción de la corriente	**0.00**	**m**

ESCORAS DEL BUQUE POR CAMBIOS DE RUMBO

Tipo Canal	Recto

Velocidad del buque	5.0	[m/s]		Centro deriva	8.1	[m]
Radio giro	0	[m]		dcg	8.1	[m]
Masa buque (M+MA)	97370.9	[t]		Densidad agua	1.025	[t/m^3]
Fuerza centrifuga	0	[t]		Momento de inercia	463792.7434	[m^4]

Distancia vertical entre el centro de gravedad de pesos y el centro de empuje	8.82	[m]
Angulo escora	0.00	[º]
Sobrecalado por cambio de rumbo	**0.00**	**m**

RESGUARDO PARA SEGURIDAD Y CONTROL DE MANIOBRABILIDAD DEL BUQUE

Desplazamiento del buque	Gran Desplazamiento (>30.000 t)
Tipo de Fondo	Suelo Duro (Rocoso)
Velocidad del buque	Velocidad no limitada (>8 nudos)

Resgurado de maniobrabilidad	0.60	m
Margen de seguridad	0.60	m
Resguardo de maniobrabilidad y margen de seguridad	1.20	m

FACTOR RELACIONADO CON EL BUQUE TOTAL (H1)

En crujía del buque	**H1=**	**16.07**	**m**
En las bandas del buque	**H1=**	**15.98**	**m**
Factor Relacionado con el Buque Total (H1)	**H1=**	**16.07**	**m**

— Determinación en la crujía del buque:

$$H_1 = D_e + d_s + d_g + d_t + 0.7\ d_w + rv_{sm} + rv_{sd}$$

— Determinación en las bandas de babor o estribor del buque:

$$H_1 = D_e + d_s + d_g + d_t + d_w + d_v + d_c + d_r + 0.7\ .\ rv_{sm} + rv_{sd}$$

FACTORES RELACIONADOS CON EL NIVEL DE LAS AGUAS (H2)

Los factores relacionados con el nivel de las aguas no se contemplan en este análisis ya que el nivel de referenica sobre el que se calculan las profundidades requeridas es:

FACTORES RELACIONADOS CON EL FONDO (H3)

MARGEN PARA IMPRECISIONES DE LA BATIMETRIA

Localización de la zona de navegación	Aguas exteriores	
Tipo de buque de medición	Sin sistemas de compensación del oleaje	
Tolerancia a portado por empresa dragadora (solo si conocida)		m
Margen para imprecisiones en la batimetría	0.17	m

DEPOSITO DE SEDIMENTOS ENTRE DOS CAMPAÑAS DE DRAGADO

En caso de querer considerar deposito de sedimento entre campaña de dragados para evitar aterramientos y reducir labores de mantenimientos se deberá añadir este valor a la profundidad requerida

Deposito de sedimentos	0.00	m

TOLERANCIA DE EJECUCION DEL DRAGADO

Tipo de Suelo	Suelo Duro (Rocoso)	
Tolerancia a portado por empresa dragadora (solo si conocida)		m
Tolerancia de ejecución del dragado	0.50	m

FACTOR RELACIONADO CON EL FONDO TOTAL (H3)

Factores relacionados con el fondo	**H3=**	**0.67**	**m**

Profundidad FInal Requerida (H1+H2+H3)

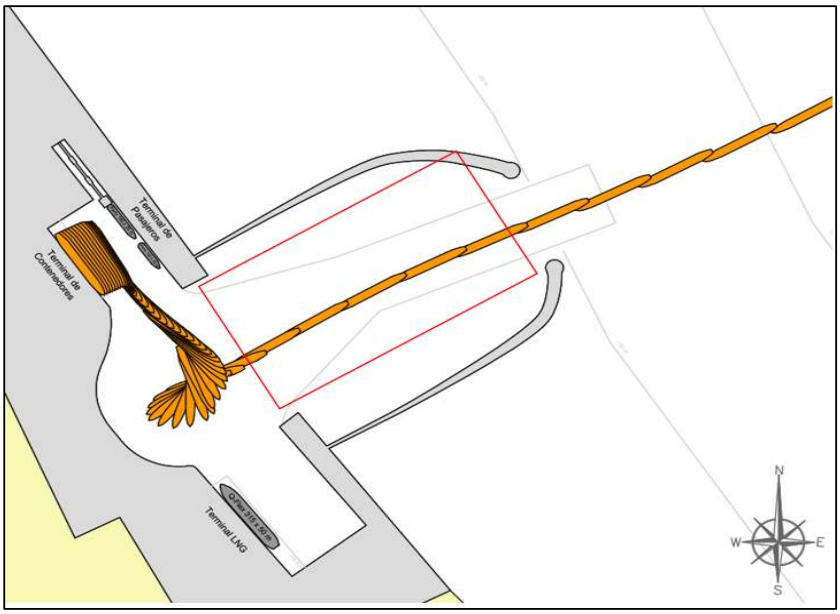
Esta profundidad ha sido calculada en base a un nivel de referencia correspondiente a la BMVE -0.13 m, cuyo valor estadístico muestra una excedencia del 99% del tiempo

FACTORES RELACIONADOS CON EL BUQUE. TOTAL (H1)	**16.07**	m
FACTORES RELACIONADOS CON EL NIVEL DE AGUA. TOTAL (H2)	**0.00**	m
FACTORES RELACIONADOS CON EL FONDO. TOTAL (H3)	**0.67**	m
PROFUNDIDAD REQUERIDA (BMVM)	**16.74**	m
H/D	**1.24**	

Dimensionamiento en Alzado

Proyecto	Argentina - Puerto de Tierra de Fuego

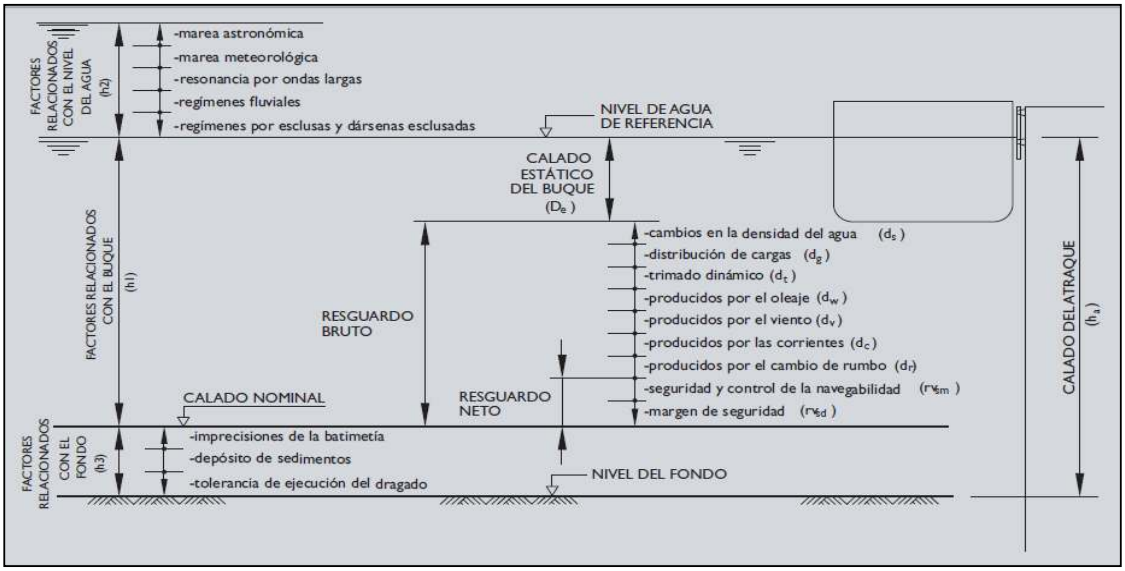
Zona de Estudio



Datos de Referencia de la zona de estudio

Área de Análisis	Tramo III. Recto
Tipo de Área	Canal de Acceso
Zona del área	Aguas interiores
Tipo de Fondo	Suelo Duro (Rocoso)
Profundidad de Referencia (m)	16 m
Estado del buque	Navegación

Metodología del Dimensionamiento. ROM 3.1-99



DATOS DEL BUQUE

Tipo de Buque	Portacontenedores
Clase	Panamax

DATOS PRINCIPALES

Lpp	283.00	[m]	Área expuesta al viento	7240.21	[m^2]
Manga	32.20	[m]	Área expuesta al oleaje	3789.50	[m^2]
Calado	13.50	[m]	Brazo de viento	26.78	[m]
Desplazamiento	88519	[t]	Inercia	4.43E+11	[m^4]
Volumen	86360	[m^3]	Area Maestra	980	[m^2]
KG	16.20	[m]	Cb	0.702	[-]
Porcentaje carga	1.00	[-]	Cm	2.256	[-]

CRITERIO DE RIESGO CONSIDERADO

Emax	0.05	[-]

NOTAS

Los datos del buque aquí presentados han sido proporcionados por Royal Caribbean o extraido a partir de las formas del buque y no de ecuaciones empíricas simplificadas.
En particular tienen importancia los datos de Cb, KG, Area Vélica, Brazo de presiones de viento e Inercias

El valor de Emax, relativo al riesgo máximo admisible, se ha definido de acuerdo a ROM 3.1-99, Capítulo 2, Tabla 2.2, considerando "riesgo de destrucción total" y "probabilidad de pérdidas humanas esperable", con una "alta repercusión económica"

FACTORES RELACIONADOS CON EL BUQUE (H1)

CALADO ESTÁTICO

Calado estático considerado	13.50	m

CAMBIOS EN LA DENSIDAD DEL AGUA

Se considera para los cálculos agua salada, con densidad 1025 Kg/m^3

Sobrecalado considerado por cambios en la densidad del agua	0.00	m

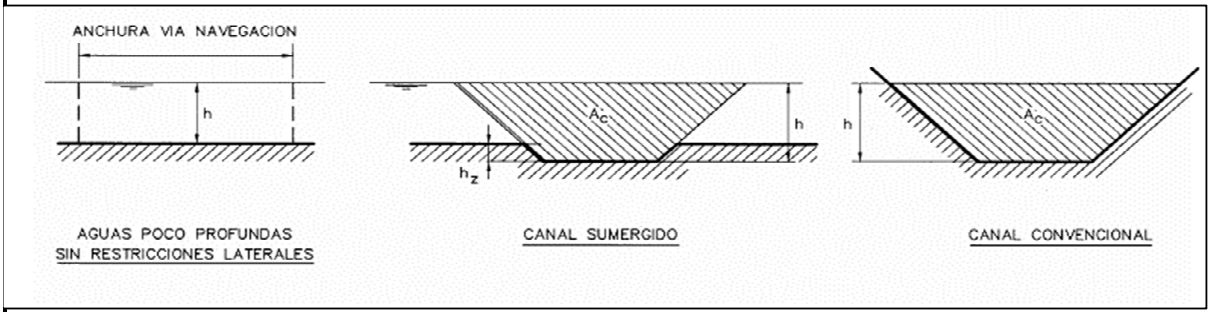
SOBRECALADO POR DISTRIBUCIÓN DE CARGAS

Tipo de buque	Mercantes (PC)	Factor	0.0025	Lpp

Sobrecalado por distribución de cargas	0.71	m

TRIMADO DINAMICO O SQUAT

Tipo de Canal	Convencional



Velocidad de navegación	3.0	[m/s]
Profundidad	10.0	[m]
Nivel media de Agua	6.0	[m]
Fnh	0.239	[-]

Ancho canal	250.0	[m]
Talud (1:x)	5.0	[-]
Talud (°)	11.3	[°]

Area del buque	426	[m^2]
Area del canal	4051	[m^2]
K1	1.000	[-]

S1	0.105	[-]
Ks	1.543	[-]

Sobrecalado por Trimado Dinámico o Squat	0.24	m

MOVIMIENTOS DEL BUQUE PRODUCIDOS POR EL OLEAJE

Hs	1.0	[m]	Dir Navegación	250	[º]
Dir Oleaje	250	[º]	Dir Encuentro	0	[º]

Factor de movimientos de oleaje	c1	0.0102	[m]
Coeficiente mayoración base riesgo	c2	1.950	[-]
Coeficiente por corrección de condición de carga	c3	1.000	[-]
Coeficiente por corrección de velocidad	c4	1.339	[-]
Coeficiente por corrección de profundidad	c5	1.070	[-]
Coeficiente por correción de dirección de encuentro	c6	1.000	[-]
Coeficiente por correción total	ct	2.795	[-]

Movimientos del buque	**0.03**	**m**

ESCORAS DEL BUQUE POR LA ACCIÓN DEL VIENTO

Velocidad Viento	15.4	[m/s]	Velocidad Relativa Long	8.3	[º]
Dirección Viento Absoluta	180	[º]	Velocidad Relativa Trans	14.5	[º]
Rumbo	250	[º]	Dirección Relativa	60.3	[º]
Densidad agua	1.025	[t/m^3]	Densidad aire	0.0013	[t/m^3]
Centro de Deriva	7.4	[m]	Superficie velica	7240.2081	[m^2]
Centro acción del viento	26.8	[m]	Cy Viento	0.73	[-]
dvd	19.4	[m]	Fuerza del viento	74	[t]

Momento de inercia	463793	[m^4]

Distancia vertical entre el centro de gravedad de pesos y el centro de empuje	8.82	[m]
Angulo de escora por viento	0.27	[º]
	0	
Sobrecalado por acción del viento	**0.08**	**m**

ESCORAS DEL BUQUE POR LA ACCIÓN DE LA CORRIENTE

Velocidad corriente	0.10	[m/s]	Velocidad Relativa Long	3.1	[º]
Dirección Corriente Abs	250	[m/s]	Velocidad Relativa Trans	0.0	[º]
Rumbo	250	[º]	Dirección Relativa	0	[º]
Centro acción corriente	7.02	[m]	Cy corriente	2.367	[-]
dcg	9.1825	[m]	Fuerza de la corriente	0	[t]
Densidad agua	1.025	[t/m^3]	Superficie corriente	3820.5	[m^2]

Momento de inercia	463793	[m^4]

Distancia vertical entre el centro de gravedad de pesos y el centro de empuje	8.82	[m]
Angulo de escora por corriente	0.00	[º]
Sobrecalado por acción de la corriente	**0.00**	**m**

ESCORAS DEL BUQUE POR CAMBIOS DE RUMBO

Tipo Canal	Recto

Velocidad del buque	3.0	[m/s]		Centro deriva	8.1	[m]
Radio giro	0	[m]		dcg	8.1	[m]
Masa buque (M+MA)	97370.9	[t]		Densidad agua	1.025	[t/m^3]
Fuerza centrifuga	0	[t]		Momento de inercia	463792.7434	[m^4]

Distancia vertical entre el centro de gravedad de pesos y el centro de empuje	8.82	[m]
Angulo escora	0.00	[º]
Sobrecalado por cambio de rumbo	**0.00**	**m**

RESGUARDO PARA SEGURIDAD Y CONTROL DE MANIOBRABILIDAD DEL BUQUE

Desplazamiento del buque	Gran Desplazamiento (>30.000 t)
Tipo de Fondo	Suelo Duro (Rocoso)
Velocidad del buque	Velocidad limitada (<=8 nudos)

Resgurado de maniobrabilidad	0.30	m
Margen de seguridad	0.60	m
Resguardo de maniobrabilidad y margen de seguridad	0.90	m

FACTOR RELACIONADO CON EL BUQUE TOTAL (H1)

En crujía del buque	**H1=**	**15.36**	**m**
En las bandas del buque	**H1=**	**15.36**	**m**
Factor Relacionado con el Buque Total (H1)	**H1=**	**15.36**	**m**

— Determinación en la crujía del buque:

$$H_1 = D_e + d_s + d_g + d_t + 0.7\ d_w + rv_{sm} + rv_{sd}$$

— Determinación en las bandas de babor o estribor del buque:

$$H_1 = D_e + d_s + d_g + d_t + d_w + d_v + d_c + d_r + 0.7\ .\ rv_{sm} + rv_{sd}$$

FACTORES RELACIONADOS CON EL NIVEL DE LAS AGUAS (H2)

Los factores relacionados con el nivel de las aguas no se contemplan en este análisis ya que el nivel de referenica sobre el que se calculan las profundidades requeridas es:

FACTORES RELACIONADOS CON EL FONDO (H3)

MARGEN PARA IMPRECISIONES DE LA BATIMETRIA

Localización de la zona de navegación	Aguas exteriores	
Tipo de buque de medición	Sin sistemas de compensación del oleaje	
Tolerancia a portado por empresa dragadora (solo si conocida)		m
Margen para imprecisiones en la batimetría	0.16	m

DEPOSITO DE SEDIMENTOS ENTRE DOS CAMPAÑAS DE DRAGADO

En caso de querer considerar deposito de sedimento entre campaña de dragados para evitar aterramientos y reducir labores de mantenimientos se deberá añadir este valor a la profundidad requerida

Deposito de sedimentos	0.00	m

TOLERANCIA DE EJECUCION DEL DRAGADO

Tipo de Suelo	Suelo Duro (Rocoso)	
Tolerancia a portado por empresa dragadora (solo si conocida)		m
Tolerancia de ejecución del dragado	0.50	m

FACTOR RELACIONADO CON EL FONDO TOTAL (H3)

Factores relacionados con el fondo	**H3=**	**0.66**	**m**

Profundidad FInal Requerida (H1+H2+H3)

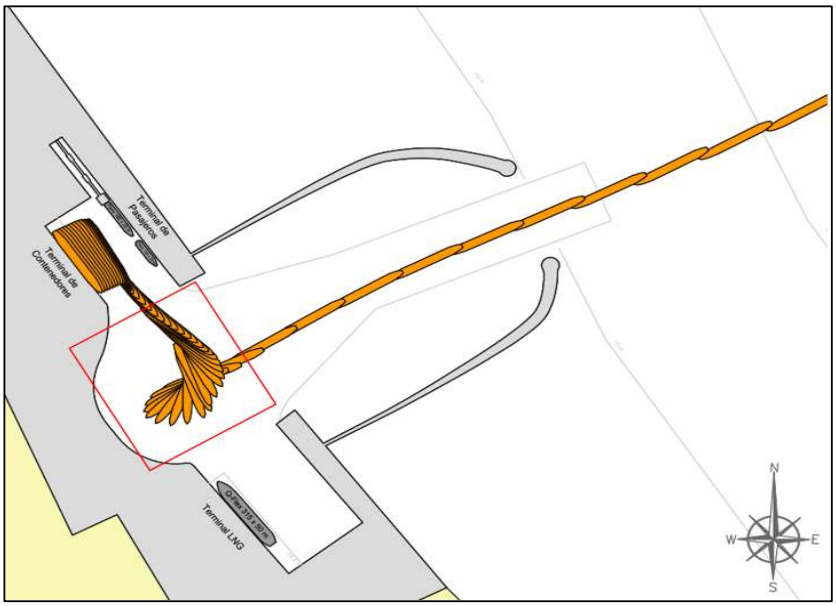
Esta profundidad ha sido calculada en base a un nivel de referencia correspondiente a la BMVE -0.13 m, cuyo valor estadístico muestra una excedencia del 99% del tiempo

FACTORES RELACIONADOS CON EL BUQUE. TOTAL (H1)	**15.36**	m
FACTORES RELACIONADOS CON EL NIVEL DE AGUA. TOTAL (H2)	**0.00**	m
FACTORES RELACIONADOS CON EL FONDO. TOTAL (H3)	**0.66**	m
PROFUNDIDAD REQUERIDA (BMVM)	**16.02**	m
H/D	**1.19**	

Dimensionamiento en Alzado

Proyecto	Argentina - Puerto de Tierra de Fuego

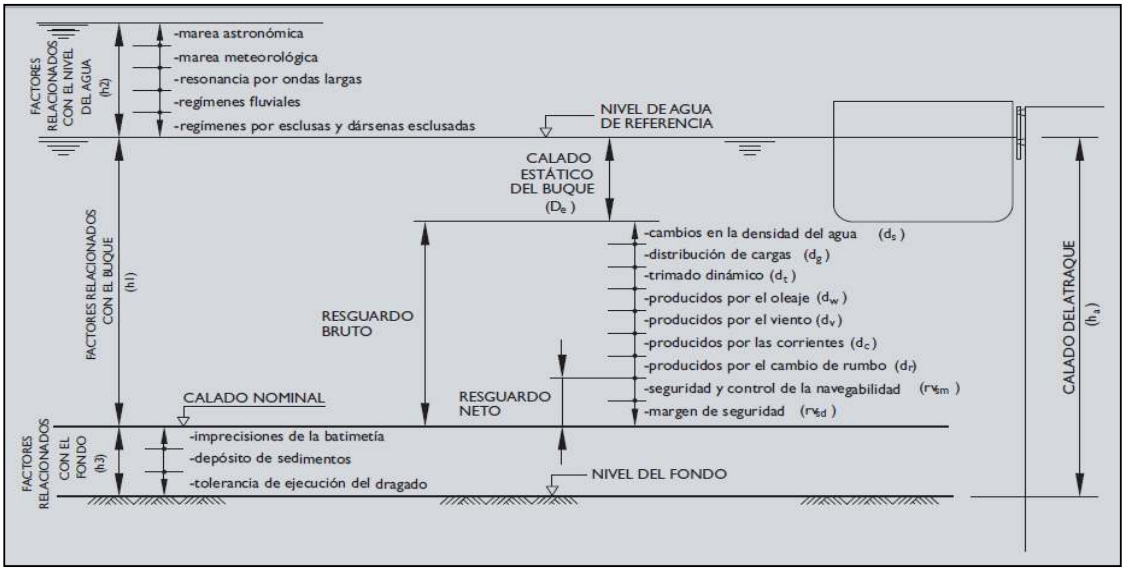
Zona de Estudio



Datos de Referencia de la zona de estudio

Área de Análisis	Tramo IV. Recto - Parada/Reviro
Tipo de Área	Area de Maniobra
Zona del área	Aguas interiores
Tipo de Fondo	Suelo Duro (Rocoso)
Profundidad de Referencia (m)	15.5 m
Estado del buque	Navegación

Metodología del Dimensionamiento. ROM 3.1-99



DATOS DEL BUQUE

Tipo de Buque	Portacontenedores
Clase	Panamax

DATOS PRINCIPALES

Lpp	283.00	[m]	Área expuesta al viento	7240.21	[m^2]
Manga	32.20	[m]	Área expuesta al oleaje	3789.50	[m^2]
Calado	13.50	[m]	Brazo de viento	26.78	[m]
Desplazamiento	88519	[t]	Inercia	4.43E+11	[m^4]
Volumen	86360	[m^3]	Area Maestra	980	[m^2]
KG	16.20	[m]	Cb	0.702	[-]
Porcentaje carga	1.00	[-]	Cm	2.256	[-]

CRITERIO DE RIESGO CONSIDERADO

Emax	0.05	[-]

NOTAS

Los datos del buque aquí presentados han sido proporcionados por Royal Caribbean o extraido a partir de las formas del buque y no de ecuaciones empíricas simplificadas.
En particular tienen importancia los datos de Cb, KG, Area Vélica, Brazo de presiones de viento e Inercias

El valor de Emax, relativo al riesgo máximo admisible, se ha definido de acuerdo a ROM 3.1-99, Capítulo 2, Tabla 2.2, considerando "riesgo de destrucción total" y "probabilidad de pérdidas humanas esperable", con una "alta repercusión económica"

FACTORES RELACIONADOS CON EL BUQUE (H1)

CALADO ESTÁTICO

Calado estático considerado	13.50	m

CAMBIOS EN LA DENSIDAD DEL AGUA

Se considera para los cálculos agua salada, con densidad 1025 Kg/m^3

Sobrecalado considerado por cambios en la densidad del agua	0.00	m

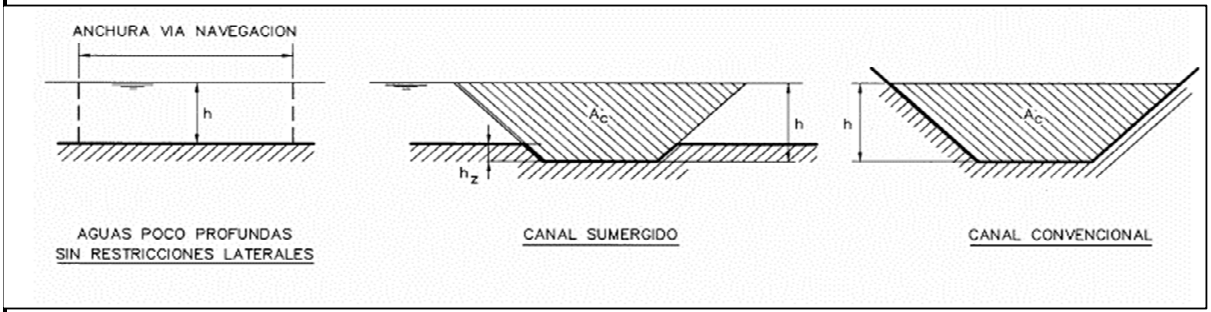
SOBRECALADO POR DISTRIBUCIÓN DE CARGAS

Tipo de buque	Mercantes (PC)	Factor	0.0025	Lpp

Sobrecalado por distribución de cargas	0.71	m

TRIMADO DINAMICO O SQUAT

Tipo de Canal	Convencional



Velocidad de navegación	0.5	[m/s]
Profundidad	9.5	[m]
Nivel media de Agua	6.0	[m]
Fnh	0.041	[-]

Ancho canal	250.0	[m]
Talud (1:x)	5.0	[-]
Talud (°)	11.3	[°]

Area del buque	426	[m^2]
Area del canal	3923	[m^2]
K1	1.000	[-]

S1	0.109	[-]
Ks	1.569	[-]

Sobrecalado por Trimado Dinámico o Squat	0.01	m

MOVIMIENTOS DEL BUQUE PRODUCIDOS POR EL OLEAJE

Hs	0.5	[m]	Dir Navegación	250	[º]
Dir Oleaje	150	[º]	Dir Encuentro	80	[º]

Factor de movimientos de oleaje	c1	0.0000	[m]
Coeficiente mayoración base riesgo	c2	1.950	[-]
Coeficiente por corrección de condición de carga	c3	1.000	[-]
Coeficiente por corrección de velocidad	c4	1.000	[-]
Coeficiente por corrección de profundidad	c5	1.078	[-]
Coeficiente por correción de dirección de encuentro	c6	1.645	[-]
Coeficiente por correción total	ct	3.460	[-]

Movimientos del buque	**0.00**	**m**

ESCORAS DEL BUQUE POR LA ACCIÓN DEL VIENTO

Velocidad Viento	15.4	[m/s]	Velocidad Relativa Long	5.8	[º]
Dirección Viento Absoluta	180	[º]	Velocidad Relativa Trans	14.5	[º]
Rumbo	250	[º]	Dirección Relativa	68.3	[º]
Densidad agua	1.025	[t/m^3]	Densidad aire	0.0013	[t/m^3]
Centro de Deriva	7.4	[m]	Superficie velica	7240.2081	[m^2]
Centro acción del viento	26.8	[m]	Cy Viento	0.73	[-]
dvd	19.4	[m]	Fuerza del viento	74	[t]

Momento de inercia	463793	[m^4]

Distancia vertical entre el centro de gravedad de pesos y el centro de empuje	8.82	[m]
Angulo de escora por viento	0.27	[º]
	0	
Sobrecalado por acción del viento	**0.08**	**m**

ESCORAS DEL BUQUE POR LA ACCIÓN DE LA CORRIENTE

Velocidad corriente	0.05	[m/s]	Velocidad Relativa Long	0.5	[º]
Dirección Corriente Abs	250	[m/s]	Velocidad Relativa Trans	0.0	[º]
Rumbo	150	[º]	Dirección Relativa	6	[º]
Centro acción corriente	7.02	[m]	Cy corriente	2.405	[-]
dcg	9.1825	[m]	Fuerza de la corriente	1	[t]
Densidad agua	1.025	[t/m^3]	Superficie corriente	3820.5	[m^2]

Momento de inercia	463793	[m^4]

Distancia vertical entre el centro de gravedad de pesos y el centro de empuje	8.82	[m]
Angulo de escora por corriente	0.00	[º]
Sobrecalado por acción de la corriente	**0.00**	**m**

ESCORAS DEL BUQUE POR CAMBIOS DE RUMBO

Tipo Canal	Recto

Velocidad del buque	0.5	[m/s]		Centro deriva	8.1	[m]
Radio giro	0	[m]		dcg	8.1	[m]
Masa buque (M+MA)	97370.9	[t]		Densidad agua	1.025	[t/m^3]
Fuerza centrifuga	0	[t]		Momento de inercia	463792.7434	[m^4]

Distancia vertical entre el centro de gravedad de pesos y el centro de empuje	8.82	[m]
Angulo escora	0.00	[º]
Sobrecalado por cambio de rumbo	**0.00**	**m**

RESGUARDO PARA SEGURIDAD Y CONTROL DE MANIOBRABILIDAD DEL BUQUE

Desplazamiento del buque	Gran Desplazamiento (>30.000 t)
Tipo de Fondo	Suelo Duro (Rocoso)
Velocidad del buque	Buque parado

Resgurado de maniobrabilidad	0.00	m
Margen de seguridad	0.60	m
Resguardo de maniobrabilidad y margen de seguridad	0.60	m

FACTOR RELACIONADO CON EL BUQUE TOTAL (H1)

En crujía del buque	**H1=**	**14.81**	**m**
En las bandas del buque	**H1=**	**14.89**	**m**
Factor Relacionado con el Buque Total (H1)	**H1=**	**14.89**	**m**

— Determinación en la crujía del buque:

$$H_1 = D_e + d_s + d_g + d_t + 0.7\ d_w + rv_{sm} + rv_{sd}$$

— Determinación en las bandas de babor o estribor del buque:

$$H_1 = D_e + d_s + d_g + d_t + d_w + d_v + d_c + d_r + 0.7\ .\ rv_{sm} + rv_{sd}$$

FACTORES RELACIONADOS CON EL NIVEL DE LAS AGUAS (H2)

Los factores relacionados con el nivel de las aguas no se contemplan en este análisis ya que el nivel de referenica sobre el que se calculan las profundidades requeridas es:

FACTORES RELACIONADOS CON EL FONDO (H3)

MARGEN PARA IMPRECISIONES DE LA BATIMETRIA

Localización de la zona de navegación	Aguas exteriores	
Tipo de buque de medición	Sin sistemas de compensación del oleaje	
Tolerancia a portado por empresa dragadora (solo si conocida)		m
Margen para imprecisiones en la batimetría	0.16	m

DEPOSITO DE SEDIMENTOS ENTRE DOS CAMPAÑAS DE DRAGADO

En caso de querer considerar deposito de sedimento entre campaña de dragados para evitar aterramientos y reducir labores de mantenimientos se deberá añadir este valor a la profundidad requerida

Deposito de sedimentos	0.00	m

TOLERANCIA DE EJECUCION DEL DRAGADO

Tipo de Suelo	Suelo Duro (Rocoso)	
Tolerancia a portado por empresa dragadora (solo si conocida)		m
Tolerancia de ejecución del dragado	0.50	m

FACTOR RELACIONADO CON EL FONDO TOTAL (H3)

Factores relacionados con el fondo	**H3=**	**0.66**	**m**

Profundidad FInal Requerida (H1+H2+H3)

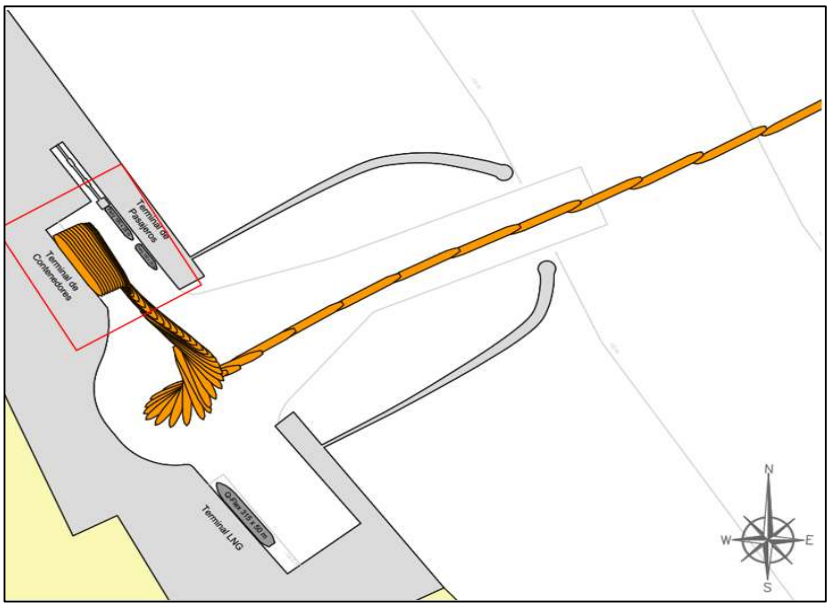
Esta profundidad ha sido calculada en base a un nivel de referencia correspondiente a la BMVE -0.13 m, cuyo valor estadístico muestra una excedencia del 99% del tiempo

FACTORES RELACIONADOS CON EL BUQUE. TOTAL (H1)	**14.89**	m
FACTORES RELACIONADOS CON EL NIVEL DE AGUA. TOTAL (H2)	**0.00**	m
FACTORES RELACIONADOS CON EL FONDO. TOTAL (H3)	**0.66**	m
PROFUNDIDAD REQUERIDA (BMVM)	**15.54**	m
H/D	**1.15**	

Dimensionamiento en Alzado

Proyecto	Argentina - Puerto de Tierra de Fuego

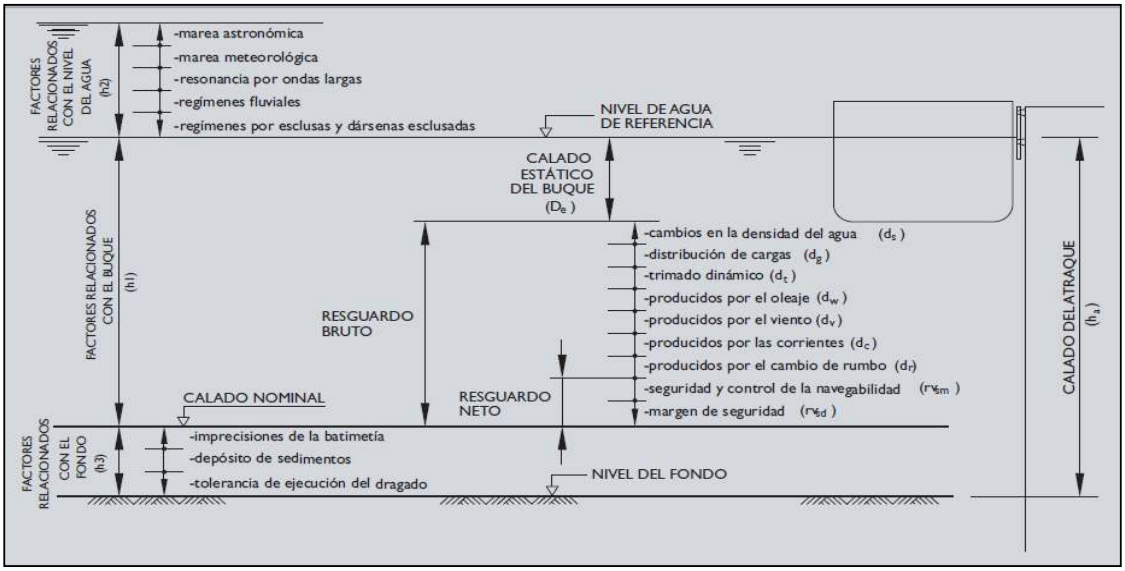
Zona de Estudio



Datos de Referencia de la zona de estudio

Área de Análisis	Tramo V. Recto atrás
Tipo de Área	Area de Maniobra
Zona del área	Aguas interiores
Tipo de Fondo	Suelo Duro (Rocoso)
Profundidad de Referencia (m)	15.5 m
Estado del buque	Navegación

Metodología del Dimensionamiento. ROM 3.1-99



DATOS DEL BUQUE

Tipo de Buque	Portacontenedores
Clase	Panamax

DATOS PRINCIPALES

Lpp	283.00	[m]	Área expuesta al viento	7240.21	[m^2]
Manga	32.20	[m]	Área expuesta al oleaje	3789.50	[m^2]
Calado	13.50	[m]	Brazo de viento	26.78	[m]
Desplazamiento	88519	[t]	Inercia	4.43E+11	[m^4]
Volumen	86360	[m^3]	Area Maestra	980	[m^2]
KG	16.20	[m]	Cb	0.702	[-]
Porcentaje carga	1.00	[-]	Cm	2.256	[-]

CRITERIO DE RIESGO CONSIDERADO

Emax	0.05	[-]

NOTAS

Los datos del buque aquí presentados han sido proporcionados por Royal Caribbean o extraido a partir de las formas del buque y no de ecuaciones empíricas simplificadas.
En particular tienen importancia los datos de Cb, KG, Area Vélica, Brazo de presiones de viento e Inercias

El valor de Emax, relativo al riesgo máximo admisible, se ha definido de acuerdo a ROM 3.1-99, Capítulo 2, Tabla 2.2, considerando "riesgo de destrucción total" y "probabilidad de pérdidas humanas esperable", con una "alta repercusión económica"

FACTORES RELACIONADOS CON EL BUQUE (H1)

CALADO ESTÁTICO

Calado estático considerado	13.50	m

CAMBIOS EN LA DENSIDAD DEL AGUA

Se considera para los cálculos agua salada, con densidad 1025 Kg/m^3

Sobrecalado considerado por cambios en la densidad del agua	0.00	m

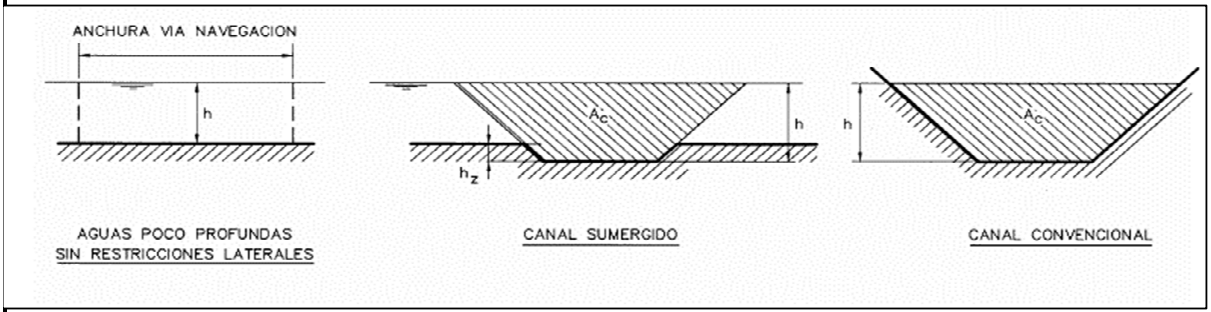
SOBRECALADO POR DISTRIBUCIÓN DE CARGAS

Tipo de buque	Mercantes (PC)	Factor	0.0025	Lpp

Sobrecalado por distribución de cargas	0.71	m

TRIMADO DINAMICO O SQUAT

Tipo de Canal	Convencional



Velocidad de navegación	1.0	[m/s]
Profundidad	9.5	[m]
Nivel media de Agua	6.0	[m]
Fnh	0.081	[-]

Ancho canal	250.0	[m]
Talud (1:x)	5.0	[-]
Talud (°)	11.3	[°]

Area del buque	426	[m^2]
Area del canal	3923	[m^2]
K1	1.000	[-]

S1	0.109	[-]
Ks	1.569	[-]

Sobrecalado por Trimado Dinámico o Squat	0.03	m

MOVIMIENTOS DEL BUQUE PRODUCIDOS POR EL OLEAJE

Hs	0.5	[m]	Dir Navegación	145	[º]
Dir Oleaje	145	[º]	Dir Encuentro	0	[º]

Factor de movimientos de oleaje	c1	0.0000	[m]
Coeficiente mayoración base riesgo	c2	1.950	[-]
Coeficiente por corrección de condición de carga	c3	1.000	[-]
Coeficiente por corrección de velocidad	c4	1.078	[-]
Coeficiente por corrección de profundidad	c5	1.078	[-]
Coeficiente por correción de dirección de encuentro	c6	1.000	[-]
Coeficiente por correción total	ct	2.266	[-]

Movimientos del buque	**0.00**	**m**

ESCORAS DEL BUQUE POR LA ACCIÓN DEL VIENTO

Velocidad Viento	15.4	[m/s]	Velocidad Relativa Long	9.9	[º]
Dirección Viento Absoluta	90	[º]	Velocidad Relativa Trans	12.6	[º]
Rumbo	145	[º]	Dirección Relativa	52.1	[º]
Densidad agua	1.025	[t/m^3]	Densidad aire	0.0013	[t/m^3]
Centro de Deriva	7.4	[m]	Superficie velica	7240.2081	[m^2]
Centro acción del viento	26.8	[m]	Cy Viento	0.73	[-]
dvd	19.4	[m]	Fuerza del viento	56	[t]

Momento de inercia	463793	[m^4]

Distancia vertical entre el centro de gravedad de pesos y el centro de empuje	8.82	[m]
Angulo de escora por viento	0.20	[º]
	0	
Sobrecalado por acción del viento	**0.06**	**m**

ESCORAS DEL BUQUE POR LA ACCIÓN DE LA CORRIENTE

Velocidad corriente	0.05	[m/s]	Velocidad Relativa Long	1.1	[º]
Dirección Corriente Abs	145	[m/s]	Velocidad Relativa Trans	0.0	[º]
Rumbo	145	[º]	Dirección Relativa	0	[º]
Centro acción corriente	7.02	[m]	Cy corriente	2.405	[-]
dcg	9.1825	[m]	Fuerza de la corriente	0	[t]
Densidad agua	1.025	[t/m^3]	Superficie corriente	3820.5	[m^2]

Momento de inercia	463793	[m^4]

Distancia vertical entre el centro de gravedad de pesos y el centro de empuje	8.82	[m]
Angulo de escora por corriente	0.00	[º]
Sobrecalado por acción de la corriente	**0.00**	**m**

ESCORAS DEL BUQUE POR CAMBIOS DE RUMBO

Tipo Canal	Recto

Velocidad del buque	1.0	[m/s]		Centro deriva	8.1	[m]
Radio giro	0	[m]		dcg	8.1	[m]
Masa buque (M+MA)	97370.9	[t]		Densidad agua	1.025	[t/m^3]
Fuerza centrifuga	0	[t]		Momento de inercia	463792.7434	[m^4]

Distancia vertical entre el centro de gravedad de pesos y el centro de empuje	8.82	[m]
Angulo escora	0.00	[º]
Sobrecalado por cambio de rumbo	**0.00**	**m**

RESGUARDO PARA SEGURIDAD Y CONTROL DE MANIOBRABILIDAD DEL BUQUE

Desplazamiento del buque	Gran Desplazamiento (>30.000 t)
Tipo de Fondo	Suelo Duro (Rocoso)
Velocidad del buque	Velocidad limitada (<=8 nudos)

Resgurado de maniobrabilidad	0.30	m
Margen de seguridad	0.60	m
Resguardo de maniobrabilidad y margen de seguridad	0.90	m

FACTOR RELACIONADO CON EL BUQUE TOTAL (H1)

En crujía del buque	**H1=**	**15.13**	**m**
En las bandas del buque	**H1=**	**15.10**	**m**
Factor Relacionado con el Buque Total (H1)	**H1=**	**15.13**	**m**

— Determinación en la crujía del buque:

$$H_1 = D_e + d_s + d_g + d_t + 0.7\ d_w + rv_{sm} + rv_{sd}$$

— Determinación en las bandas de babor o estribor del buque:

$$H_1 = D_e + d_s + d_g + d_t + d_w + d_v + d_c + d_r + 0.7\ .\ rv_{sm} + rv_{sd}$$

FACTORES RELACIONADOS CON EL NIVEL DE LAS AGUAS (H2)

Los factores relacionados con el nivel de las aguas no se contemplan en este análisis ya que el nivel de referenica sobre el que se calculan las profundidades requeridas es:

FACTORES RELACIONADOS CON EL FONDO (H3)

MARGEN PARA IMPRECISIONES DE LA BATIMETRIA

Localización de la zona de navegación	Aguas exteriores	
Tipo de buque de medición	Sin sistemas de compensación del oleaje	
Tolerancia a portado por empresa dragadora (solo si conocida)		m
Margen para imprecisiones en la batimetría	0.16	m

DEPOSITO DE SEDIMENTOS ENTRE DOS CAMPAÑAS DE DRAGADO

En caso de querer considerar deposito de sedimento entre campaña de dragados para evitar aterramientos y reducir labores de mantenimientos se deberá añadir este valor a la profundidad requerida

Deposito de sedimentos	0.00	m

TOLERANCIA DE EJECUCION DEL DRAGADO

Tipo de Suelo	Suelo Duro (Rocoso)	
Tolerancia a portado por empresa dragadora (solo si conocida)		m
Tolerancia de ejecución del dragado	0.50	m

FACTOR RELACIONADO CON EL FONDO TOTAL (H3)

Factores relacionados con el fondo	**H3=**	**0.66**	**m**

Profundidad FInal Requerida (H1+H2+H3)

Esta profundidad ha sido calculada en base a un nivel de referencia correspondiente a la BMVE -0.13 m, cuyo valor estadístico muestra una excedencia del 99% del tiempo

FACTORES RELACIONADOS CON EL BUQUE. TOTAL (H1)	**15.13**	m
FACTORES RELACIONADOS CON EL NIVEL DE AGUA. TOTAL (H2)	**0.00**	m
FACTORES RELACIONADOS CON EL FONDO. TOTAL (H3)	**0.66**	m
PROFUNDIDAD REQUERIDA (BMVM)	**15.79**	m
H/D	**1.17**	

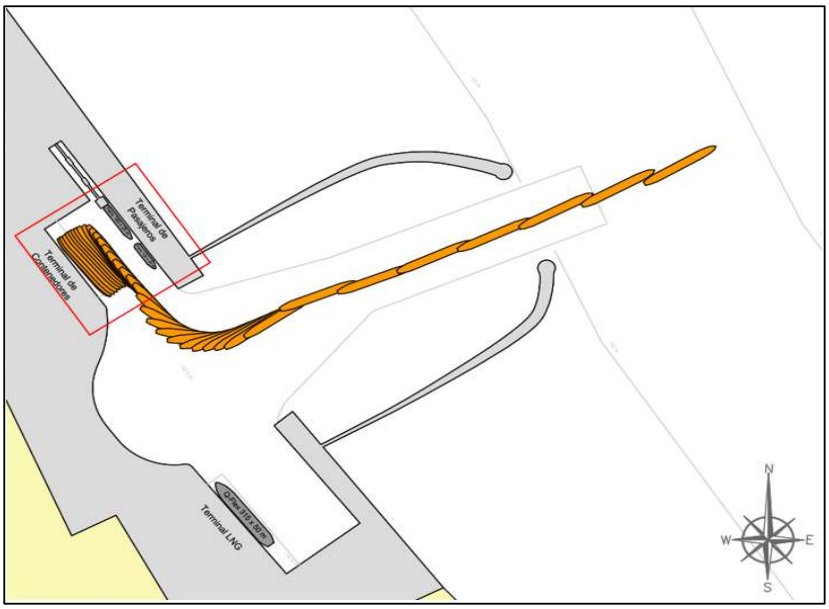
SALIDAS

PORTACONTENEDORES PANAMAX

Dimensionamiento en Alzado

Proyecto	Argentina - Puerto de Tierra de Fuego

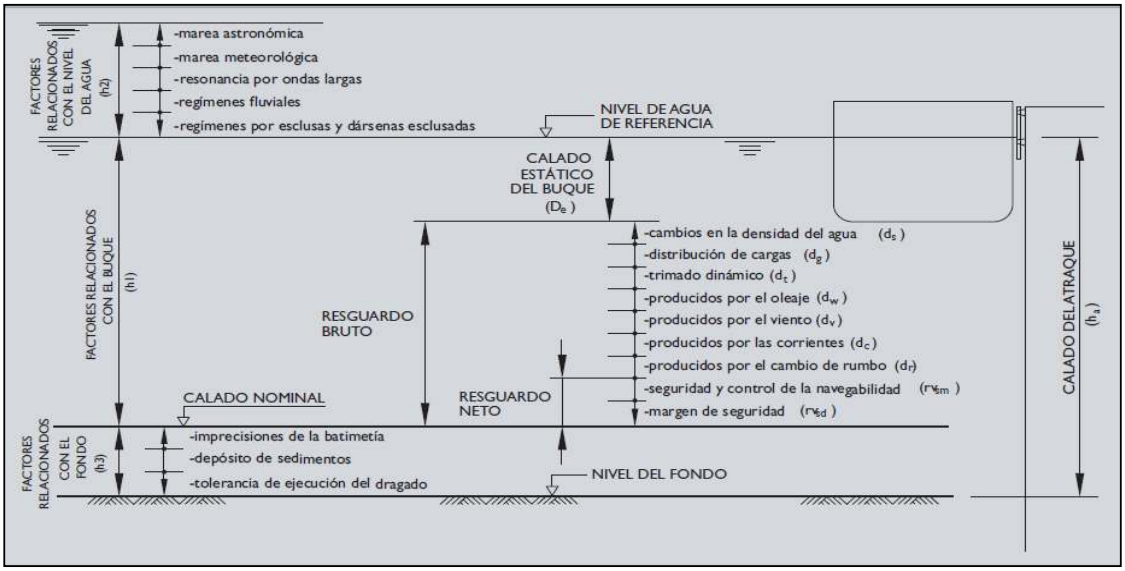
Zona de Estudio



Datos de Referencia de la zona de estudio

Área de Análisis	Tramo I. Recto
Tipo de Área	Area de Maniobra
Zona del área	Aguas interiores
Tipo de Fondo	Suelo Duro (Rocoso)
Profundidad de Referencia (m)	15.5 m
Estado del buque	Navegación

Metodología del Dimensionamiento. ROM 3.1-99



DATOS DEL BUQUE

Tipo de Buque	Portacontenedores
Clase	Panamax

DATOS PRINCIPALES

Lpp	283.00	[m]	Área expuesta al viento	7240.21	[m^2]
Manga	32.20	[m]	Área expuesta al oleaje	3789.50	[m^2]
Calado	13.50	[m]	Brazo de viento	26.78	[m]
Desplazamiento	88519	[t]	Inercia	4.43E+11	[m^4]
Volumen	86360	[m^3]	Area Maestra	980	[m^2]
KG	16.20	[m]	Cb	0.702	[-]
Porcentaje carga	1.00	[-]	Cm	2.256	[-]

CRITERIO DE RIESGO CONSIDERADO

Emax	0.05	[-]

NOTAS

Los datos del buque aquí presentados han sido proporcionados por Royal Caribbean o extraido a partir de las formas del buque y no de ecuaciones empíricas simplificadas.
En particular tienen importancia los datos de Cb, KG, Area Vélica, Brazo de presiones de viento e Inercias

El valor de Emax, relativo al riesgo máximo admisible, se ha definido de acuerdo a ROM 3.1-99, Capítulo 2, Tabla 2.2, considerando "riesgo de destrucción total" y "probabilidad de pérdidas humanas esperable", con una "alta repercusión económica"

FACTORES RELACIONADOS CON EL BUQUE (H1)

CALADO ESTÁTICO

Calado estático considerado	13.50	m

CAMBIOS EN LA DENSIDAD DEL AGUA

Se considera para los cálculos agua salada, con densidad 1025 Kg/m^3

Sobrecalado considerado por cambios en la densidad del agua	0.00	m

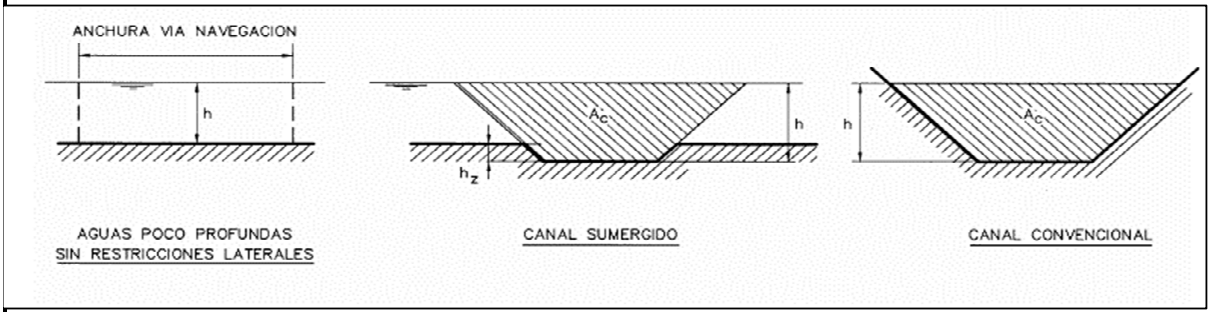
SOBRECALADO POR DISTRIBUCIÓN DE CARGAS

Tipo de buque	Mercantes (PC)	Factor	0.0025	Lpp

Sobrecalado por distribución de cargas	0.71	m

TRIMADO DINAMICO O SQUAT

Tipo de Canal	Convencional



Velocidad de navegación	1.0	[m/s]
Profundidad	9.5	[m]
Nivel media de Agua	6.0	[m]
Fnh	0.081	[-]

Ancho canal	250.0	[m]
Talud (1:x)	5.0	[-]
Talud (°)	11.3	[°]

Area del buque	426	[m^2]
Area del canal	3923	[m^2]
K1	1.000	[-]

S1	0.109	[-]
Ks	1.569	[-]

Sobrecalado por Trimado Dinámico o Squat	0.03	m

MOVIMIENTOS DEL BUQUE PRODUCIDOS POR EL OLEAJE

Hs	0.5	[m]	Dir Navegación	145	[º]
Dir Oleaje	145	[º]	Dir Encuentro	0	[º]

Factor de movimientos de oleaje	c1	0.0000	[m]
Coeficiente mayoración base riesgo	c2	1.950	[-]
Coeficiente por corrección de condición de carga	c3	1.000	[-]
Coeficiente por corrección de velocidad	c4	1.078	[-]
Coeficiente por corrección de profundidad	c5	1.078	[-]
Coeficiente por correción de dirección de encuentro	c6	1.000	[-]
Coeficiente por correción total	ct	2.266	[-]

Movimientos del buque	**0.00**	**m**

ESCORAS DEL BUQUE POR LA ACCIÓN DEL VIENTO

Velocidad Viento	15.4	[m/s]	Velocidad Relativa Long	9.9	[º]
Dirección Viento Absoluta	90	[º]	Velocidad Relativa Trans	12.6	[º]
Rumbo	145	[º]	Dirección Relativa	52.1	[º]
Densidad agua	1.025	[t/m^3]	Densidad aire	0.0013	[t/m^3]
Centro de Deriva	7.4	[m]	Superficie velica	7240.2081	[m^2]
Centro acción del viento	26.8	[m]	Cy Viento	0.73	[-]
dvd	19.4	[m]	Fuerza del viento	56	[t]

Momento de inercia	463793	[m^4]

Distancia vertical entre el centro de gravedad de pesos y el centro de empuje	8.82	[m]
Angulo de escora por viento	0.20	[º]
	0	
Sobrecalado por acción del viento	**0.06**	**m**

ESCORAS DEL BUQUE POR LA ACCIÓN DE LA CORRIENTE

Velocidad corriente	0.05	[m/s]	Velocidad Relativa Long	1.1	[º]
Dirección Corriente Abs	145	[m/s]	Velocidad Relativa Trans	0.0	[º]
Rumbo	145	[º]	Dirección Relativa	0	[º]
Centro acción corriente	7.02	[m]	Cy corriente	2.405	[-]
dcg	9.1825	[m]	Fuerza de la corriente	0	[t]
Densidad agua	1.025	[t/m^3]	Superficie corriente	3820.5	[m^2]

Momento de inercia	463793	[m^4]

Distancia vertical entre el centro de gravedad de pesos y el centro de empuje	8.82	[m]
Angulo de escora por corriente	0.00	[º]
Sobrecalado por acción de la corriente	**0.00**	**m**

ESCORAS DEL BUQUE POR CAMBIOS DE RUMBO

Tipo Canal	Recto

Velocidad del buque	1.0	[m/s]		Centro deriva	8.1	[m]
Radio giro	0	[m]		dcg	8.1	[m]
Masa buque (M+MA)	97370.9	[t]		Densidad agua	1.025	[t/m^3]
Fuerza centrifuga	0	[t]		Momento de inercia	463792.7434	[m^4]

Distancia vertical entre el centro de gravedad de pesos y el centro de empuje	8.82	[m]
Angulo escora	0.00	[º]
Sobrecalado por cambio de rumbo	**0.00**	**m**

RESGUARDO PARA SEGURIDAD Y CONTROL DE MANIOBRABILIDAD DEL BUQUE

Desplazamiento del buque	Gran Desplazamiento (>30.000 t)
Tipo de Fondo	Suelo Duro (Rocoso)
Velocidad del buque	Velocidad limitada (<=8 nudos)

Resgurado de maniobrabilidad	0.30	m
Margen de seguridad	0.60	m
Resguardo de maniobrabilidad y margen de seguridad	0.90	m

FACTOR RELACIONADO CON EL BUQUE TOTAL (H1)

En crujía del buque	**H1=**	**15.13**	**m**
En las bandas del buque	**H1=**	**15.10**	**m**
Factor Relacionado con el Buque Total (H1)	**H1=**	**15.13**	**m**

— Determinación en la crujía del buque:

$$H_1 = D_e + d_s + d_g + d_t + 0.7\ d_w + rv_{sm} + rv_{sd}$$

— Determinación en las bandas de babor o estribor del buque:

$$H_1 = D_e + d_s + d_g + d_t + d_w + d_v + d_c + d_r + 0.7\ .\ rv_{sm} + rv_{sd}$$

FACTORES RELACIONADOS CON EL NIVEL DE LAS AGUAS (H2)

Los factores relacionados con el nivel de las aguas no se contemplan en este análisis ya que el nivel de referenica sobre el que se calculan las profundidades requeridas es:

FACTORES RELACIONADOS CON EL FONDO (H3)

MARGEN PARA IMPRECISIONES DE LA BATIMETRIA

Localización de la zona de navegación	Aguas exteriores	
Tipo de buque de medición	Sin sistemas de compensación del oleaje	
Tolerancia a portado por empresa dragadora (solo si conocida)		m
Margen para imprecisiones en la batimetría	0.16	m

DEPOSITO DE SEDIMENTOS ENTRE DOS CAMPAÑAS DE DRAGADO

En caso de querer considerar deposito de sedimento entre campaña de dragados para evitar aterramientos y reducir labores de mantenimientos se deberá añadir este valor a la profundidad requerida

Deposito de sedimentos	0.00	m

TOLERANCIA DE EJECUCION DEL DRAGADO

Tipo de Suelo	Suelo Duro (Rocoso)	
Tolerancia a portado por empresa dragadora (solo si conocida)		m
Tolerancia de ejecución del dragado	0.50	m

FACTOR RELACIONADO CON EL FONDO TOTAL (H3)

Factores relacionados con el fondo	**H3=**	**0.66**	**m**

Profundidad FInal Requerida (H1+H2+H3)

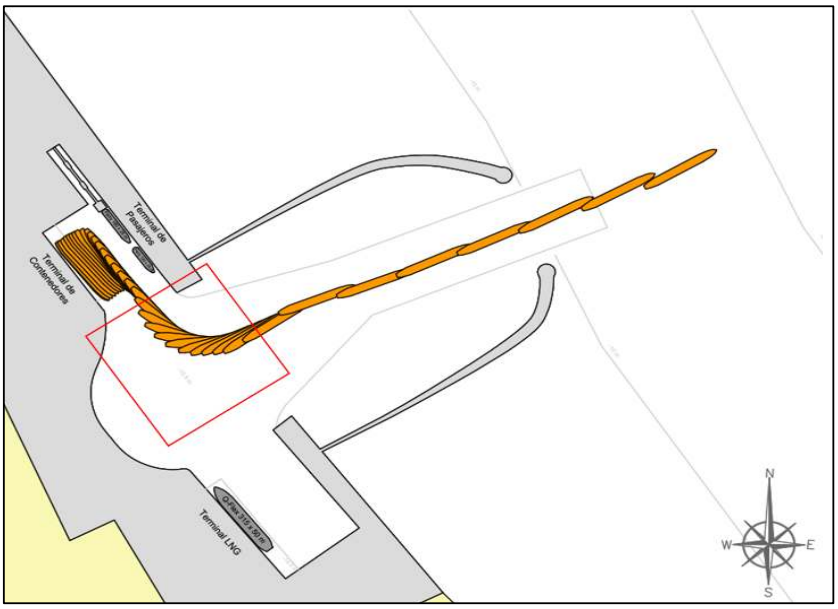
Esta profundidad ha sido calculada en base a un nivel de referencia correspondiente a la BMVE -0.13 m, cuyo valor estadístico muestra una excedencia del 99% del tiempo

FACTORES RELACIONADOS CON EL BUQUE. TOTAL (H1)	**15.13**	m
FACTORES RELACIONADOS CON EL NIVEL DE AGUA. TOTAL (H2)	**0.00**	m
FACTORES RELACIONADOS CON EL FONDO. TOTAL (H3)	**0.66**	m
PROFUNDIDAD REQUERIDA (BMVM)	**15.79**	m
H/D	**1.17**	

Dimensionamiento en Alzado

Proyecto	Argentina - Puerto de Tierra de Fuego

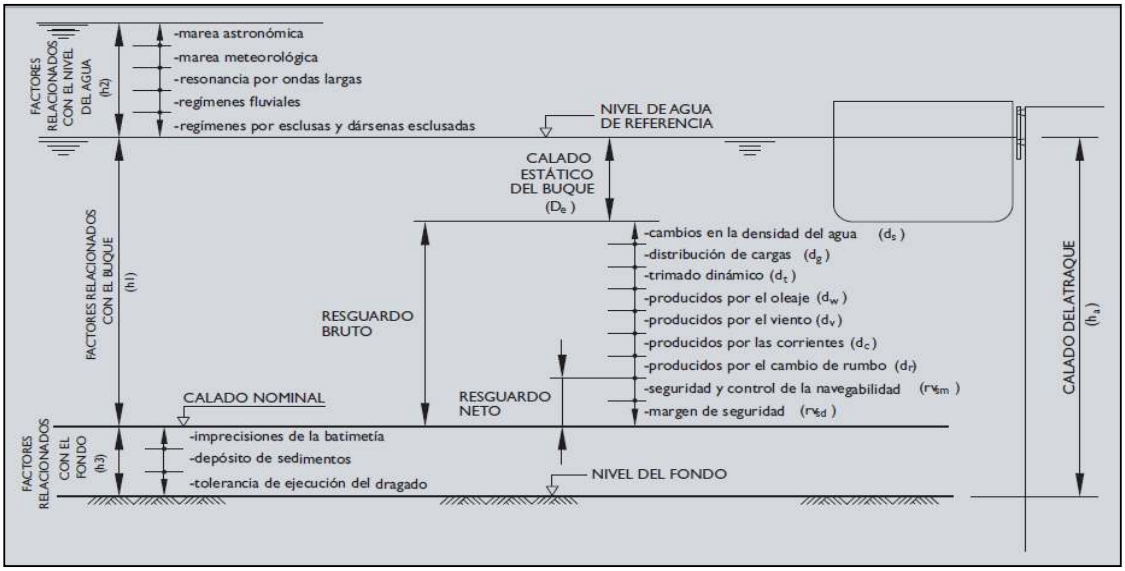
Zona de Estudio



Datos de Referencia de la zona de estudio

Área de Análisis	Tramo II. Curvo
Tipo de Área	Area de Maniobra
Zona del área	Aguas interiores
Tipo de Fondo	Suelo Duro (Rocoso)
Profundidad de Referencia (m)	15.5 m
Estado del buque	Navegación

Metodología del Dimensionamiento. ROM 3.1-99



DATOS DEL BUQUE

Tipo de Buque	Portacontenedores
Clase	Panamax

DATOS PRINCIPALES

Lpp	283.00	[m]	Área expuesta al viento	7240.21	[m^2]
Manga	32.20	[m]	Área expuesta al oleaje	3789.50	[m^2]
Calado	13.50	[m]	Brazo de viento	26.78	[m]
Desplazamiento	88519	[t]	Inercia	4.43E+11	[m^4]
Volumen	86360	[m^3]	Area Maestra	980	[m^2]
KG	16.20	[m]	Cb	0.702	[-]
Porcentaje carga	1.00	[-]	Cm	2.256	[-]

CRITERIO DE RIESGO CONSIDERADO

Emax	0.05	[-]

NOTAS

Los datos del buque aquí presentados han sido proporcionados por Royal Caribbean o extraido a partir de las formas del buque y no de ecuaciones empíricas simplificadas.
En particular tienen importancia los datos de Cb, KG, Area Vélica, Brazo de presiones de viento e Inercias

El valor de Emax, relativo al riesgo máximo admisible, se ha definido de acuerdo a ROM 3.1-99, Capítulo 2, Tabla 2.2, considerando "riesgo de destrucción total" y "probabilidad de pérdidas humanas esperable", con una "alta repercusión económica"

FACTORES RELACIONADOS CON EL BUQUE (H1)

CALADO ESTÁTICO

Calado estático considerado	13.50	m

CAMBIOS EN LA DENSIDAD DEL AGUA

Se considera para los cálculos agua salada, con densidad 1025 Kg/m^3

Sobrecalado considerado por cambios en la densidad del agua	0.00	m

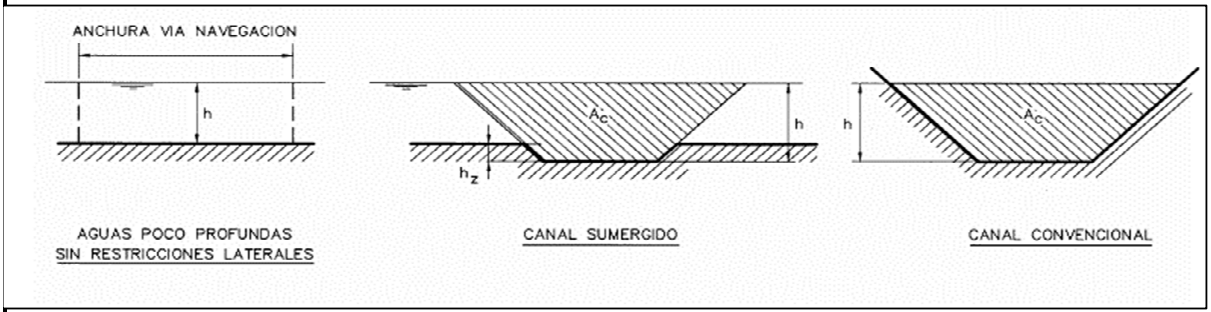
SOBRECALADO POR DISTRIBUCIÓN DE CARGAS

Tipo de buque	Mercantes (PC)	Factor	0.0025	Lpp

Sobrecalado por distribución de cargas	0.71	m

TRIMADO DINAMICO O SQUAT

Tipo de Canal	Convencional



Velocidad de navegación	1.0	[m/s]
Profundidad	9.5	[m]
Nivel media de Agua	6.0	[m]
Fnh	0.081	[-]

Ancho canal	250.0	[m]
Talud (1:x)	5.0	[-]
Talud (°)	11.3	[°]

Area del buque	426	[m^2]
Area del canal	3923	[m^2]
K1	1.000	[-]

S1	0.109	[-]
Ks	1.569	[-]

Sobrecalado por Trimado Dinámico o Squat	0.03	m

MOVIMIENTOS DEL BUQUE PRODUCIDOS POR EL OLEAJE

Hs	0.5	[m]	Dir Navegación	60	[º]
Dir Oleaje	250	[º]	Dir Encuentro	10	[º]

Factor de movimientos de oleaje	c1	0.0000	[m]
Coeficiente mayoración base riesgo	c2	1.950	[-]
Coeficiente por corrección de condición de carga	c3	1.000	[-]
Coeficiente por corrección de velocidad	c4	1.078	[-]
Coeficiente por corrección de profundidad	c5	1.078	[-]
Coeficiente por correción de dirección de encuentro	c6	1.000	[-]
Coeficiente por correción total	ct	2.266	[-]

Movimientos del buque	**0.00**	**m**

ESCORAS DEL BUQUE POR LA ACCIÓN DEL VIENTO

Velocidad Viento	15.4	[m/s]	Velocidad Relativa Long	5.0	[º]
Dirección Viento Absoluta	135	[º]	Velocidad Relativa Trans	-14.9	[º]
Rumbo	60	[º]	Dirección Relativa	71.5	[º]
Densidad agua	1.025	[t/m^3]	Densidad aire	0.0013	[t/m^3]
Centro de Deriva	7.4	[m]	Superficie velica	7240.2081	[m^2]
Centro acción del viento	26.8	[m]	Cy Viento	0.73	[-]
dvd	19.4	[m]	Fuerza del viento	78	[t]

Momento de inercia	463793	[m^4]

Distancia vertical entre el centro de gravedad de pesos y el centro de empuje	8.82	[m]
Angulo de escora por viento	0.28	[º]
	0	
Sobrecalado por acción del viento	**0.08**	**m**

ESCORAS DEL BUQUE POR LA ACCIÓN DE LA CORRIENTE

Velocidad corriente	0.05	[m/s]	Velocidad Relativa Long	1.0	[º]
Dirección Corriente Abs	250	[m/s]	Velocidad Relativa Trans	0.0	[º]
Rumbo	60	[º]	Dirección Relativa	1	[º]
Centro acción corriente	7.02	[m]	Cy corriente	2.405	[-]
dcg	9.1825	[m]	Fuerza de la corriente	0	[t]
Densidad agua	1.025	[t/m^3]	Superficie corriente	3820.5	[m^2]

Momento de inercia	463793	[m^4]

Distancia vertical entre el centro de gravedad de pesos y el centro de empuje	8.82	[m]
Angulo de escora por corriente	0.00	[º]
Sobrecalado por acción de la corriente	**0.00**	**m**

ESCORAS DEL BUQUE POR CAMBIOS DE RUMBO

Tipo Canal	Recto

Velocidad del buque	1.0	[m/s]		Centro deriva	8.1	[m]
Radio giro	0	[m]		dcg	8.1	[m]
Masa buque (M+MA)	97370.9	[t]		Densidad agua	1.025	[t/m^3]
Fuerza centrifuga	0	[t]		Momento de inercia	463792.7434	[m^4]

Distancia vertical entre el centro de gravedad de pesos y el centro de empuje	8.82	[m]
Angulo escora	0.00	[º]
Sobrecalado por cambio de rumbo	**0.00**	**m**

RESGUARDO PARA SEGURIDAD Y CONTROL DE MANIOBRABILIDAD DEL BUQUE

Desplazamiento del buque	Gran Desplazamiento (>30.000 t)
Tipo de Fondo	Suelo Duro (Rocoso)
Velocidad del buque	Velocidad limitada (<=8 nudos)

Resgurado de maniobrabilidad	0.30	m
Margen de seguridad	0.60	m
Resguardo de maniobrabilidad y margen de seguridad	0.90	m

FACTOR RELACIONADO CON EL BUQUE TOTAL (H1)

En crujía del buque	**H1=**	**15.13**	**m**
En las bandas del buque	**H1=**	**15.12**	**m**
Factor Relacionado con el Buque Total (H1)	**H1=**	**15.13**	**m**

— Determinación en la crujía del buque:

$$H_1 = D_e + d_s + d_g + d_t + 0.7\ d_w + rv_{sm} + rv_{sd}$$

— Determinación en las bandas de babor o estribor del buque:

$$H_1 = D_e + d_s + d_g + d_t + d_w + d_v + d_c + d_r + 0.7\ .\ rv_{sm} + rv_{sd}$$

FACTORES RELACIONADOS CON EL NIVEL DE LAS AGUAS (H2)

Los factores relacionados con el nivel de las aguas no se contemplan en este análisis ya que el nivel de referenica sobre el que se calculan las profundidades requeridas es:

FACTORES RELACIONADOS CON EL FONDO (H3)

MARGEN PARA IMPRECISIONES DE LA BATIMETRIA

Localización de la zona de navegación	Aguas exteriores	
Tipo de buque de medición	Sin sistemas de compensación del oleaje	
Tolerancia a portado por empresa dragadora (solo si conocida)		m
Margen para imprecisiones en la batimetría	0.16	m

DEPOSITO DE SEDIMENTOS ENTRE DOS CAMPAÑAS DE DRAGADO

En caso de querer considerar deposito de sedimento entre campaña de dragados para evitar aterramientos y reducir labores de mantenimientos se deberá añadir este valor a la profundidad requerida

Deposito de sedimentos	0.00	m

TOLERANCIA DE EJECUCION DEL DRAGADO

Tipo de Suelo	Suelo Duro (Rocoso)	
Tolerancia a portado por empresa dragadora (solo si conocida)		m
Tolerancia de ejecución del dragado	0.50	m

FACTOR RELACIONADO CON EL FONDO TOTAL (H3)

Factores relacionados con el fondo	**H3=**	**0.66**	**m**

Profundidad FInal Requerida (H1+H2+H3)

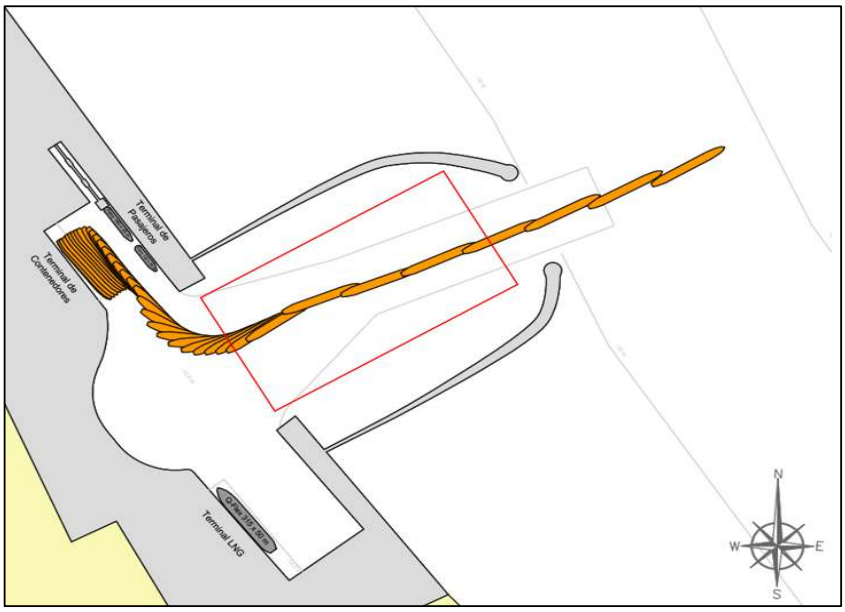
Esta profundidad ha sido calculada en base a un nivel de referencia correspondiente a la BMVE -0.13 m, cuyo valor estadístico muestra una excedencia del 99% del tiempo

FACTORES RELACIONADOS CON EL BUQUE. TOTAL (H1)	**15.13**	m
FACTORES RELACIONADOS CON EL NIVEL DE AGUA. TOTAL (H2)	**0.00**	m
FACTORES RELACIONADOS CON EL FONDO. TOTAL (H3)	**0.66**	m
PROFUNDIDAD REQUERIDA (BMVM)	**15.79**	m
H/D	**1.17**	

Dimensionamiento en Alzado

Proyecto	Argentina - Puerto de Tierra de Fuego

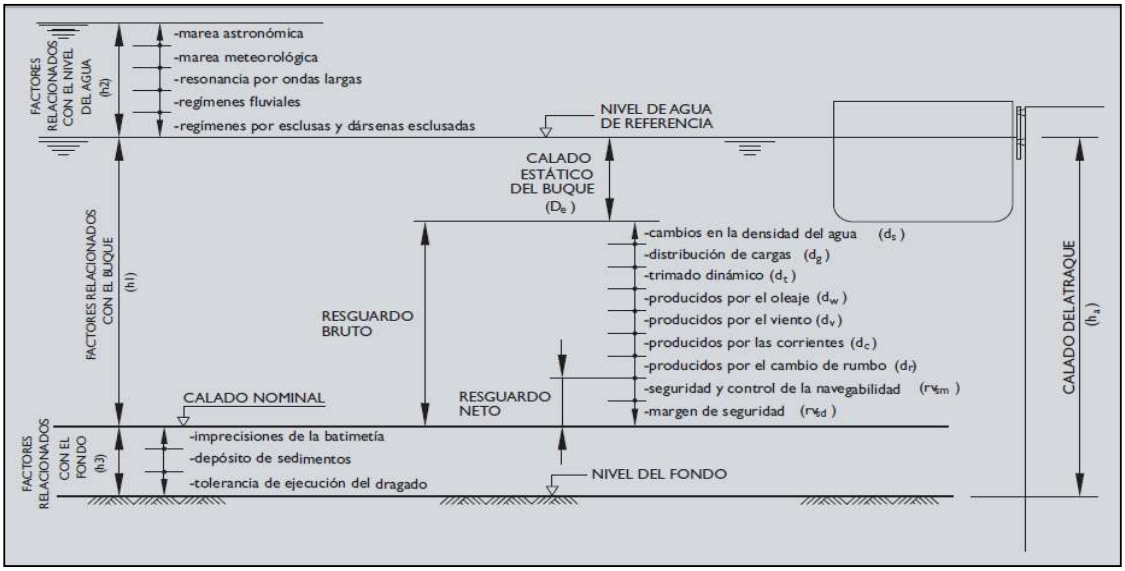
Zona de Estudio



Datos de Referencia de la zona de estudio

Área de Análisis	Tramo III. Recto
Tipo de Área	Canal de Acceso
Zona del área	Aguas interiores
Tipo de Fondo	Suelo Duro (Rocoso)
Profundidad de Referencia (m)	16 m
Estado del buque	Navegación

Metodología del Dimensionamiento. ROM 3.1-99



DATOS DEL BUQUE

Tipo de Buque	Portacontenedores
Clase	Panamax

DATOS PRINCIPALES

Lpp	283.00	[m]	Área expuesta al viento	7240.21	[m^2]
Manga	32.20	[m]	Área expuesta al oleaje	3789.50	[m^2]
Calado	13.50	[m]	Brazo de viento	26.78	[m]
Desplazamiento	88519	[t]	Inercia	4.43E+11	[m^4]
Volumen	86360	[m^3]	Area Maestra	980	[m^2]
KG	16.20	[m]	Cb	0.702	[-]
Porcentaje carga	1.00	[-]	Cm	2.256	[-]

CRITERIO DE RIESGO CONSIDERADO

Emax	0.05	[-]

NOTAS

Los datos del buque aquí presentados han sido proporcionados por Royal Caribbean o extraido a partir de las formas del buque y no de ecuaciones empíricas simplificadas.
En particular tienen importancia los datos de Cb, KG, Area Vélica, Brazo de presiones de viento e Inercias

El valor de Emax, relativo al riesgo máximo admisible, se ha definido de acuerdo a ROM 3.1-99, Capítulo 2, Tabla 2.2, considerando "riesgo de destrucción total" y "probabilidad de pérdidas humanas esperable", con una "alta repercusión económica"

FACTORES RELACIONADOS CON EL BUQUE (H1)

CALADO ESTÁTICO

Calado estático considerado	13.50	m

CAMBIOS EN LA DENSIDAD DEL AGUA

Se considera para los cálculos agua salada, con densidad 1025 Kg/m^3

Sobrecalado considerado por cambios en la densidad del agua	0.00	m

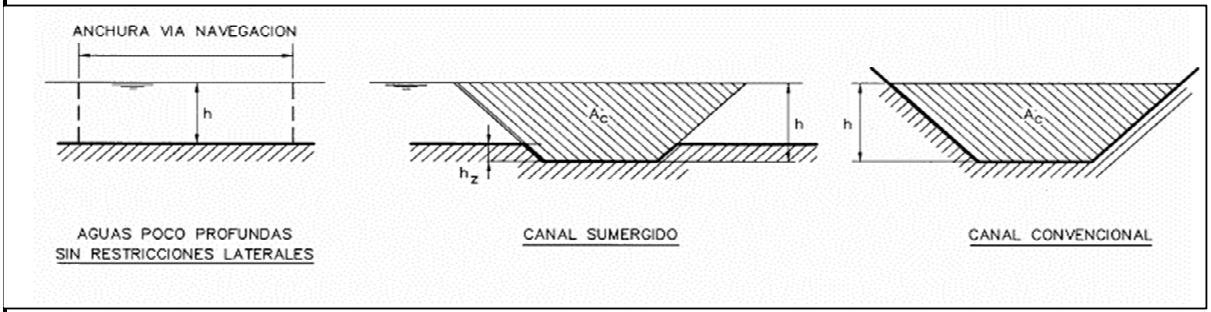
SOBRECALADO POR DISTRIBUCIÓN DE CARGAS

Tipo de buque	Mercantes (PC)	Factor	0.0025	Lpp

Sobrecalado por distribución de cargas	0.71	m

TRIMADO DINAMICO O SQUAT

Tipo de Canal	Convencional



Velocidad de navegación	3.0	[m/s]
Profundidad	10.0	[m]
Nivel media de Agua	6.0	[m]
Fnh	0.239	[-]

Ancho canal	250.0	[m]
Talud (1:x)	5.0	[-]
Talud (°)	11.3	[°]

Area del buque	426	[m^2]
Area del canal	4051	[m^2]
K1	1.000	[-]

S1	0.105	[-]
Ks	1.543	[-]

Sobrecalado por Trimado Dinámico o Squat	0.24	m

MOVIMIENTOS DEL BUQUE PRODUCIDOS POR EL OLEAJE

Hs	1.0	[m]	Dir Navegación	60	[º]
Dir Oleaje	250	[º]	Dir Encuentro	10	[º]

Factor de movimientos de oleaje	c1	0.0102	[m]
Coeficiente mayoración base riesgo	c2	1.950	[-]
Coeficiente por corrección de condición de carga	c3	1.000	[-]
Coeficiente por corrección de velocidad	c4	1.339	[-]
Coeficiente por corrección de profundidad	c5	1.070	[-]
Coeficiente por correción de dirección de encuentro	c6	1.000	[-]
Coeficiente por correción total	ct	2.795	[-]

Movimientos del buque	**0.03**	**m**

ESCORAS DEL BUQUE POR LA ACCIÓN DEL VIENTO

Velocidad Viento	15.4	[m/s]	Velocidad Relativa Long	7.0	[º]
Dirección Viento Absoluta	135	[º]	Velocidad Relativa Trans	-14.9	[º]
Rumbo	60	[º]	Dirección Relativa	64.9	[º]
Densidad agua	1.025	[t/m^3]	Densidad aire	0.0013	[t/m^3]
Centro de Deriva	7.4	[m]	Superficie velica	7240.2081	[m^2]
Centro acción del viento	26.8	[m]	Cy Viento	0.73	[-]
dvd	19.4	[m]	Fuerza del viento	78	[t]

Momento de inercia	463793	[m^4]

Distancia vertical entre el centro de gravedad de pesos y el centro de empuje	8.82	[m]
Angulo de escora por viento	0.28	[º]
	0	
Sobrecalado por acción del viento	**0.08**	**m**

ESCORAS DEL BUQUE POR LA ACCIÓN DE LA CORRIENTE

Velocidad corriente	0.10	[m/s]	Velocidad Relativa Long	2.9	[º]
Dirección Corriente Abs	250	[m/s]	Velocidad Relativa Trans	0.0	[º]
Rumbo	60	[º]	Dirección Relativa	0	[º]
Centro acción corriente	7.02	[m]	Cy corriente	2.367	[-]
dcg	9.1825	[m]	Fuerza de la corriente	0	[t]
Densidad agua	1.025	[t/m^3]	Superficie corriente	3820.5	[m^2]

Momento de inercia	463793	[m^4]

Distancia vertical entre el centro de gravedad de pesos y el centro de empuje	8.82	[m]
Angulo de escora por corriente	0.00	[º]
Sobrecalado por acción de la corriente	**0.00**	**m**

ESCORAS DEL BUQUE POR CAMBIOS DE RUMBO

Tipo Canal	Recto

Velocidad del buque	3.0	[m/s]		Centro deriva	8.1	[m]
Radio giro	0	[m]		dcg	8.1	[m]
Masa buque (M+MA)	97370.9	[t]		Densidad agua	1.025	[t/m^3]
Fuerza centrifuga	0	[t]		Momento de inercia	463792.7434	[m^4]

Distancia vertical entre el centro de gravedad de pesos y el centro de empuje	8.82	[m]
Angulo escora	0.00	[º]
Sobrecalado por cambio de rumbo	**0.00**	**m**

RESGUARDO PARA SEGURIDAD Y CONTROL DE MANIOBRABILIDAD DEL BUQUE

Desplazamiento del buque	Gran Desplazamiento (>30.000 t)
Tipo de Fondo	Suelo Duro (Rocoso)
Velocidad del buque	Velocidad limitada (<=8 nudos)

Resgurado de maniobrabilidad	0.30	m
Margen de seguridad	0.60	m
Resguardo de maniobrabilidad y margen de seguridad	0.90	m

FACTOR RELACIONADO CON EL BUQUE TOTAL (H1)

En crujía del buque	**H1=**	**15.36**	**m**
En las bandas del buque	**H1=**	**15.36**	**m**
Factor Relacionado con el Buque Total (H1)	**H1=**	**15.36**	**m**

— Determinación en la crujía del buque:

$$H_1 = D_e + d_s + d_g + d_t + 0.7\ d_w + rv_{sm} + rv_{sd}$$

— Determinación en las bandas de babor o estribor del buque:

$$H_1 = D_e + d_s + d_g + d_t + d_w + d_v + d_c + d_r + 0.7\ .\ rv_{sm} + rv_{sd}$$

FACTORES RELACIONADOS CON EL NIVEL DE LAS AGUAS (H2)

Los factores relacionados con el nivel de las aguas no se contemplan en este análisis ya que el nivel de referenica sobre el que se calculan las profundidades requeridas es:

FACTORES RELACIONADOS CON EL FONDO (H3)

MARGEN PARA IMPRECISIONES DE LA BATIMETRIA

Localización de la zona de navegación	Aguas exteriores	
Tipo de buque de medición	Sin sistemas de compensación del oleaje	
Tolerancia a portado por empresa dragadora (solo si conocida)		m
Margen para imprecisiones en la batimetría	0.16	m

DEPOSITO DE SEDIMENTOS ENTRE DOS CAMPAÑAS DE DRAGADO

En caso de querer considerar deposito de sedimento entre campaña de dragados para evitar aterramientos y reducir labores de mantenimientos se deberá añadir este valor a la profundidad requerida

Deposito de sedimentos	0.00	m

TOLERANCIA DE EJECUCION DEL DRAGADO

Tipo de Suelo	Suelo Duro (Rocoso)	
Tolerancia a portado por empresa dragadora (solo si conocida)		m
Tolerancia de ejecución del dragado	0.50	m

FACTOR RELACIONADO CON EL FONDO TOTAL (H3)

Factores relacionados con el fondo	**H3=**	**0.66**	**m**

Profundidad FInal Requerida (H1+H2+H3)

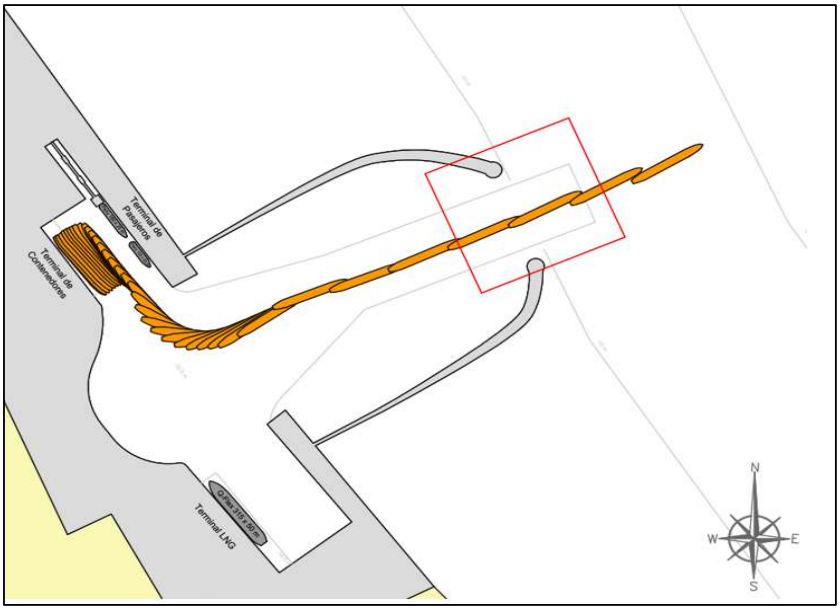
Esta profundidad ha sido calculada en base a un nivel de referencia correspondiente a la BMVE -0.13 m, cuyo valor estadístico muestra una excedencia del 99% del tiempo

FACTORES RELACIONADOS CON EL BUQUE. TOTAL (H1)	**15.36**	m
FACTORES RELACIONADOS CON EL NIVEL DE AGUA. TOTAL (H2)	**0.00**	m
FACTORES RELACIONADOS CON EL FONDO. TOTAL (H3)	**0.66**	m
PROFUNDIDAD REQUERIDA (BMVM)	**16.02**	m
H/D	**1.19**	

Dimensionamiento en Alzado

Proyecto	Argentina - Puerto de Tierra de Fuego

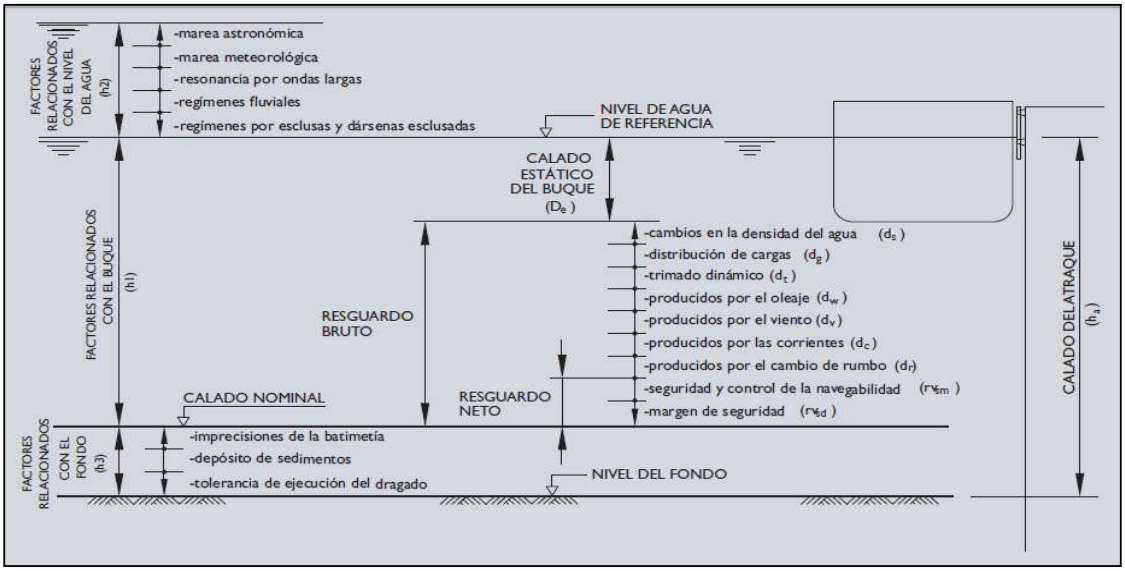
Zona de Estudio



Datos de Referencia de la zona de estudio

Área de Análisis	Tramo IV. Recto (Paso por la bocana)
Tipo de Área	Canal de Acceso
Zona del área	Aguas interiores
Tipo de Fondo	Suelo Duro (Rocoso)
Profundidad de Referencia (m)	16.75 m
Estado del buque	Navegación

Metodología del Dimensionamiento. ROM 3.1-99



DATOS DEL BUQUE

Tipo de Buque	Portacontenedores
Clase	Panamax

DATOS PRINCIPALES

Lpp	283.00	[m]	Área expuesta al viento	7240.21	[m^2]
Manga	32.20	[m]	Área expuesta al oleaje	3789.50	[m^2]
Calado	13.50	[m]	Brazo de viento	26.78	[m]
Desplazamiento	88519	[t]	Inercia	4.43E+11	[m^4]
Volumen	86360	[m^3]	Area Maestra	980	[m^2]
KG	16.20	[m]	Cb	0.702	[-]
Porcentaje carga	1.00	[-]	Cm	2.256	[-]

CRITERIO DE RIESGO CONSIDERADO

Emax	0.05	[-]

NOTAS

Los datos del buque aquí presentados han sido proporcionados por Royal Caribbean o extraido a partir de las formas del buque y no de ecuaciones empíricas simplificadas.
En particular tienen importancia los datos de Cb, KG, Area Vélica, Brazo de presiones de viento e Inercias

El valor de Emax, relativo al riesgo máximo admisible, se ha definido de acuerdo a ROM 3.1-99, Capítulo 2, Tabla 2.2, considerando "riesgo de destrucción total" y "probabilidad de pérdidas humanas esperable", con una "alta repercusión económica"

FACTORES RELACIONADOS CON EL BUQUE (H1)

CALADO ESTÁTICO

Calado estático considerado	13.50	m

CAMBIOS EN LA DENSIDAD DEL AGUA

Se considera para los cálculos agua salada, con densidad 1025 Kg/m^3

Sobrecalado considerado por cambios en la densidad del agua	0.00	m

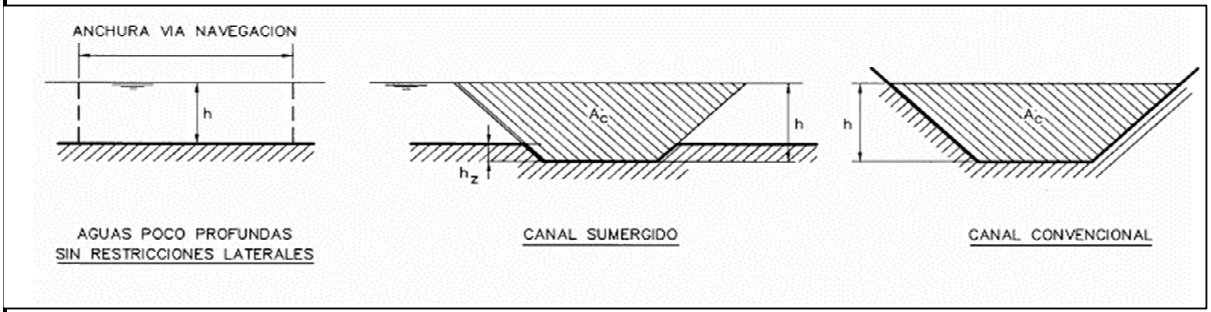
SOBRECALADO POR DISTRIBUCIÓN DE CARGAS

Tipo de buque	Mercantes (PC)	Factor	0.0025	Lpp

Sobrecalado por distribución de cargas	0.71	m

TRIMADO DINAMICO O SQUAT

Tipo de Canal	Convencional



Velocidad de navegación	5.0	[m/s]
Profundidad	10.8	[m]
Nivel media de Agua	6.0	[m]
Fnh	0.390	[-]

Ancho canal	250.0	[m]
Talud (1:x)	5.0	[-]
Talud (°)	11.3	[°]

Area del buque	426	[m^2]
Area del canal	4244	[m^2]
K1	1.000	[-]

S1	0.100	[-]
Ks	1.508	[-]

Sobrecalado por Trimado Dinámico o Squat	0.64	m

MOVIMIENTOS DEL BUQUE PRODUCIDOS POR EL OLEAJE

Hs	1.0	[m]	Dir Navegación	60	[º]
Dir Oleaje	250	[º]	Dir Encuentro	10	[º]

Factor de movimientos de oleaje	c1	0.0102	[m]
Coeficiente mayoración base riesgo	c2	1.950	[-]
Coeficiente por corrección de condición de carga	c3	1.000	[-]
Coeficiente por corrección de velocidad	c4	1.350	[-]
Coeficiente por corrección de profundidad	c5	1.058	[-]
Coeficiente por correción de dirección de encuentro	c6	1.000	[-]
Coeficiente por correción total	ct	2.784	[-]

Movimientos del buque	**0.03**	**m**

ESCORAS DEL BUQUE POR LA ACCIÓN DEL VIENTO

Velocidad Viento	15.4	[m/s]	Velocidad Relativa Long	9.0	[º]
Dirección Viento Absoluta	135	[º]	Velocidad Relativa Trans	-14.9	[º]
Rumbo	60	[º]	Dirección Relativa	58.9	[º]
Densidad agua	1.025	[t/m^3]	Densidad aire	0.0013	[t/m^3]
Centro de Deriva	7.4	[m]	Superficie velica	7240.2081	[m^2]
Centro acción del viento	26.8	[m]	Cy Viento	0.73	[-]
dvd	19.4	[m]	Fuerza del viento	78	[t]

Momento de inercia	463793	[m^4]

Distancia vertical entre el centro de gravedad de pesos y el centro de empuje	8.82	[m]
Angulo de escora por viento	0.28	[º]
	0	
Sobrecalado por acción del viento	**0.08**	**m**

ESCORAS DEL BUQUE POR LA ACCIÓN DE LA CORRIENTE

Velocidad corriente	0.10	[m/s]	Velocidad Relativa Long	4.9	[º]
Dirección Corriente Abs	250	[m/s]	Velocidad Relativa Trans	0.0	[º]
Rumbo	60	[º]	Dirección Relativa	0	[º]
Centro acción corriente	7.02	[m]	Cy corriente	2.309	[-]
dcg	9.1825	[m]	Fuerza de la corriente	0	[t]
Densidad agua	1.025	[t/m^3]	Superficie corriente	3820.5	[m^2]

Momento de inercia	463793	[m^4]

Distancia vertical entre el centro de gravedad de pesos y el centro de empuje	8.82	[m]
Angulo de escora por corriente	0.00	[º]
Sobrecalado por acción de la corriente	**0.00**	**m**

ESCORAS DEL BUQUE POR CAMBIOS DE RUMBO

Tipo Canal	Recto

Velocidad del buque	5.0	[m/s]		Centro deriva	8.1	[m]
Radio giro	0	[m]		dcg	8.1	[m]
Masa buque (M+MA)	97370.9	[t]		Densidad agua	1.025	[t/m^3]
Fuerza centrifuga	0	[t]		Momento de inercia	463792.7434	[m^4]

Distancia vertical entre el centro de gravedad de pesos y el centro de empuje	8.82	[m]
Angulo escora	0.00	[º]
Sobrecalado por cambio de rumbo	**0.00**	**m**

RESGUARDO PARA SEGURIDAD Y CONTROL DE MANIOBRABILIDAD DEL BUQUE

Desplazamiento del buque	Gran Desplazamiento (>30.000 t)
Tipo de Fondo	Suelo Duro (Rocoso)
Velocidad del buque	Velocidad no limitada (>8 nudos)

Resgurado de maniobrabilidad	0.60	m
Margen de seguridad	0.60	m
Resguardo de maniobrabilidad y margen de seguridad	1.20	m

FACTOR RELACIONADO CON EL BUQUE TOTAL (H1)

En crujía del buque	**H1=**	**16.07**	**m**
En las bandas del buque	**H1=**	**15.98**	**m**
Factor Relacionado con el Buque Total (H1)	**H1=**	**16.07**	**m**

— Determinación en la crujía del buque:

$$H_1 = D_e + d_s + d_g + d_t + 0.7\ d_w + rv_{sm} + rv_{sd}$$

— Determinación en las bandas de babor o estribor del buque:

$$H_1 = D_e + d_s + d_g + d_t + d_w + d_v + d_c + d_r + 0.7\ .\ rv_{sm} + rv_{sd}$$

FACTORES RELACIONADOS CON EL NIVEL DE LAS AGUAS (H2)

Los factores relacionados con el nivel de las aguas no se contemplan en este análisis ya que el nivel de referenica sobre el que se calculan las profundidades requeridas es:

FACTORES RELACIONADOS CON EL FONDO (H3)

MARGEN PARA IMPRECISIONES DE LA BATIMETRIA

Localización de la zona de navegación	Aguas exteriores	
Tipo de buque de medición	Sin sistemas de compensación del oleaje	
Tolerancia a portado por empresa dragadora (solo si conocida)		m
Margen para imprecisiones en la batimetría	0.17	m

DEPOSITO DE SEDIMENTOS ENTRE DOS CAMPAÑAS DE DRAGADO

En caso de querer considerar deposito de sedimento entre campaña de dragados para evitar aterramientos y reducir labores de mantenimientos se deberá añadir este valor a la profundidad requerida

Deposito de sedimentos	0.00	m

TOLERANCIA DE EJECUCION DEL DRAGADO

Tipo de Suelo	Suelo Duro (Rocoso)	
Tolerancia a portado por empresa dragadora (solo si conocida)		m
Tolerancia de ejecución del dragado	0.50	m

FACTOR RELACIONADO CON EL FONDO TOTAL (H3)

Factores relacionados con el fondo	**H3=**	**0.67**	**m**

Profundidad FInal Requerida (H1+H2+H3)

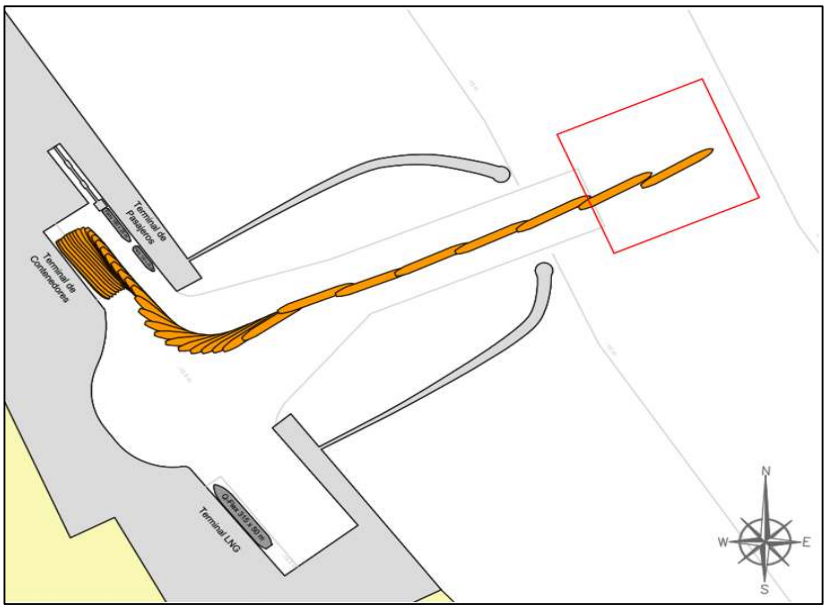
Esta profundidad ha sido calculada en base a un nivel de referencia correspondiente a la BMVE -0.13 m, cuyo valor estadístico muestra una excedencia del 99% del tiempo

FACTORES RELACIONADOS CON EL BUQUE. TOTAL (H1)	**16.07**	m
FACTORES RELACIONADOS CON EL NIVEL DE AGUA. TOTAL (H2)	**0.00**	m
FACTORES RELACIONADOS CON EL FONDO. TOTAL (H3)	**0.67**	m
PROFUNDIDAD REQUERIDA (BMVM)	**16.74**	m
H/D	**1.24**	

Dimensionamiento en Alzado

Proyecto	Argentina - Puerto de Tierra de Fuego

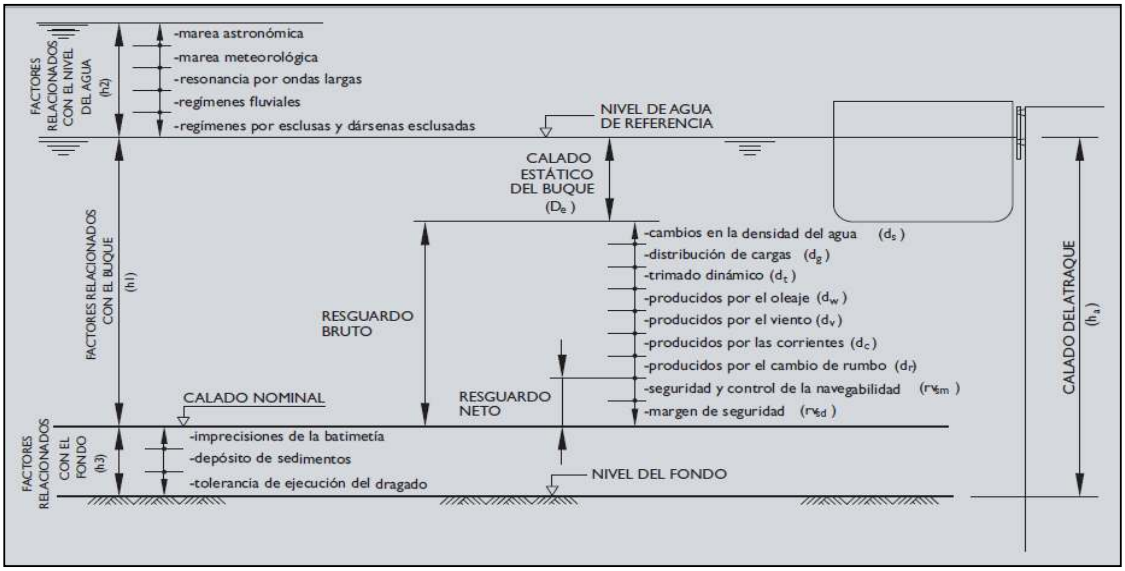
Zona de Estudio



Datos de Referencia de la zona de estudio

Área de Análisis	Tramo V. Recto Exterior
Tipo de Área	Canal de Acceso
Zona del área	Aguas exteriores
Tipo de Fondo	Suelo Duro (Rocoso)
Profundidad de Referencia (m)	16.75 m
Estado del buque	Navegación

Metodología del Dimensionamiento. ROM 3.1-99



DATOS DEL BUQUE

Tipo de Buque	Portacontenedores
Clase	Panamax

DATOS PRINCIPALES

Lpp	283.00	[m]	Área expuesta al viento	7240.21	[m^2]
Manga	32.20	[m]	Área expuesta al oleaje	3789.50	[m^2]
Calado	13.50	[m]	Brazo de viento	26.78	[m]
Desplazamiento	88519	[t]	Inercia	4.43E+11	[m^4]
Volumen	86360	[m^3]	Area Maestra	980	[m^2]
KG	16.20	[m]	Cb	0.702	[-]
Porcentaje carga	1.00	[-]	Cm	2.256	[-]

CRITERIO DE RIESGO CONSIDERADO

Emax	0.05	[-]

NOTAS

Los datos del buque aquí presentados han sido proporcionados por Royal Caribbean o extraido a partir de las formas del buque y no de ecuaciones empíricas simplificadas.
En particular tienen importancia los datos de Cb, KG, Area Vélica, Brazo de presiones de viento e Inercias

El valor de Emax, relativo al riesgo máximo admisible, se ha definido de acuerdo a ROM 3.1-99, Capítulo 2, Tabla 2.2, considerando "riesgo de destrucción total" y "probabilidad de pérdidas humanas esperable", con una "alta repercusión económica"

FACTORES RELACIONADOS CON EL BUQUE (H1)

CALADO ESTÁTICO

Calado estático considerado	13.50	m

CAMBIOS EN LA DENSIDAD DEL AGUA

Se considera para los cálculos agua salada, con densidad 1025 Kg/m^3

Sobrecalado considerado por cambios en la densidad del agua	0.00	m

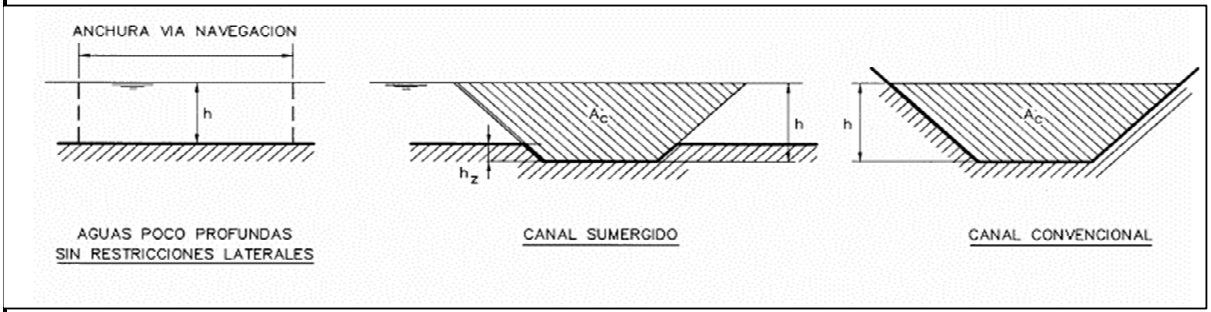
SOBRECALADO POR DISTRIBUCIÓN DE CARGAS

Tipo de buque	Mercantes (PC)	Factor	0.0025	Lpp

Sobrecalado por distribución de cargas	0.71	m

TRIMADO DINAMICO O SQUAT

Tipo de Canal	Convencional



Velocidad de navegación	4.0	[m/s]
Profundidad	10.8	[m]
Nivel media de Agua	6.0	[m]
Fnh	0.312	[-]

Ancho canal	250.0	[m]
Talud (1:x)	5.0	[-]
Talud (°)	11.3	[°]

Area del buque	426	[m^2]
Area del canal	4244	[m^2]
K1	1.000	[-]

S1	0.100	[-]
Ks	1.508	[-]

Sobrecalado por Trimado Dinámico o Squat	0.40	m

MOVIMIENTOS DEL BUQUE PRODUCIDOS POR EL OLEAJE

Hs	2.0	[m]	Dir Navegación	60	[º]
Dir Oleaje	135	[º]	Dir Encuentro	75	[º]

Factor de movimientos de oleaje	c1	0.1770	[m]
Coeficiente mayoración base riesgo	c2	1.950	[-]
Coeficiente por corrección de condición de carga	c3	1.000	[-]
Coeficiente por corrección de velocidad	c4	1.350	[-]
Coeficiente por corrección de profundidad	c5	1.058	[-]
Coeficiente por correción de dirección de encuentro	c6	1.618	[-]
Coeficiente por correción total	ct	4.505	[-]

Movimientos del buque	**0.80**	**m**

ESCORAS DEL BUQUE POR LA ACCIÓN DEL VIENTO

Velocidad Viento	15.4	[m/s]	Velocidad Relativa Long	8.0	[º]
Dirección Viento Absoluta	135	[º]	Velocidad Relativa Trans	-14.9	[º]
Rumbo	60	[º]	Dirección Relativa	61.8	[º]
Densidad agua	1.025	[t/m^3]	Densidad aire	0.0013	[t/m^3]
Centro de Deriva	7.4	[m]	Superficie velica	7240.2081	[m^2]
Centro acción del viento	26.8	[m]	Cy Viento	0.73	[-]
dvd	19.4	[m]	Fuerza del viento	78	[t]

Momento de inercia	463793	[m^4]

Distancia vertical entre el centro de gravedad de pesos y el centro de empuje	8.82	[m]
Angulo de escora por viento	0.28	[º]
	0	
Sobrecalado por acción del viento	**0.08**	**m**

ESCORAS DEL BUQUE POR LA ACCIÓN DE LA CORRIENTE

Velocidad corriente	0.40	[m/s]	Velocidad Relativa Long	4.1	[º]
Dirección Corriente Abs	135	[m/s]	Velocidad Relativa Trans	-0.4	[º]
Rumbo	60	[º]	Dirección Relativa	5	[º]
Centro acción corriente	7.02	[m]	Cy corriente	2.309	[-]
dcg	9.1825	[m]	Fuerza de la corriente	69	[t]
Densidad agua	1.025	[t/m^3]	Superficie corriente	3820.5	[m^2]

Momento de inercia	463793	[m^4]

Distancia vertical entre el centro de gravedad de pesos y el centro de empuje	8.82	[m]
Angulo de escora por corriente	0.12	[º]
Sobrecalado por acción de la corriente	**0.03**	**m**

ESCORAS DEL BUQUE POR CAMBIOS DE RUMBO

Tipo Canal	Recto

Velocidad del buque	4.0	[m/s]		Centro deriva	8.1	[m]
Radio giro	0	[m]		dcg	8.1	[m]
Masa buque (M+MA)	97370.9	[t]		Densidad agua	1.025	[t/m^3]
Fuerza centrifuga	0	[t]		Momento de inercia	463792.7434	[m^4]

Distancia vertical entre el centro de gravedad de pesos y el centro de empuje	8.82	[m]
Angulo escora	0.00	[º]
Sobrecalado por cambio de rumbo	**0.00**	**m**

RESGUARDO PARA SEGURIDAD Y CONTROL DE MANIOBRABILIDAD DEL BUQUE

Desplazamiento del buque	Gran Desplazamiento (>30.000 t)
Tipo de Fondo	Suelo Duro (Rocoso)
Velocidad del buque	Velocidad no limitada (>8 nudos)

Resgurado de maniobrabilidad	0.60	m
Margen de seguridad	0.60	m
Resguardo de maniobrabilidad y margen de seguridad	1.20	m

FACTOR RELACIONADO CON EL BUQUE TOTAL (H1)

En crujía del buque	**H1=**	**16.37**	**m**
En las bandas del buque	**H1=**	**16.54**	**m**
Factor Relacionado con el Buque Total (H1)	**H1=**	**16.54**	**m**

— Determinación en la crujía del buque:

$$H_1 = D_e + d_s + d_g + d_t + 0.7\ d_w + rv_{sm} + rv_{sd}$$

— Determinación en las bandas de babor o estribor del buque:

$$H_1 = D_e + d_s + d_g + d_t + d_w + d_v + d_c + d_r + 0.7\ .\ rv_{sm} + rv_{sd}$$

FACTORES RELACIONADOS CON EL NIVEL DE LAS AGUAS (H2)

Los factores relacionados con el nivel de las aguas no se contemplan en este análisis ya que el nivel de referenica sobre el que se calculan las profundidades requeridas es:

FACTORES RELACIONADOS CON EL FONDO (H3)

MARGEN PARA IMPRECISIONES DE LA BATIMETRIA

Localización de la zona de navegación	Aguas exteriores	
Tipo de buque de medición	Sin sistemas de compensación del oleaje	
Tolerancia a portado por empresa dragadora (solo si conocida)		m
Margen para imprecisiones en la batimetría	0.17	m

DEPOSITO DE SEDIMENTOS ENTRE DOS CAMPAÑAS DE DRAGADO

En caso de querer considerar deposito de sedimento entre campaña de dragados para evitar aterramientos y reducir labores de mantenimientos se deberá añadir este valor a la profundidad requerida

Deposito de sedimentos	0.00	m

TOLERANCIA DE EJECUCION DEL DRAGADO

Tipo de Suelo	Suelo Duro (Rocoso)	
Tolerancia a portado por empresa dragadora (solo si conocida)		m
Tolerancia de ejecución del dragado	0.50	m

FACTOR RELACIONADO CON EL FONDO TOTAL (H3)

Factores relacionados con el fondo	**H3=**	**0.67**	**m**

Profundidad FInal Requerida (H1+H2+H3)

Esta profundidad ha sido calculada en base a un nivel de referencia correspondiente a la BMVE -0.13 m, cuyo valor estadístico muestra una excedencia del 99% del tiempo

FACTORES RELACIONADOS CON EL BUQUE. TOTAL (H1)	**16.54**	m
FACTORES RELACIONADOS CON EL NIVEL DE AGUA. TOTAL (H2)	**0.00**	m
FACTORES RELACIONADOS CON EL FONDO. TOTAL (H3)	**0.67**	m
PROFUNDIDAD REQUERIDA (BMVM)	**17.21**	m
H/D	**1.27**	

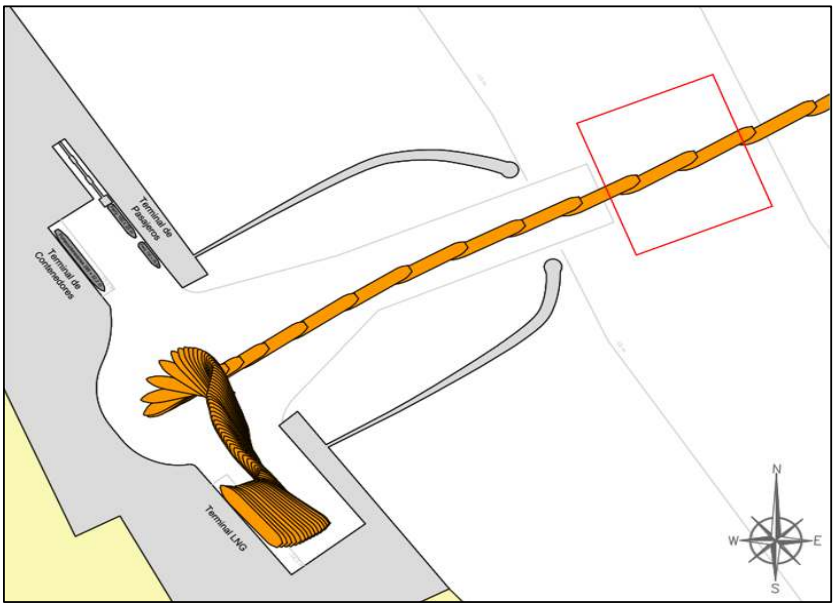
DAS

METANERO Q-FLEX

Dimensionamiento en Alzado

Proyecto	Argentina - Puerto de Tierra de Fuego

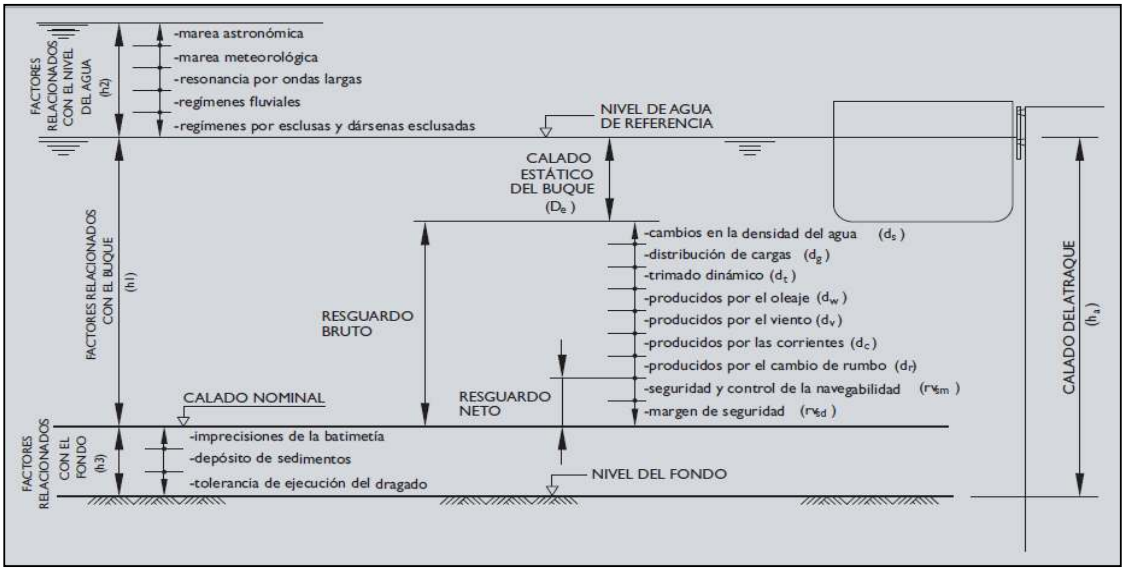
Zona de Estudio



Datos de Referencia de la zona de estudio

Área de Análisis	Tramo I. Recto
Tipo de Área	Canal de Acceso
Zona del área	Aguas exteriores
Tipo de Fondo	Suelo Duro (Rocoso)
Profundidad de Referencia (m)	26 m
Estado del buque	Navegación

Metodología del Dimensionamiento. ROM 3.1-99



DATOS DEL BUQUE

Tipo de Buque	Gasero
Clase	Q-Flex

DATOS PRINCIPALES

Lpp	302.00	[m]	Área expuesta al viento	9428.22	[m^2]
Manga	50.00	[m]	Área expuesta al oleaje	2864.33	[m^2]
Calado	9.30	[m]	Brazo de viento	25.10	[m]
Desplazamiento	108340	[t]	Inercia	6.18E+11	[m^4]
Volumen	105698	[m^3]	Area Maestra	980	[m^2]
KG	20.34	[m]	Cb	0.753	[-]
Porcentaje carga	1.00	[-]	Cm	2.109	[-]

CRITERIO DE RIESGO CONSIDERADO

Emax	0.05	[-]

NOTAS

Los datos del buque aquí presentados han sido proporcionados por Royal Caribbean o extraido a partir de las formas del buque y no de ecuaciones empíricas simplificadas.
En particular tienen importancia los datos de Cb, KG, Area Vélica, Brazo de presiones de viento e Inercias

El valor de Emax, relativo al riesgo máximo admisible, se ha definido de acuerdo a ROM 3.1-99, Capítulo 2, Tabla 2.2, considerando "riesgo de destrucción total" y "probabilidad de pérdidas humanas esperable", con una "alta repercusión económica"

FACTORES RELACIONADOS CON EL BUQUE (H1)

CALADO ESTÁTICO

Calado estático considerado	9.30	m

CAMBIOS EN LA DENSIDAD DEL AGUA

Se considera para los cálculos agua salada, con densidad 1025 Kg/m^3

Sobrecalado considerado por cambios en la densidad del agua	0.00	m

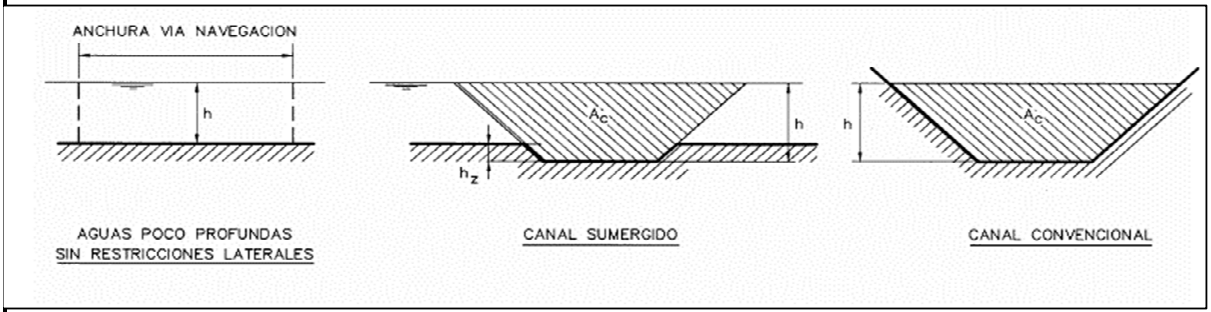
SOBRECALADO POR DISTRIBUCIÓN DE CARGAS

Tipo de buque	Mercantes (PC)	Factor	0.0025	Lpp

Sobrecalado por distribución de cargas	0.76	m

TRIMADO DINAMICO O SQUAT

Tipo de Canal	Convencional



Velocidad de navegación	5.0	[m/s]
Profundidad	20.0	[m]
Nivel media de Agua	6.0	[m]
Fnh	0.313	[-]

Ancho canal	250.0	[m]
Talud (1:x)	5.0	[-]
Talud (°)	11.3	[°]

Area del buque	456	[m^2]
Area del canal	6635	[m^2]
K1	1.000	[-]

S1	0.069	[-]
Ks	1.272	[-]

Sobrecalado por Trimado Dinámico o Squat	0.37	m

MOVIMIENTOS DEL BUQUE PRODUCIDOS POR EL OLEAJE

Hs	2.0	[m]	Dir Navegación	250	[º]
Dir Oleaje	135	[º]	Dir Encuentro	65	[º]

Factor de movimientos de oleaje	c1	0.1590	[m]
Coeficiente mayoración base riesgo	c2	1.950	[-]
Coeficiente por corrección de condición de carga	c3	1.000	[-]
Coeficiente por corrección de velocidad	c4	1.350	[-]
Coeficiente por corrección de profundidad	c5	1.000	[-]
Coeficiente por correción de dirección de encuentro	c6	1.564	[-]
Coeficiente por correción total	ct	4.116	[-]

Movimientos del buque	**0.65**	**m**

ESCORAS DEL BUQUE POR LA ACCIÓN DEL VIENTO

Velocidad Viento	15.4	[m/s]	Velocidad Relativa Long	11.5	[º]
Dirección Viento Absoluta	135	[º]	Velocidad Relativa Trans	14.0	[º]
Rumbo	250	[º]	Dirección Relativa	50.5	[º]
Densidad agua	1.025	[t/m^3]	Densidad aire	0.0013	[t/m^3]
Centro de Deriva	5.1	[m]	Superficie velica	9428.2186	[m^2]
Centro acción del viento	25.1	[m]	Cy Viento	0.73	[-]
dvd	20.0	[m]	Fuerza del viento	89	[t]

Momento de inercia	1853049	[m^4]

Distancia vertical entre el centro de gravedad de pesos y el centro de empuje	15.30	[m]
Angulo de escora por viento	0.42	[º]
	0	
Sobrecalado por acción del viento	**0.18**	**m**

ESCORAS DEL BUQUE POR LA ACCIÓN DE LA CORRIENTE

Velocidad corriente	0.40	[m/s]	Velocidad Relativa Long	4.8	[º]
Dirección Corriente Abs	135	[m/s]	Velocidad Relativa Trans	0.4	[º]
Rumbo	250	[º]	Dirección Relativa	4	[º]
Centro acción corriente	4.69	[m]	Cy corriente	1.597	[-]
dcg	15.6525	[m]	Fuerza de la corriente	31	[t]
Densidad agua	1.025	[t/m^3]	Superficie corriente	2808.6	[m^2]

Momento de inercia	1853049	[m^4]

Distancia vertical entre el centro de gravedad de pesos y el centro de empuje	15.30	[m]
Angulo de escora por corriente	0.11	[º]
Sobrecalado por acción de la corriente	**0.05**	**m**

ESCORAS DEL BUQUE POR CAMBIOS DE RUMBO

Tipo Canal	Recto

Velocidad del buque	5.0	[m/s]		Centro deriva	5.58	[m]
Radio giro	0	[m]		dcg	14.7636	[m]
Masa buque (M+MA)	119174	[t]		Densidad agua	1.025	[t/m^3]
Fuerza centrifuga	0	[t]		Momento de inercia	1853048.792	[m^4]

Distancia vertical entre el centro de gravedad de pesos y el centro de empuje	15.30	[m]
Angulo escora	0.00	[º]
Sobrecalado por cambio de rumbo	**0.00**	**m**

RESGUARDO PARA SEGURIDAD Y CONTROL DE MANIOBRABILIDAD DEL BUQUE

Desplazamiento del buque	Gran Desplazamiento (>30.000 t)
Tipo de Fondo	Suelo Duro (Rocoso)
Velocidad del buque	Velocidad no limitada (>8 nudos)

Resgurado de maniobrabilidad	0.60	m
Margen de seguridad	0.60	m
Resguardo de maniobrabilidad y margen de seguridad	1.20	m

FACTOR RELACIONADO CON EL BUQUE TOTAL (H1)

En crujía del buque	**H1=**	**12.08**	**m**
En las bandas del buque	**H1=**	**12.33**	**m**
Factor Relacionado con el Buque Total (H1)	**H1=**	**12.33**	**m**

— Determinación en la crujía del buque:

$$H_1 = D_e + d_s + d_g + d_t + 0.7\ d_w + rv_{sm} + rv_{sd}$$

— Determinación en las bandas de babor o estribor del buque:

$$H_1 = D_e + d_s + d_g + d_t + d_w + d_v + d_c + d_r + 0.7\ .\ rv_{sm} + rv_{sd}$$

FACTORES RELACIONADOS CON EL NIVEL DE LAS AGUAS (H2)

Los factores relacionados con el nivel de las aguas no se contemplan en este análisis ya que el nivel de referenica sobre el que se calculan las profundidades requeridas es:

FACTORES RELACIONADOS CON EL FONDO (H3)

MARGEN PARA IMPRECISIONES DE LA BATIMETRIA

Localización de la zona de navegación	Aguas exteriores	
Tipo de buque de medición	Sin sistemas de compensación del oleaje	
Tolerancia a portado por empresa dragadora (solo si conocida)		m
Margen para imprecisiones en la batimetría	0.51	m

DEPOSITO DE SEDIMENTOS ENTRE DOS CAMPAÑAS DE DRAGADO

En caso de querer considerar deposito de sedimento entre campaña de dragados para evitar aterramientos y reducir labores de mantenimientos se deberá añadir este valor a la profundidad requerida

Deposito de sedimentos	0.00	m

TOLERANCIA DE EJECUCION DEL DRAGADO

Tipo de Suelo	Suelo Duro (Rocoso)	
Tolerancia a portado por empresa dragadora (solo si conocida)		m
Tolerancia de ejecución del dragado	0.00	m

FACTOR RELACIONADO CON EL FONDO TOTAL (H3)

Factores relacionados con el fondo	**H3=**	**0.51**	**m**

Profundidad FInal Requerida (H1+H2+H3)

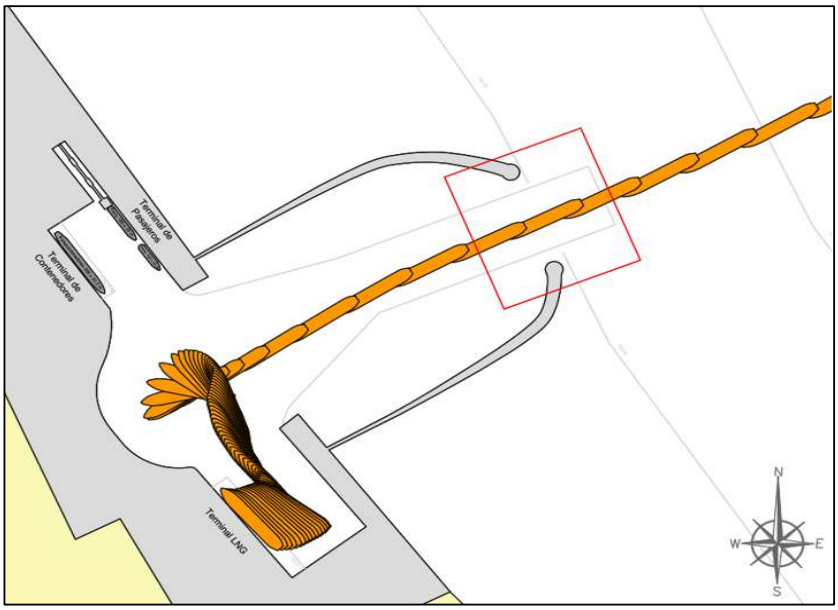
Esta profundidad ha sido calculada en base a un nivel de referencia correspondiente a la BMVE -0.13 m, cuyo valor estadístico muestra una excedencia del 99% del tiempo

FACTORES RELACIONADOS CON EL BUQUE. TOTAL (H1)	**12.33**	m
FACTORES RELACIONADOS CON EL NIVEL DE AGUA. TOTAL (H2)	**0.00**	m
FACTORES RELACIONADOS CON EL FONDO. TOTAL (H3)	**0.51**	m
PROFUNDIDAD REQUERIDA (BMVM)	**12.84**	m
H/D	**1.38**	

Dimensionamiento en Alzado

Proyecto	Argentina - Puerto de Tierra de Fuego

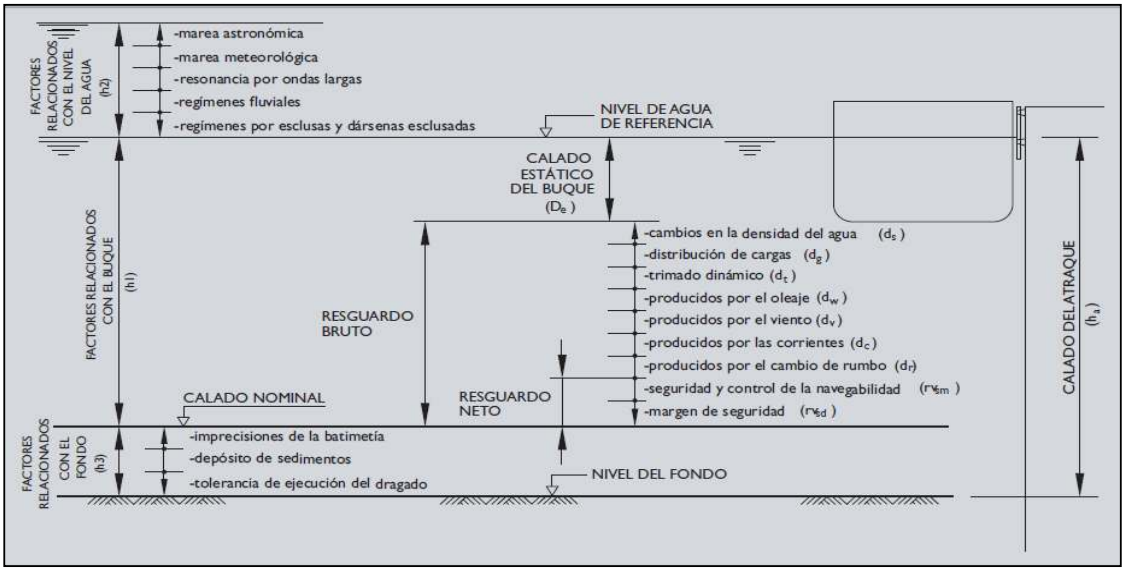
Zona de Estudio



Datos de Referencia de la zona de estudio

Área de Análisis	Tramo II. Recto
Tipo de Área	Canal de Acceso
Zona del área	Aguas interiores
Tipo de Fondo	Suelo Duro (Rocoso)
Profundidad de Referencia (m)	16.75 m
Estado del buque	Navegación

Metodología del Dimensionamiento. ROM 3.1-99



DATOS DEL BUQUE

Tipo de Buque	Portacontenedores
Clase	Panamax

DATOS PRINCIPALES

Lpp	302.00	[m]	Área expuesta al viento	9428.22	[m^2]
Manga	50.00	[m]	Área expuesta al oleaje	2864.33	[m^2]
Calado	9.30	[m]	Brazo de viento	25.10	[m]
Desplazamiento	108340	[t]	Inercia	6.18E+11	[m^4]
Volumen	105698	[m^3]	Area Maestra	980	[m^2]
KG	20.34	[m]	Cb	0.753	[-]
Porcentaje carga	1.00	[-]	Cm	2.109	[-]

CRITERIO DE RIESGO CONSIDERADO

Emax	0.05	[-]

NOTAS

Los datos del buque aquí presentados han sido proporcionados por Royal Caribbean o extraido a partir de las formas del buque y no de ecuaciones empíricas simplificadas.
En particular tienen importancia los datos de Cb, KG, Area Vélica, Brazo de presiones de viento e Inercias

El valor de Emax, relativo al riesgo máximo admisible, se ha definido de acuerdo a ROM 3.1-99, Capítulo 2, Tabla 2.2, considerando "riesgo de destrucción total" y "probabilidad de pérdidas humanas esperable", con una "alta repercusión económica"

FACTORES RELACIONADOS CON EL BUQUE (H1)

CALADO ESTÁTICO

Calado estático considerado	9.30	m

CAMBIOS EN LA DENSIDAD DEL AGUA

Se considera para los cálculos agua salada, con densidad 1025 Kg/m^3

Sobrecalado considerado por cambios en la densidad del agua	0.00	m

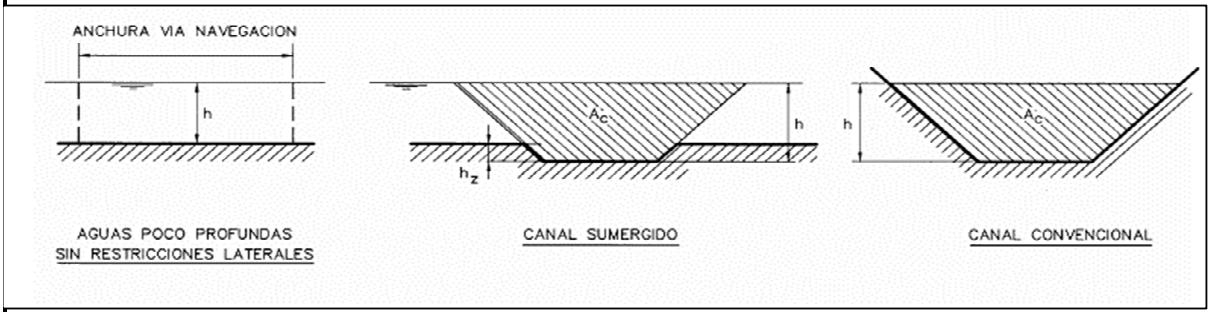
SOBRECALADO POR DISTRIBUCIÓN DE CARGAS

Tipo de buque	Mercantes (PC)	Factor	0.0025	Lpp

Sobrecalado por distribución de cargas	0.76	m

TRIMADO DINAMICO O SQUAT

Tipo de Canal	Convencional



Velocidad de navegación	5.0	[m/s]
Profundidad	10.8	[m]
Nivel media de Agua	6.0	[m]
Fnh	0.390	[-]

Ancho canal	250.0	[m]
Talud (1:x)	5.0	[-]
Talud (°)	11.3	[°]

Area del buque	456	[m^2]
Area del canal	4244	[m^2]
K1	1.000	[-]

S1	0.107	[-]
Ks	1.560	[-]

Sobrecalado por Trimado Dinámico o Squat	0.72	m

MOVIMIENTOS DEL BUQUE PRODUCIDOS POR EL OLEAJE

Hs	1.0	[m]	Dir Navegación	250	[º]
Dir Oleaje	250	[º]	Dir Encuentro	0	[º]

Factor de movimientos de oleaje	c1	0.0000	[m]
Coeficiente mayoración base riesgo	c2	1.950	[-]
Coeficiente por corrección de condición de carga	c3	1.000	[-]
Coeficiente por corrección de velocidad	c4	1.350	[-]
Coeficiente por corrección de profundidad	c5	1.000	[-]
Coeficiente por correción de dirección de encuentro	c6	1.000	[-]
Coeficiente por correción total	ct	2.633	[-]

Movimientos del buque	**0.00**	**m**

ESCORAS DEL BUQUE POR LA ACCIÓN DEL VIENTO

Velocidad Viento	15.4	[m/s]	Velocidad Relativa Long	-1.5	[º]
Dirección Viento Absoluta	135	[º]	Velocidad Relativa Trans	14.0	[º]
Rumbo	250	[º]	Dirección Relativa	96.2	[º]
Densidad agua	1.025	[t/m^3]	Densidad aire	0.0013	[t/m^3]
Centro de Deriva	5.1	[m]	Superficie velica	9428.2186	[m^2]
Centro acción del viento	25.1	[m]	Cy Viento	0.73	[-]
dvd	20.0	[m]	Fuerza del viento	89	[t]

Momento de inercia	1853049	[m^4]

Distancia vertical entre el centro de gravedad de pesos y el centro de empuje	15.30	[m]
Angulo de escora por viento	0.42	[º]
	0	
Sobrecalado por acción del viento	**0.18**	**m**

ESCORAS DEL BUQUE POR LA ACCIÓN DE LA CORRIENTE

Velocidad corriente	0.10	[m/s]	Velocidad Relativa Long	5.1	[º]
Dirección Corriente Abs	250	[m/s]	Velocidad Relativa Trans	0.0	[º]
Rumbo	250	[º]	Dirección Relativa	0	[º]
Centro acción corriente	4.69	[m]	Cy corriente	2.309	[-]
dcg	15.6525	[m]	Fuerza de la corriente	0	[t]
Densidad agua	1.025	[t/m^3]	Superficie corriente	2808.6	[m^2]

Momento de inercia	1853049	[m^4]

Distancia vertical entre el centro de gravedad de pesos y el centro de empuje	15.30	[m]
Angulo de escora por corriente	0.00	[º]
Sobrecalado por acción de la corriente	**0.00**	**m**

ESCORAS DEL BUQUE POR CAMBIOS DE RUMBO

Tipo Canal	Recto

Velocidad del buque	5.0	[m/s]		Centro deriva	5.58	[m]
Radio giro	0	[m]		dcg	14.7636	[m]
Masa buque (M+MA)	119174	[t]		Densidad agua	1.025	[t/m^3]
Fuerza centrifuga	0	[t]		Momento de inercia	1853048.792	[m^4]

Distancia vertical entre el centro de gravedad de pesos y el centro de empuje	15.30	[m]
Angulo escora	0.00	[º]
Sobrecalado por cambio de rumbo	**0.00**	**m**

RESGUARDO PARA SEGURIDAD Y CONTROL DE MANIOBRABILIDAD DEL BUQUE

Desplazamiento del buque	Gran Desplazamiento (>30.000 t)
Tipo de Fondo	Suelo Duro (Rocoso)
Velocidad del buque	Velocidad no limitada (>8 nudos)

Resgurado de maniobrabilidad	0.60	m
Margen de seguridad	0.60	m
Resguardo de maniobrabilidad y margen de seguridad	1.20	m

FACTOR RELACIONADO CON EL BUQUE TOTAL (H1)

En crujía del buque	**H1=**	**11.97**	**m**
En las bandas del buque	**H1=**	**11.98**	**m**
Factor Relacionado con el Buque Total (H1)	**H1=**	**11.98**	**m**

— Determinación en la crujía del buque:

$$H_1 = D_e + d_s + d_g + d_t + 0.7\ d_w + rv_{sm} + rv_{sd}$$

— Determinación en las bandas de babor o estribor del buque:

$$H_1 = D_e + d_s + d_g + d_t + d_w + d_v + d_c + d_r + 0.7\ .\ rv_{sm} + rv_{sd}$$

FACTORES RELACIONADOS CON EL NIVEL DE LAS AGUAS (H2)

Los factores relacionados con el nivel de las aguas no se contemplan en este análisis ya que el nivel de referenica sobre el que se calculan las profundidades requeridas es:

FACTORES RELACIONADOS CON EL FONDO (H3)

MARGEN PARA IMPRECISIONES DE LA BATIMETRIA

Localización de la zona de navegación	Aguas exteriores	
Tipo de buque de medición	Sin sistemas de compensación del oleaje	
Tolerancia a portado por empresa dragadora (solo si conocida)		m
Margen para imprecisiones en la batimetría	0.17	m

DEPOSITO DE SEDIMENTOS ENTRE DOS CAMPAÑAS DE DRAGADO

En caso de querer considerar deposito de sedimento entre campaña de dragados para evitar aterramientos y reducir labores de mantenimientos se deberá añadir este valor a la profundidad requerida

Deposito de sedimentos	0.00	m

TOLERANCIA DE EJECUCION DEL DRAGADO

Tipo de Suelo	Suelo Duro (Rocoso)	
Tolerancia a portado por empresa dragadora (solo si conocida)		m
Tolerancia de ejecución del dragado	0.50	m

FACTOR RELACIONADO CON EL FONDO TOTAL (H3)

Factores relacionados con el fondo	**H3=**	**0.67**	**m**

Profundidad FInal Requerida (H1+H2+H3)

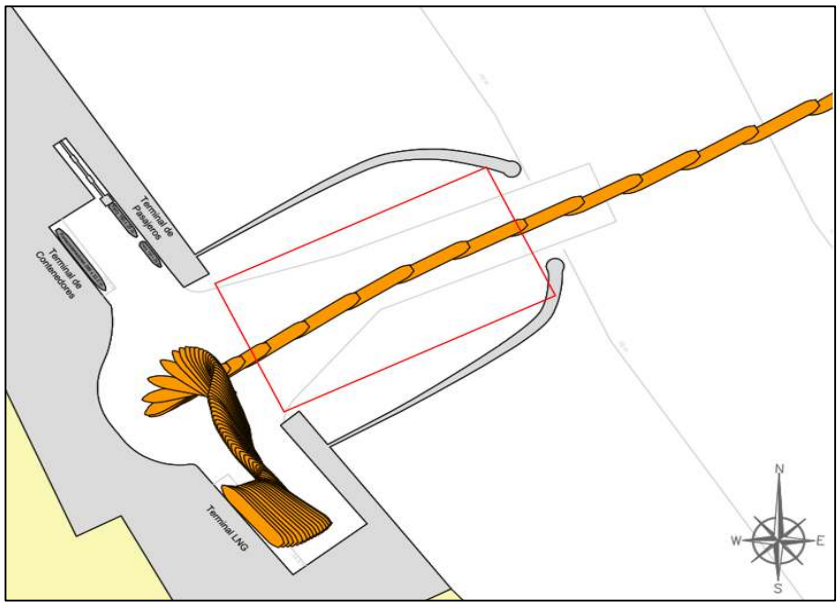
Esta profundidad ha sido calculada en base a un nivel de referencia correspondiente a la BMVE -0.13 m, cuyo valor estadístico muestra una excedencia del 99% del tiempo

FACTORES RELACIONADOS CON EL BUQUE. TOTAL (H1)	**11.98**	m
FACTORES RELACIONADOS CON EL NIVEL DE AGUA. TOTAL (H2)	**0.00**	m
FACTORES RELACIONADOS CON EL FONDO. TOTAL (H3)	**0.67**	m
PROFUNDIDAD REQUERIDA (BMVM)	**12.64**	m
H/D	**1.36**	

Dimensionamiento en Alzado

Proyecto	Argentina - Puerto de Tierra de Fuego

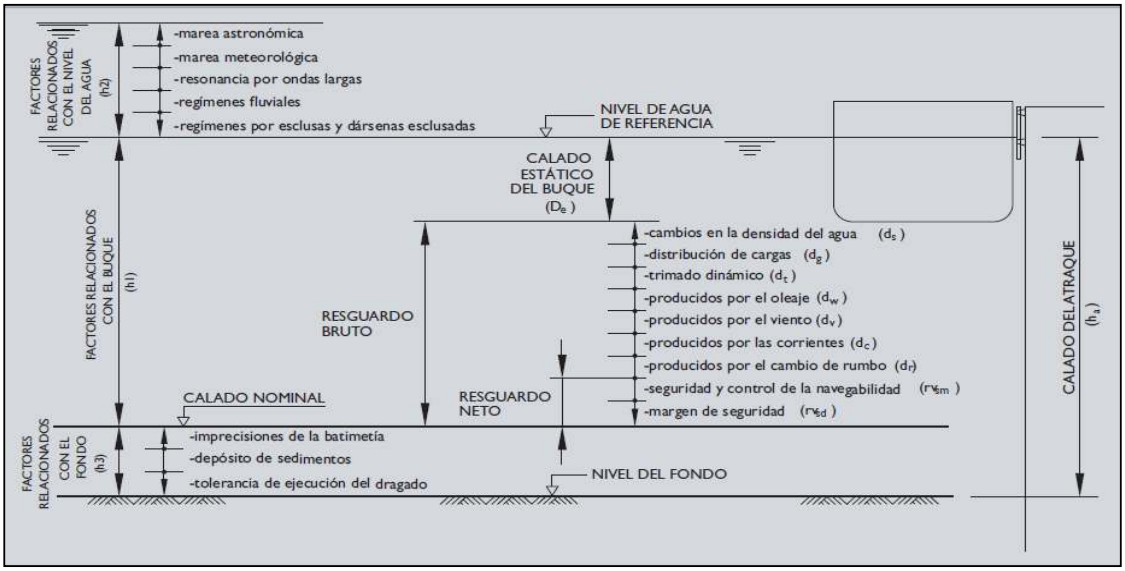
Zona de Estudio



Datos de Referencia de la zona de estudio

Área de Análisis	Tramo III. Recto
Tipo de Área	Canal de Acceso
Zona del área	Aguas interiores
Tipo de Fondo	Suelo Duro (Rocoso)
Profundidad de Referencia (m)	16 m
Estado del buque	Navegación

Metodología del Dimensionamiento. ROM 3.1-99



DATOS DEL BUQUE

Tipo de Buque	Gasero
Clase	Q-Flex

DATOS PRINCIPALES

Lpp	302.00	[m]	Área expuesta al viento	9428.22	[m^2]
Manga	50.00	[m]	Área expuesta al oleaje	2864.33	[m^2]
Calado	9.30	[m]	Brazo de viento	25.10	[m]
Desplazamiento	108340	[t]	Inercia	6.18E+11	[m^4]
Volumen	105698	[m^3]	Area Maestra	980	[m^2]
KG	20.34	[m]	Cb	0.753	[-]
Porcentaje carga	1.00	[-]	Cm	2.109	[-]

CRITERIO DE RIESGO CONSIDERADO

Emax	0.05	[-]

NOTAS

Los datos del buque aquí presentados han sido proporcionados por Royal Caribbean o extraido a partir de las formas del buque y no de ecuaciones empíricas simplificadas.
En particular tienen importancia los datos de Cb, KG, Area Vélica, Brazo de presiones de viento e Inercias

El valor de Emax, relativo al riesgo máximo admisible, se ha definido de acuerdo a ROM 3.1-99, Capítulo 2, Tabla 2.2, considerando "riesgo de destrucción total" y "probabilidad de pérdidas humanas esperable", con una "alta repercusión económica"

FACTORES RELACIONADOS CON EL BUQUE (H1)

CALADO ESTÁTICO

Calado estático considerado	9.30	m

CAMBIOS EN LA DENSIDAD DEL AGUA

Se considera para los cálculos agua salada, con densidad 1025 Kg/m^3

Sobrecalado considerado por cambios en la densidad del agua	0.00	m

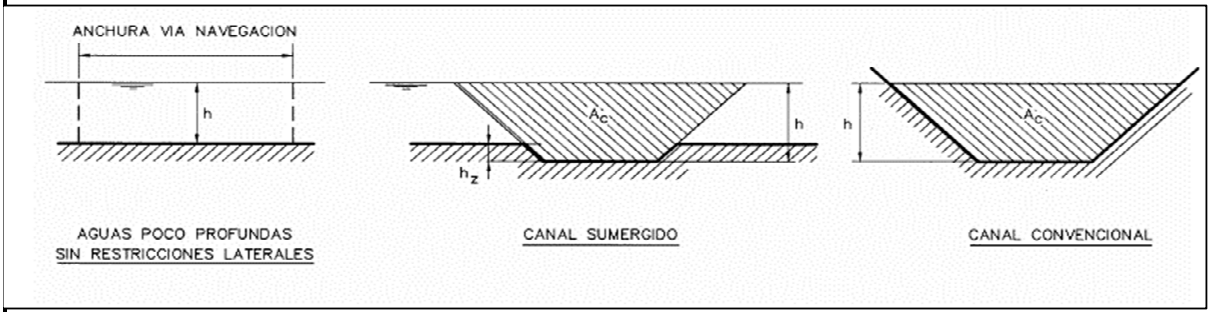
SOBRECALADO POR DISTRIBUCIÓN DE CARGAS

Tipo de buque	Mercantes (PC)	Factor	0.0025	Lpp

Sobrecalado por distribución de cargas	0.76	m

TRIMADO DINAMICO O SQUAT

Tipo de Canal	Convencional



Velocidad de navegación	3.0	[m/s]
Profundidad	10.0	[m]
Nivel media de Agua	6.0	[m]
Fnh	0.239	[-]

Ancho canal	250.0	[m]
Talud (1:x)	5.0	[-]
Talud (°)	11.3	[°]

Area del buque	456	[m^2]
Area del canal	4051	[m^2]
K1	1.000	[-]

S1	0.112	[-]
Ks	1.598	[-]

Sobrecalado por Trimado Dinámico o Squat	0.26	m

MOVIMIENTOS DEL BUQUE PRODUCIDOS POR EL OLEAJE

Hs	1.0	[m]	Dir Navegación	250	[º]
Dir Oleaje	250	[º]	Dir Encuentro	0	[º]

Factor de movimientos de oleaje	c1	0.0000	[m]
Coeficiente mayoración base riesgo	c2	1.950	[-]
Coeficiente por corrección de condición de carga	c3	1.000	[-]
Coeficiente por corrección de velocidad	c4	1.339	[-]
Coeficiente por corrección de profundidad	c5	1.000	[-]
Coeficiente por correción de dirección de encuentro	c6	1.000	[-]
Coeficiente por correción total	ct	2.612	[-]

Movimientos del buque	**0.00**	**m**

ESCORAS DEL BUQUE POR LA ACCIÓN DEL VIENTO

Velocidad Viento	15.4	[m/s]	Velocidad Relativa Long	-3.5	[º]
Dirección Viento Absoluta	135	[º]	Velocidad Relativa Trans	14.0	[º]
Rumbo	250	[º]	Dirección Relativa	104.1	[º]
Densidad agua	1.025	[t/m^3]	Densidad aire	0.0013	[t/m^3]
Centro de Deriva	5.1	[m]	Superficie velica	9428.2186	[m^2]
Centro acción del viento	25.1	[m]	Cy Viento	0.73	[-]
dvd	20.0	[m]	Fuerza del viento	89	[t]

Momento de inercia	1853049	[m^4]

Distancia vertical entre el centro de gravedad de pesos y el centro de empuje	15.30	[m]
Angulo de escora por viento	0.42	[º]
	0	
Sobrecalado por acción del viento	**0.18**	**m**

ESCORAS DEL BUQUE POR LA ACCIÓN DE LA CORRIENTE

Velocidad corriente	0.10	[m/s]	Velocidad Relativa Long	3.1	[º]
Dirección Corriente Abs	250	[m/s]	Velocidad Relativa Trans	0.0	[º]
Rumbo	250	[º]	Dirección Relativa	0	[º]
Centro acción corriente	4.69	[m]	Cy corriente	2.367	[-]
dcg	15.6525	[m]	Fuerza de la corriente	0	[t]
Densidad agua	1.025	[t/m^3]	Superficie corriente	2808.6	[m^2]

Momento de inercia	1853049	[m^4]

Distancia vertical entre el centro de gravedad de pesos y el centro de empuje	15.30	[m]
Angulo de escora por corriente	0.00	[º]
Sobrecalado por acción de la corriente	**0.00**	**m**

ESCORAS DEL BUQUE POR CAMBIOS DE RUMBO

Tipo Canal	Recto

Velocidad del buque	3.0	[m/s]		Centro deriva	5.58	[m]
Radio giro	0	[m]		dcg	14.7636	[m]
Masa buque (M+MA)	119174	[t]		Densidad agua	1.025	[t/m^3]
Fuerza centrifuga	0	[t]		Momento de inercia	1853048.792	[m^4]

Distancia vertical entre el centro de gravedad de pesos y el centro de empuje	15.30	[m]
Angulo escora	0.00	[º]
Sobrecalado por cambio de rumbo	**0.00**	**m**

RESGUARDO PARA SEGURIDAD Y CONTROL DE MANIOBRABILIDAD DEL BUQUE

Desplazamiento del buque	Gran Desplazamiento (>30.000 t)
Tipo de Fondo	Suelo Duro (Rocoso)
Velocidad del buque	Velocidad limitada (<=8 nudos)

Resgurado de maniobrabilidad	0.30	m
Margen de seguridad	0.60	m
Resguardo de maniobrabilidad y margen de seguridad	0.90	m

FACTOR RELACIONADO CON EL BUQUE TOTAL (H1)

En crujía del buque	**H1=**	**11.22**	**m**
En las bandas del buque	**H1=**	**11.31**	**m**
Factor Relacionado con el Buque Total (H1)	**H1=**	**11.31**	**m**

— Determinación en la crujía del buque:

$$H_1 = D_e + d_s + d_g + d_t + 0.7\ d_w + rv_{sm} + rv_{sd}$$

— Determinación en las bandas de babor o estribor del buque:

$$H_1 = D_e + d_s + d_g + d_t + d_w + d_v + d_c + d_r + 0.7\ .\ rv_{sm} + rv_{sd}$$

FACTORES RELACIONADOS CON EL NIVEL DE LAS AGUAS (H2)

Los factores relacionados con el nivel de las aguas no se contemplan en este análisis ya que el nivel de referenica sobre el que se calculan las profundidades requeridas es:

FACTORES RELACIONADOS CON EL FONDO (H3)

MARGEN PARA IMPRECISIONES DE LA BATIMETRIA

Localización de la zona de navegación	Aguas exteriores	
Tipo de buque de medición	Sin sistemas de compensación del oleaje	
Tolerancia a portado por empresa dragadora (solo si conocida)		m
Margen para imprecisiones en la batimetría	0.16	m

DEPOSITO DE SEDIMENTOS ENTRE DOS CAMPAÑAS DE DRAGADO

En caso de querer considerar deposito de sedimento entre campaña de dragados para evitar aterramientos y reducir labores de mantenimientos se deberá añadir este valor a la profundidad requerida

Deposito de sedimentos	0.00	m

TOLERANCIA DE EJECUCION DEL DRAGADO

Tipo de Suelo	Suelo Duro (Rocoso)	
Tolerancia a portado por empresa dragadora (solo si conocida)		m
Tolerancia de ejecución del dragado	0.50	m

FACTOR RELACIONADO CON EL FONDO TOTAL (H3)

Factores relacionados con el fondo	**H3=**	**0.66**	**m**

Profundidad FInal Requerida (H1+H2+H3)

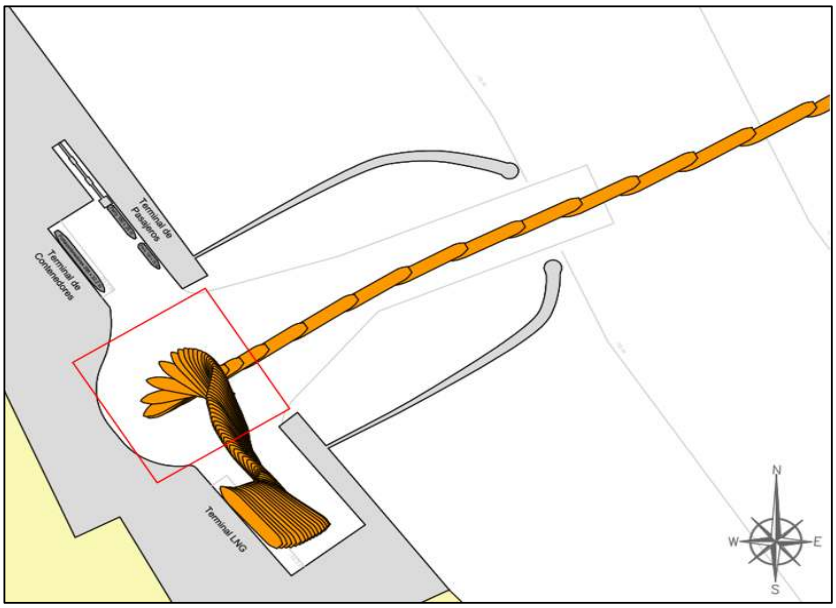
Esta profundidad ha sido calculada en base a un nivel de referencia correspondiente a la BMVE -0.13 m, cuyo valor estadístico muestra una excedencia del 99% del tiempo

FACTORES RELACIONADOS CON EL BUQUE. TOTAL (H1)	**11.31**	m
FACTORES RELACIONADOS CON EL NIVEL DE AGUA. TOTAL (H2)	**0.00**	m
FACTORES RELACIONADOS CON EL FONDO. TOTAL (H3)	**0.66**	m
PROFUNDIDAD REQUERIDA (BMVM)	**11.97**	m
H/D	**1.29**	

Dimensionamiento en Alzado

Proyecto	Argentina - Puerto de Tierra de Fuego

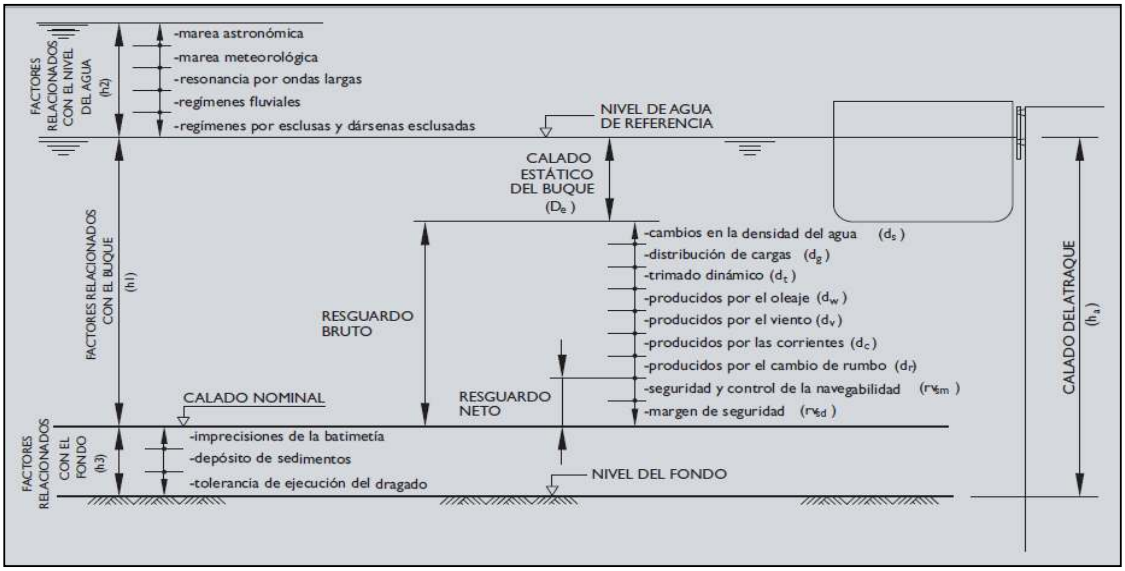
Zona de Estudio



Datos de Referencia de la zona de estudio

Área de Análisis	Tramo IV. Parada - Reviro
Tipo de Área	Area de Maniobra
Zona del área	Aguas interiores
Tipo de Fondo	Suelo Duro (Rocoso)
Profundidad de Referencia (m)	15.5 m
Estado del buque	Navegación

Metodología del Dimensionamiento. ROM 3.1-99



DATOS DEL BUQUE

Tipo de Buque	Gasero
Clase	Q-Flex

DATOS PRINCIPALES

Lpp	302.00	[m]	Área expuesta al viento	9428.22	[m^2]
Manga	50.00	[m]	Área expuesta al oleaje	2864.33	[m^2]
Calado	9.30	[m]	Brazo de viento	25.10	[m]
Desplazamiento	108340	[t]	Inercia	6.18E+11	[m^4]
Volumen	105698	[m^3]	Area Maestra	980	[m^2]
KG	20.34	[m]	Cb	0.753	[-]
Porcentaje carga	1.00	[-]	Cm	2.109	[-]

CRITERIO DE RIESGO CONSIDERADO

Emax	0.05	[-]

NOTAS

Los datos del buque aquí presentados han sido proporcionados por Royal Caribbean o extraido a partir de las formas del buque y no de ecuaciones empíricas simplificadas.
En particular tienen importancia los datos de Cb, KG, Area Vélica, Brazo de presiones de viento e Inercias

El valor de Emax, relativo al riesgo máximo admisible, se ha definido de acuerdo a ROM 3.1-99, Capítulo 2, Tabla 2.2, considerando "riesgo de destrucción total" y "probabilidad de pérdidas humanas esperable", con una "alta repercusión económica"

FACTORES RELACIONADOS CON EL BUQUE (H1)

CALADO ESTÁTICO

Calado estático considerado	9.30	m

CAMBIOS EN LA DENSIDAD DEL AGUA

Se considera para los cálculos agua salada, con densidad 1025 Kg/m^3

Sobrecalado considerado por cambios en la densidad del agua	0.00	m

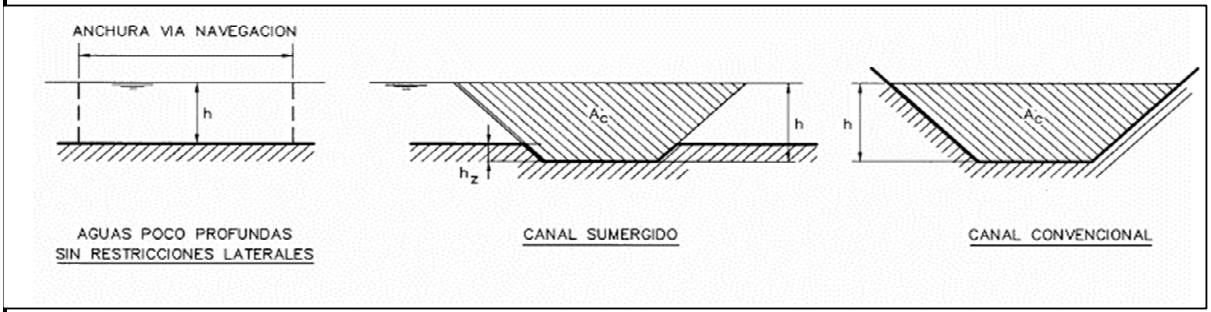
SOBRECALADO POR DISTRIBUCIÓN DE CARGAS

Tipo de buque	Mercantes (PC)	Factor	0.0025	Lpp

Sobrecalado por distribución de cargas	0.76	m

TRIMADO DINAMICO O SQUAT

Tipo de Canal	Convencional



Velocidad de navegación	0.5	[m/s]
Profundidad	9.5	[m]
Nivel media de Agua	6.0	[m]
Fnh	0.041	[-]

Ancho canal	250.0	[m]
Talud (1:x)	5.0	[-]
Talud (°)	11.3	[°]

Area del buque	456	[m^2]
Area del canal	3923	[m^2]
K1	1.000	[-]

S1	0.116	[-]
Ks	1.625	[-]

Sobrecalado por Trimado Dinámico o Squat	0.01	m

MOVIMIENTOS DEL BUQUE PRODUCIDOS POR EL OLEAJE

Hs	0.5	[m]	Dir Navegación	320	[º]
Dir Oleaje	250	[º]	Dir Encuentro	70	[º]

Factor de movimientos de oleaje	c1	0.0000	[m]
Coeficiente mayoración base riesgo	c2	1.950	[-]
Coeficiente por corrección de condición de carga	c3	1.000	[-]
Coeficiente por corrección de velocidad	c4	1.000	[-]
Coeficiente por corrección de profundidad	c5	1.000	[-]
Coeficiente por correción de dirección de encuentro	c6	1.591	[-]
Coeficiente por correción total	ct	3.102	[-]

Movimientos del buque	**0.00**	**m**

ESCORAS DEL BUQUE POR LA ACCIÓN DEL VIENTO

Velocidad Viento	15.4	[m/s]	Velocidad Relativa Long	5.8	[º]
Dirección Viento Absoluta	180	[º]	Velocidad Relativa Trans	14.5	[º]
Rumbo	250	[º]	Dirección Relativa	68.3	[º]
Densidad agua	1.025	[t/m^3]	Densidad aire	0.0013	[t/m^3]
Centro de Deriva	5.1	[m]	Superficie velica	9428.2186	[m^2]
Centro acción del viento	25.1	[m]	Cy Viento	0.73	[-]
dvd	20.0	[m]	Fuerza del viento	96	[t]

Momento de inercia	1853049	[m^4]

Distancia vertical entre el centro de gravedad de pesos y el centro de empuje	15.30	[m]
Angulo de escora por viento	0.45	[º]
	0	
Sobrecalado por acción del viento	**0.20**	**m**

ESCORAS DEL BUQUE POR LA ACCIÓN DE LA CORRIENTE

Velocidad corriente	0.05	[m/s]	Velocidad Relativa Long	0.5	[º]
Dirección Corriente Abs	250	[m/s]	Velocidad Relativa Trans	0.0	[º]
Rumbo	320	[º]	Dirección Relativa	5	[º]
Centro acción corriente	4.69	[m]	Cy corriente	2.405	[-]
dcg	15.6525	[m]	Fuerza de la corriente	1	[t]
Densidad agua	1.025	[t/m^3]	Superficie corriente	2808.6	[m^2]

Momento de inercia	1853049	[m^4]

Distancia vertical entre el centro de gravedad de pesos y el centro de empuje	15.30	[m]
Angulo de escora por corriente	0.00	[º]
Sobrecalado por acción de la corriente	**0.00**	**m**

ESCORAS DEL BUQUE POR CAMBIOS DE RUMBO

Tipo Canal	Recto

Velocidad del buque	0.5	[m/s]		Centro deriva	5.58	[m]
Radio giro	0	[m]		dcg	14.7636	[m]
Masa buque (M+MA)	119174	[t]		Densidad agua	1.025	[t/m^3]
Fuerza centrifuga	0	[t]		Momento de inercia	1853048.792	[m^4]

Distancia vertical entre el centro de gravedad de pesos y el centro de empuje	15.30	[m]
Angulo escora	0.00	[º]
Sobrecalado por cambio de rumbo	**0.00**	**m**

RESGUARDO PARA SEGURIDAD Y CONTROL DE MANIOBRABILIDAD DEL BUQUE

Desplazamiento del buque	Gran Desplazamiento (>30.000 t)
Tipo de Fondo	Suelo Duro (Rocoso)
Velocidad del buque	Buque parado

Resgurado de maniobrabilidad	0.00	m
Margen de seguridad	0.60	m
Resguardo de maniobrabilidad y margen de seguridad	0.60	m

FACTOR RELACIONADO CON EL BUQUE TOTAL (H1)

En crujía del buque	**H1=**	**10.66**	**m**
En las bandas del buque	**H1=**	**10.86**	**m**
Factor Relacionado con el Buque Total (H1)	**H1=**	**10.86**	**m**

— Determinación en la crujía del buque:

$$H_1 = D_e + d_s + d_g + d_t + 0.7\ d_w + rv_{sm} + rv_{sd}$$

— Determinación en las bandas de babor o estribor del buque:

$$H_1 = D_e + d_s + d_g + d_t + d_w + d_v + d_c + d_r + 0.7\ .\ rv_{sm} + rv_{sd}$$

FACTORES RELACIONADOS CON EL NIVEL DE LAS AGUAS (H2)

Los factores relacionados con el nivel de las aguas no se contemplan en este análisis ya que el nivel de referenica sobre el que se calculan las profundidades requeridas es:

FACTORES RELACIONADOS CON EL FONDO (H3)

MARGEN PARA IMPRECISIONES DE LA BATIMETRIA

Localización de la zona de navegación	Aguas exteriores	
Tipo de buque de medición	Sin sistemas de compensación del oleaje	
Tolerancia a portado por empresa dragadora (solo si conocida)		m
Margen para imprecisiones en la batimetría	0.16	m

DEPOSITO DE SEDIMENTOS ENTRE DOS CAMPAÑAS DE DRAGADO

En caso de querer considerar deposito de sedimento entre campaña de dragados para evitar aterramientos y reducir labores de mantenimientos se deberá añadir este valor a la profundidad requerida

Deposito de sedimentos	0.00	m

TOLERANCIA DE EJECUCION DEL DRAGADO

Tipo de Suelo	Suelo Duro (Rocoso)	
Tolerancia a portado por empresa dragadora (solo si conocida)		m
Tolerancia de ejecución del dragado	0.50	m

FACTOR RELACIONADO CON EL FONDO TOTAL (H3)

Factores relacionados con el fondo	**H3=**	**0.66**	**m**

Profundidad FInal Requerida (H1+H2+H3)

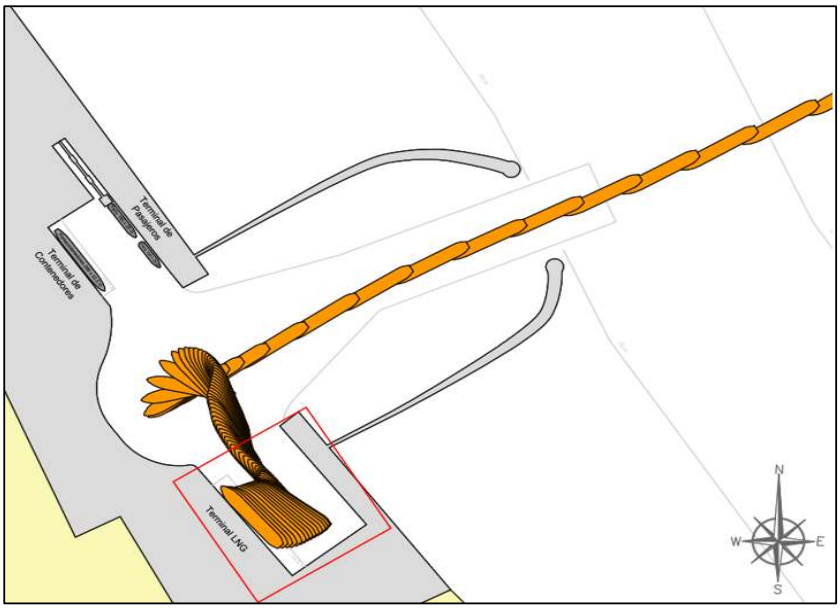
Esta profundidad ha sido calculada en base a un nivel de referencia correspondiente a la BMVE -0.13 m, cuyo valor estadístico muestra una excedencia del 99% del tiempo

FACTORES RELACIONADOS CON EL BUQUE. TOTAL (H1)	**10.86**	m
FACTORES RELACIONADOS CON EL NIVEL DE AGUA. TOTAL (H2)	**0.00**	m
FACTORES RELACIONADOS CON EL FONDO. TOTAL (H3)	**0.66**	m
PROFUNDIDAD REQUERIDA (BMVM)	**11.52**	m
H/D	**1.24**	

Dimensionamiento en Alzado

Proyecto	Argentina - Puerto de Tierra de Fuego

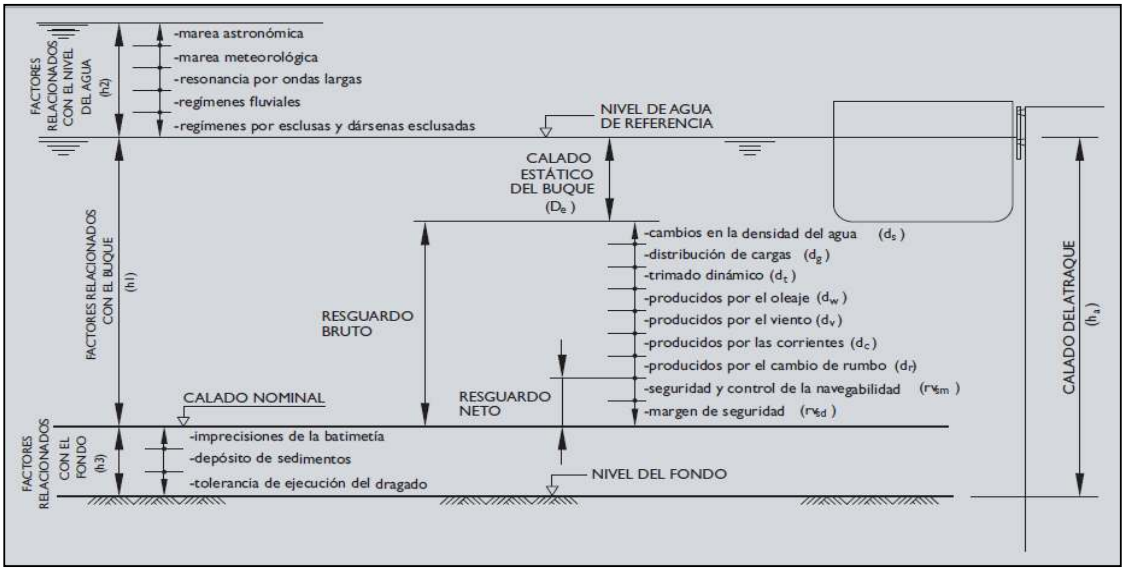
Zona de Estudio



Datos de Referencia de la zona de estudio

Área de Análisis	Tramo V. Recto atrás
Tipo de Área	Area de Maniobra
Zona del área	Aguas interiores
Tipo de Fondo	Suelo Duro (Rocoso)
Profundidad de Referencia (m)	15.5 m
Estado del buque	Navegación

Metodología del Dimensionamiento. ROM 3.1-99



DATOS DEL BUQUE

Tipo de Buque	Gasero
Clase	Q-Flex

DATOS PRINCIPALES

Lpp	302.00	[m]	Área expuesta al viento	9428.22	[m^2]
Manga	50.00	[m]	Área expuesta al oleaje	2864.33	[m^2]
Calado	9.30	[m]	Brazo de viento	25.10	[m]
Desplazamiento	108340	[t]	Inercia	6.18E+11	[m^4]
Volumen	105698	[m^3]	Area Maestra	980	[m^2]
KG	20.34	[m]	Cb	0.753	[-]
Porcentaje carga	1.00	[-]	Cm	2.109	[-]

CRITERIO DE RIESGO CONSIDERADO

Emax	0.05	[-]

NOTAS

Los datos del buque aquí presentados han sido proporcionados por Royal Caribbean o extraido a partir de las formas del buque y no de ecuaciones empíricas simplificadas.
En particular tienen importancia los datos de Cb, KG, Area Vélica, Brazo de presiones de viento e Inercias

El valor de Emax, relativo al riesgo máximo admisible, se ha definido de acuerdo a ROM 3.1-99, Capítulo 2, Tabla 2.2, considerando "riesgo de destrucción total" y "probabilidad de pérdidas humanas esperable", con una "alta repercusión económica"

FACTORES RELACIONADOS CON EL BUQUE (H1)

CALADO ESTÁTICO

Calado estático considerado	9.30	m

CAMBIOS EN LA DENSIDAD DEL AGUA

Se considera para los cálculos agua salada, con densidad 1025 Kg/m^3

Sobrecalado considerado por cambios en la densidad del agua	0.00	m

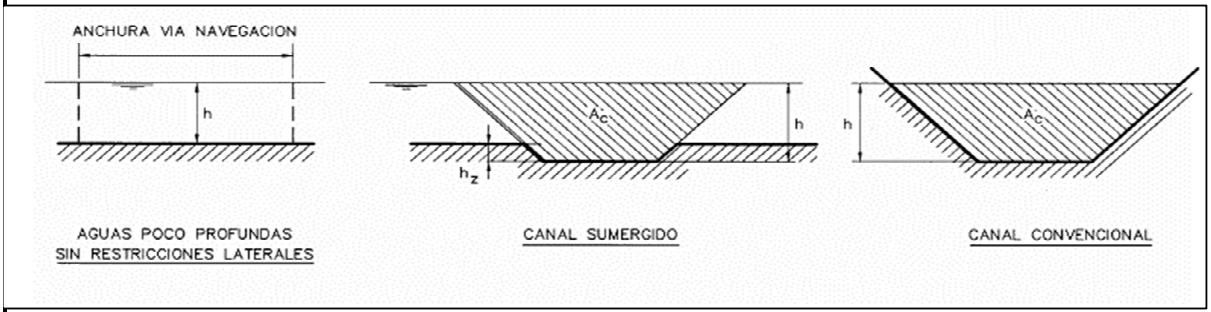
SOBRECALADO POR DISTRIBUCIÓN DE CARGAS

Tipo de buque	Mercantes (PC)	Factor	0.0025	Lpp

Sobrecalado por distribución de cargas	0.76	m

TRIMADO DINAMICO O SQUAT

Tipo de Canal	Convencional



Velocidad de navegación	1.0	[m/s]
Profundidad	9.5	[m]
Nivel media de Agua	6.0	[m]
Fnh	0.081	[-]

Ancho canal	250.0	[m]
Talud (1:x)	5.0	[-]
Talud (°)	11.3	[°]

Area del buque	456	[m^2]
Area del canal	3923	[m^2]
K1	1.000	[-]

S1	0.116	[-]
Ks	1.625	[-]

Sobrecalado por Trimado Dinámico o Squat	0.03	m

MOVIMIENTOS DEL BUQUE PRODUCIDOS POR EL OLEAJE

Hs	0.5	[m]	Dir Navegación	320	[º]
Dir Oleaje	320	[º]	Dir Encuentro	0	[º]

Factor de movimientos de oleaje	c1	0.0000	[m]
Coeficiente mayoración base riesgo	c2	1.950	[-]
Coeficiente por corrección de condición de carga	c3	1.000	[-]
Coeficiente por corrección de velocidad	c4	1.078	[-]
Coeficiente por corrección de profundidad	c5	1.000	[-]
Coeficiente por correción de dirección de encuentro	c6	1.000	[-]
Coeficiente por correción total	ct	2.102	[-]

Movimientos del buque	**0.00**	**m**

ESCORAS DEL BUQUE POR LA ACCIÓN DEL VIENTO

Velocidad Viento	15.4	[m/s]	Velocidad Relativa Long	-8.9	[º]
Dirección Viento Absoluta	90	[º]	Velocidad Relativa Trans	-11.8	[º]
Rumbo	320	[º]	Dirección Relativa	127.0	[º]
Densidad agua	1.025	[t/m^3]	Densidad aire	0.0013	[t/m^3]
Centro de Deriva	5.1	[m]	Superficie velica	9428.2186	[m^2]
Centro acción del viento	25.1	[m]	Cy Viento	0.73	[-]
dvd	20.0	[m]	Fuerza del viento	64	[t]

Momento de inercia	1853049	[m^4]

Distancia vertical entre el centro de gravedad de pesos y el centro de empuje	15.30	[m]
Angulo de escora por viento	0.30	[º]
	0	
Sobrecalado por acción del viento	**0.13**	**m**

ESCORAS DEL BUQUE POR LA ACCIÓN DE LA CORRIENTE

Velocidad corriente	0.05	[m/s]	Velocidad Relativa Long	1.1	[º]
Dirección Corriente Abs	320	[m/s]	Velocidad Relativa Trans	0.0	[º]
Rumbo	320	[º]	Dirección Relativa	0	[º]
Centro acción corriente	4.69	[m]	Cy corriente	2.405	[-]
dcg	15.6525	[m]	Fuerza de la corriente	0	[t]
Densidad agua	1.025	[t/m^3]	Superficie corriente	2808.6	[m^2]

Momento de inercia	1853049	[m^4]

Distancia vertical entre el centro de gravedad de pesos y el centro de empuje	15.30	[m]
Angulo de escora por corriente	0.00	[º]
Sobrecalado por acción de la corriente	**0.00**	**m**

ESCORAS DEL BUQUE POR CAMBIOS DE RUMBO

Tipo Canal	Recto

Velocidad del buque	1.0	[m/s]		Centro deriva	5.58	[m]
Radio giro	0	[m]		dcg	14.7636	[m]
Masa buque (M+MA)	119174	[t]		Densidad agua	1.025	[t/m^3]
Fuerza centrifuga	0	[t]		Momento de inercia	1853048.792	[m^4]

Distancia vertical entre el centro de gravedad de pesos y el centro de empuje	15.30	[m]
Angulo escora	0.00	[º]
Sobrecalado por cambio de rumbo	**0.00**	**m**

RESGUARDO PARA SEGURIDAD Y CONTROL DE MANIOBRABILIDAD DEL BUQUE

Desplazamiento del buque	Gran Desplazamiento (>30.000 t)
Tipo de Fondo	Suelo Duro (Rocoso)
Velocidad del buque	Buque parado

Resgurado de maniobrabilidad	0.00	m
Margen de seguridad	0.60	m
Resguardo de maniobrabilidad y margen de seguridad	0.60	m

FACTOR RELACIONADO CON EL BUQUE TOTAL (H1)

En crujía del buque	**H1=**	**10.68**	**m**
En las bandas del buque	**H1=**	**10.82**	**m**
Factor Relacionado con el Buque Total (H1)	**H1=**	**10.82**	**m**

— Determinación en la crujía del buque:

$$H_1 = D_e + d_s + d_g + d_t + 0.7\ d_w + rv_{sm} + rv_{sd}$$

— Determinación en las bandas de babor o estribor del buque:

$$H_1 = D_e + d_s + d_g + d_t + d_w + d_v + d_c + d_r + 0.7\ .\ rv_{sm} + rv_{sd}$$

FACTORES RELACIONADOS CON EL NIVEL DE LAS AGUAS (H2)

Los factores relacionados con el nivel de las aguas no se contemplan en este análisis ya que el nivel de referenica sobre el que se calculan las profundidades requeridas es:

FACTORES RELACIONADOS CON EL FONDO (H3)

MARGEN PARA IMPRECISIONES DE LA BATIMETRIA

Localización de la zona de navegación	Aguas exteriores	
Tipo de buque de medición	Sin sistemas de compensación del oleaje	
Tolerancia a portado por empresa dragadora (solo si conocida)		m
Margen para imprecisiones en la batimetría	0.16	m

DEPOSITO DE SEDIMENTOS ENTRE DOS CAMPAÑAS DE DRAGADO

En caso de querer considerar deposito de sedimento entre campaña de dragados para evitar aterramientos y reducir labores de mantenimientos se deberá añadir este valor a la profundidad requerida

Deposito de sedimentos	0.00	m

TOLERANCIA DE EJECUCION DEL DRAGADO

Tipo de Suelo	Suelo Duro (Rocoso)	
Tolerancia a portado por empresa dragadora (solo si conocida)		m
Tolerancia de ejecución del dragado	0.50	m

FACTOR RELACIONADO CON EL FONDO TOTAL (H3)

Factores relacionados con el fondo	**H3=**	**0.66**	**m**

Profundidad FInal Requerida (H1+H2+H3)

Esta profundidad ha sido calculada en base a un nivel de referencia correspondiente a la BMVE -0.13 m, cuyo valor estadístico muestra una excedencia del 99% del tiempo

FACTORES RELACIONADOS CON EL BUQUE. TOTAL (H1)	**10.82**	m
FACTORES RELACIONADOS CON EL NIVEL DE AGUA. TOTAL (H2)	**0.00**	m
FACTORES RELACIONADOS CON EL FONDO. TOTAL (H3)	**0.66**	m
PROFUNDIDAD REQUERIDA (BMVM)	**11.47**	m
H/D	**1.23**	

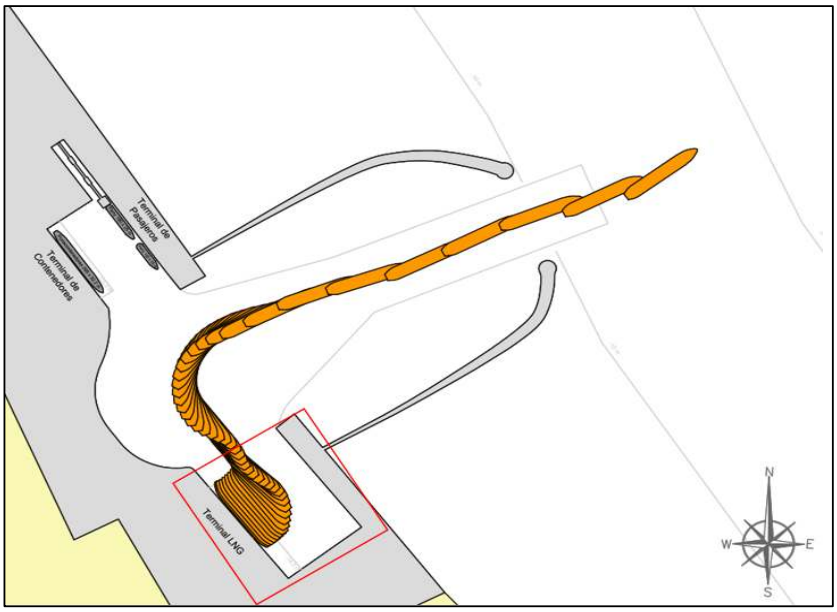
SALIDAS

METANERO Q-FLEX

Dimensionamiento en Alzado

Proyecto	Argentina - Puerto de Tierra de Fuego

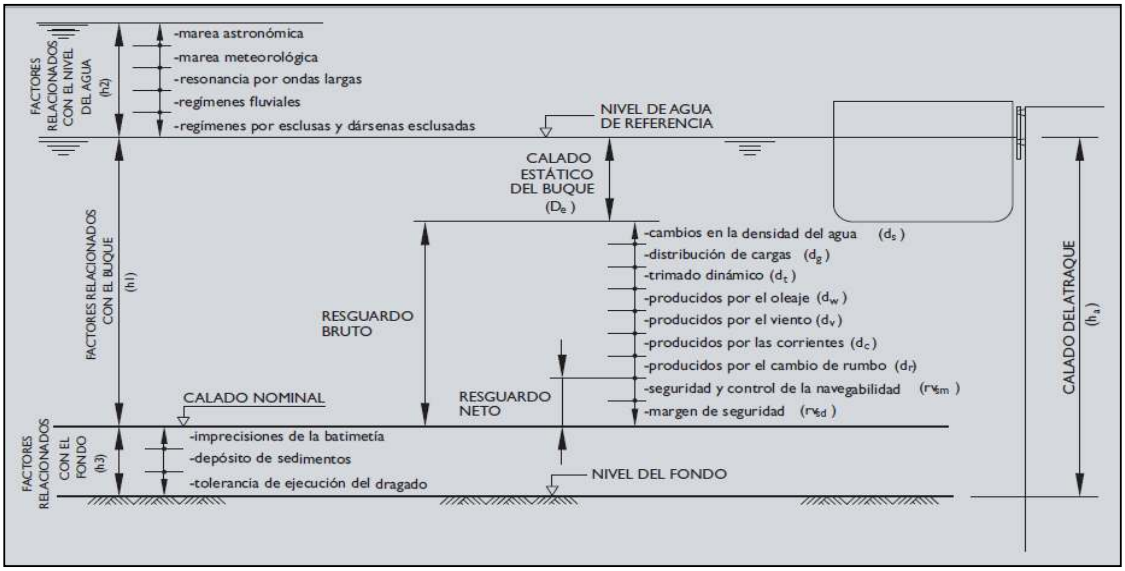
Zona de Estudio



Datos de Referencia de la zona de estudio

Área de Análisis	Tramo I. Recto
Tipo de Área	Area de Maniobra
Zona del área	Aguas interiores
Tipo de Fondo	Suelo Duro (Rocoso)
Profundidad de Referencia (m)	15.5 m
Estado del buque	Navegación

Metodología del Dimensionamiento. ROM 3.1-99



DATOS DEL BUQUE

Tipo de Buque	Gasero
Clase	Q-Flex

DATOS PRINCIPALES

Lpp	302.00	[m]	Área expuesta al viento	7825.17	[m^2]
Manga	50.00	[m]	Área expuesta al oleaje	3562.72	[m^2]
Calado	12.00	[m]	Brazo de viento	26.24	[m]
Desplazamiento	142270	[t]	Inercia	8.11E+11	[m^4]
Volumen	138800	[m^3]	Area Maestra	980	[m^2]
KG	20.25	[m]	Cb	0.766	[-]
Porcentaje carga	1.00	[-]	Cm	1.634	[-]

CRITERIO DE RIESGO CONSIDERADO

Emax	0.05	[-]

NOTAS

Los datos del buque aquí presentados han sido proporcionados por Royal Caribbean o extraido a partir de las formas del buque y no de ecuaciones empíricas simplificadas.
En particular tienen importancia los datos de Cb, KG, Area Vélica, Brazo de presiones de viento e Inercias

El valor de Emax, relativo al riesgo máximo admisible, se ha definido de acuerdo a ROM 3.1-99, Capítulo 2, Tabla 2.2, considerando "riesgo de destrucción total" y "probabilidad de pérdidas humanas esperable", con una "alta repercusión económica"

FACTORES RELACIONADOS CON EL BUQUE (H1)

CALADO ESTÁTICO

Calado estático considerado	12.00	m

CAMBIOS EN LA DENSIDAD DEL AGUA

Se considera para los cálculos agua salada, con densidad 1025 Kg/m^3

Sobrecalado considerado por cambios en la densidad del agua	0.00	m

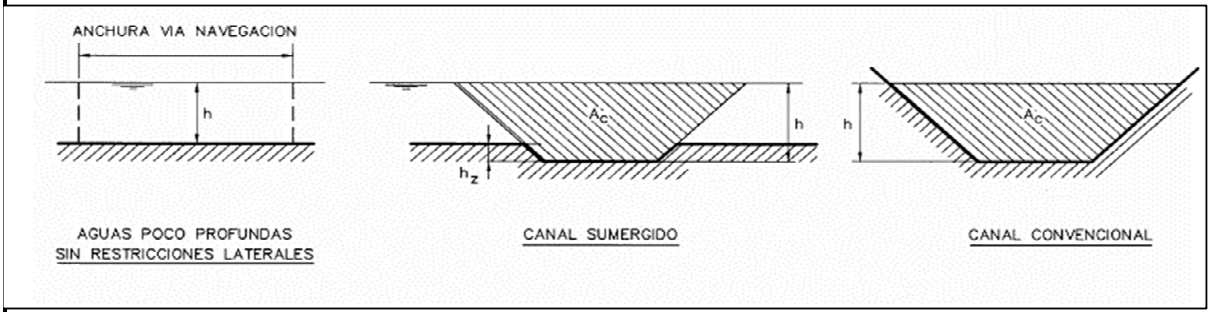
SOBRECALADO POR DISTRIBUCIÓN DE CARGAS

Tipo de buque	Mercantes (PC)	Factor	0.0025	Lpp

Sobrecalado por distribución de cargas	0.76	m

TRIMADO DINAMICO O SQUAT

Tipo de Canal	Convencional



Velocidad de navegación	1.0	[m/s]
Profundidad	9.5	[m]
Nivel media de Agua	6.0	[m]
Fnh	0.081	[-]

Ancho canal	250.0	[m]
Talud (1:x)	5.0	[-]
Talud (°)	11.3	[°]

Area del buque	588	[m^2]
Area del canal	3923	[m^2]
K1	1.000	[-]

S1	0.150	[-]
Ks	1.877	[-]

Sobrecalado por Trimado Dinámico o Squat	0.05	m

MOVIMIENTOS DEL BUQUE PRODUCIDOS POR EL OLEAJE

Hs	0.5	[m]	Dir Navegación	322	[º]
Dir Oleaje	322	[º]	Dir Encuentro	0	[º]

Factor de movimientos de oleaje	c1	0.0000	[m]
Coeficiente mayoración base riesgo	c2	1.950	[-]
Coeficiente por corrección de condición de carga	c3	1.000	[-]
Coeficiente por corrección de velocidad	c4	1.078	[-]
Coeficiente por corrección de profundidad	c5	1.046	[-]
Coeficiente por correción de dirección de encuentro	c6	1.000	[-]
Coeficiente por correción total	ct	2.199	[-]

Movimientos del buque	**0.00**	**m**

ESCORAS DEL BUQUE POR LA ACCIÓN DEL VIENTO

Velocidad Viento	15.4	[m/s]	Velocidad Relativa Long	10.5	[º]
Dirección Viento Absoluta	90	[º]	Velocidad Relativa Trans	12.2	[º]
Rumbo	322	[º]	Dirección Relativa	49.2	[º]
Densidad agua	1.025	[t/m^3]	Densidad aire	0.0013	[t/m^3]
Centro de Deriva	6.6	[m]	Superficie velica	7825.1747	[m^2]
Centro acción del viento	26.2	[m]	Cy Viento	1.06	[-]
dvd	19.6	[m]	Fuerza del viento	81	[t]

Momento de inercia	1853049	[m^4]

Distancia vertical entre el centro de gravedad de pesos y el centro de empuje	13.75	[m]
Angulo de escora por viento	1.59	[º]
	0	
Sobrecalado por acción del viento	**0.70**	**m**

ESCORAS DEL BUQUE POR LA ACCIÓN DE LA CORRIENTE

Velocidad corriente	0.05	[m/s]	Velocidad Relativa Long	1.1	[º]
Dirección Corriente Abs	322	[m/s]	Velocidad Relativa Trans	0.0	[º]
Rumbo	322	[º]	Dirección Relativa	0	[º]
Centro acción corriente	6.54	[m]	Cy corriente	2.733	[-]
dcg	13.715	[m]	Fuerza de la corriente	0	[t]
Densidad agua	1.025	[t/m^3]	Superficie corriente	3624	[m^2]

Momento de inercia	1853049	[m^4]

Distancia vertical entre el centro de gravedad de pesos y el centro de empuje	13.75	[m]
Angulo de escora por corriente	0.00	[º]
Sobrecalado por acción de la corriente	**0.00**	**m**

ESCORAS DEL BUQUE POR CAMBIOS DE RUMBO

Tipo Canal	Recto

Velocidad del buque	1.0	[m/s]		Centro deriva	7.2	[m]
Radio giro	0	[m]		dcg	13.05	[m]
Masa buque (M+MA)	156497	[t]		Densidad agua	1.025	[t/m^3]
Fuerza centrifuga	0	[t]		Momento de inercia	1853048.792	[m^4]

Distancia vertical entre el centro de gravedad de pesos y el centro de empuje	13.75	[m]
Angulo escora	0.00	[º]
Sobrecalado por cambio de rumbo	**0.00**	**m**

RESGUARDO PARA SEGURIDAD Y CONTROL DE MANIOBRABILIDAD DEL BUQUE

Desplazamiento del buque	Gran Desplazamiento (>30.000 t)
Tipo de Fondo	Suelo Duro (Rocoso)
Velocidad del buque	Velocidad limitada (<=8 nudos)

Resgurado de maniobrabilidad	0.30	m
Margen de seguridad	0.60	m
Resguardo de maniobrabilidad y margen de seguridad	0.90	m

FACTOR RELACIONADO CON EL BUQUE TOTAL (H1)

En crujía del buque	**H1=**	**13.70**	**m**
En las bandas del buque	**H1=**	**14.31**	**m**
Factor Relacionado con el Buque Total (H1)	**H1=**	**14.31**	**m**

— Determinación en la crujía del buque:

$$H_1 = D_e + d_s + d_g + d_t + 0.7\ d_w + rv_{sm} + rv_{sd}$$

— Determinación en las bandas de babor o estribor del buque:

$$H_1 = D_e + d_s + d_g + d_t + d_w + d_v + d_c + d_r + 0.7\ .\ rv_{sm} + rv_{sd}$$

FACTORES RELACIONADOS CON EL NIVEL DE LAS AGUAS (H2)

Los factores relacionados con el nivel de las aguas no se contemplan en este análisis ya que el nivel de referenica sobre el que se calculan las profundidades requeridas es:

FACTORES RELACIONADOS CON EL FONDO (H3)

MARGEN PARA IMPRECISIONES DE LA BATIMETRIA

Localización de la zona de navegación	Aguas exteriores	
Tipo de buque de medición	Sin sistemas de compensación del oleaje	
Tolerancia a portado por empresa dragadora (solo si conocida)		m
Margen para imprecisiones en la batimetría	0.16	m

DEPOSITO DE SEDIMENTOS ENTRE DOS CAMPAÑAS DE DRAGADO

En caso de querer considerar deposito de sedimento entre campaña de dragados para evitar aterramientos y reducir labores de mantenimientos se deberá añadir este valor a la profundidad requerida

Deposito de sedimentos	0.00	m

TOLERANCIA DE EJECUCION DEL DRAGADO

Tipo de Suelo	Suelo Duro (Rocoso)	
Tolerancia a portado por empresa dragadora (solo si conocida)		m
Tolerancia de ejecución del dragado	0.50	m

FACTOR RELACIONADO CON EL FONDO TOTAL (H3)

Factores relacionados con el fondo	**H3=**	**0.66**	**m**

Profundidad FInal Requerida (H1+H2+H3)

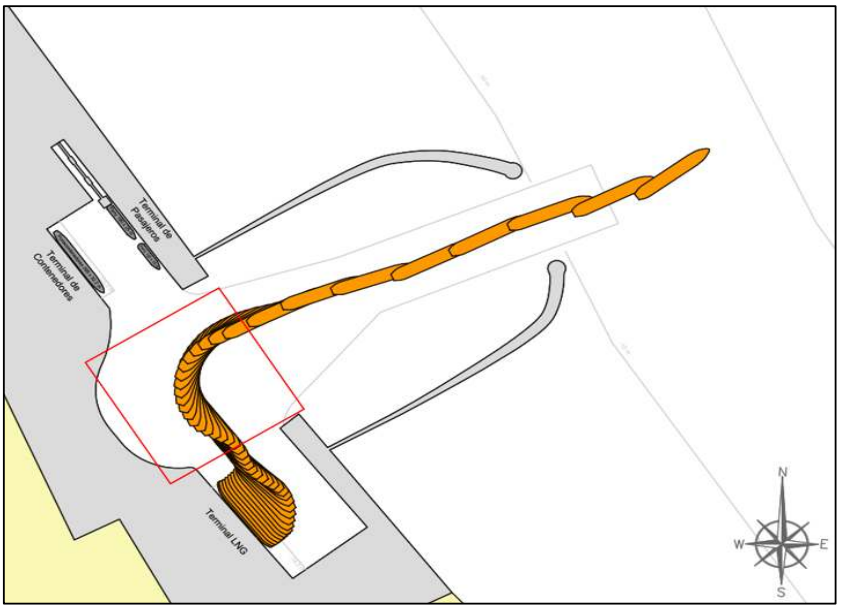
Esta profundidad ha sido calculada en base a un nivel de referencia correspondiente a la BMVE -0.13 m, cuyo valor estadístico muestra una excedencia del 99% del tiempo

FACTORES RELACIONADOS CON EL BUQUE. TOTAL (H1)	**14.31**	m
FACTORES RELACIONADOS CON EL NIVEL DE AGUA. TOTAL (H2)	**0.00**	m
FACTORES RELACIONADOS CON EL FONDO. TOTAL (H3)	**0.66**	m
PROFUNDIDAD REQUERIDA (BMVM)	**14.96**	m
H/D	**1.25**	

Dimensionamiento en Alzado

Proyecto	Argentina - Puerto de Tierra de Fuego

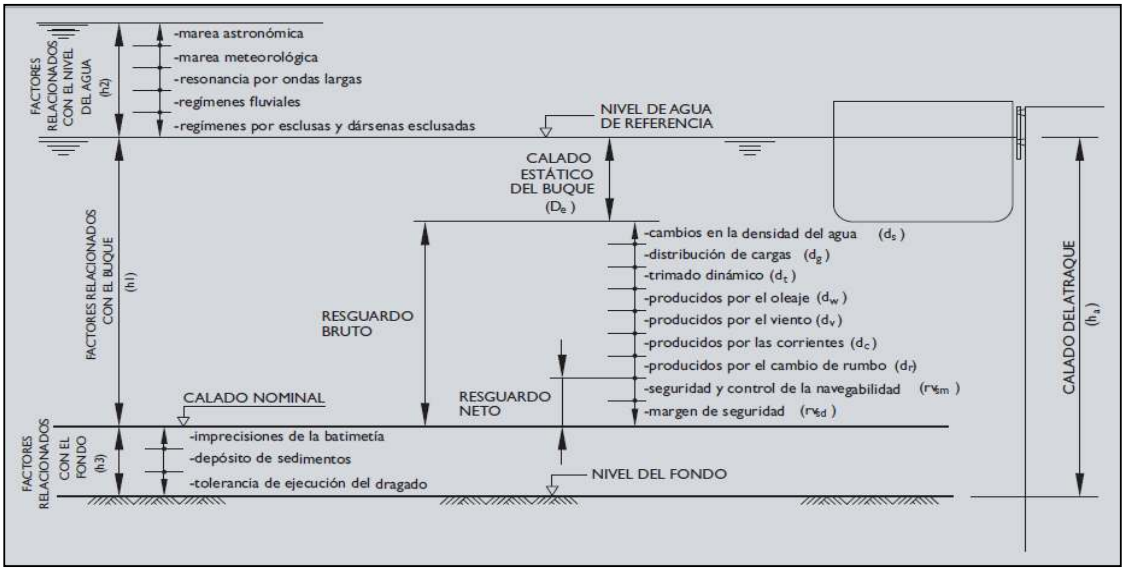
Zona de Estudio



Datos de Referencia de la zona de estudio

Área de Análisis	Tramo II. Curvo
Tipo de Área	Area de Maniobra
Zona del área	Aguas interiores
Tipo de Fondo	Suelo Duro (Rocoso)
Profundidad de Referencia (m)	15.5 m
Estado del buque	Navegación

Metodología del Dimensionamiento. ROM 3.1-99



DATOS DEL BUQUE

Tipo de Buque	Gasero
Clase	Q-Flex

DATOS PRINCIPALES

Lpp	302.00	[m]	Área expuesta al viento	7825.17	[m^2]
Manga	50.00	[m]	Área expuesta al oleaje	3562.72	[m^2]
Calado	12.00	[m]	Brazo de viento	26.24	[m]
Desplazamiento	142270	[t]	Inercia	8.11E+11	[m^4]
Volumen	138800	[m^3]	Area Maestra	980	[m^2]
KG	20.25	[m]	Cb	0.766	[-]
Porcentaje carga	1.00	[-]	Cm	1.634	[-]

CRITERIO DE RIESGO CONSIDERADO

Emax	0.05	[-]

NOTAS

Los datos del buque aquí presentados han sido proporcionados por Royal Caribbean o extraido a partir de las formas del buque y no de ecuaciones empíricas simplificadas.
En particular tienen importancia los datos de Cb, KG, Area Vélica, Brazo de presiones de viento e Inercias

El valor de Emax, relativo al riesgo máximo admisible, se ha definido de acuerdo a ROM 3.1-99, Capítulo 2, Tabla 2.2, considerando "riesgo de destrucción total" y "probabilidad de pérdidas humanas esperable", con una "alta repercusión económica"

FACTORES RELACIONADOS CON EL BUQUE (H1)

CALADO ESTÁTICO

Calado estático considerado	12.00	m

CAMBIOS EN LA DENSIDAD DEL AGUA

Se considera para los cálculos agua salada, con densidad 1025 Kg/m^3

Sobrecalado considerado por cambios en la densidad del agua	0.00	m

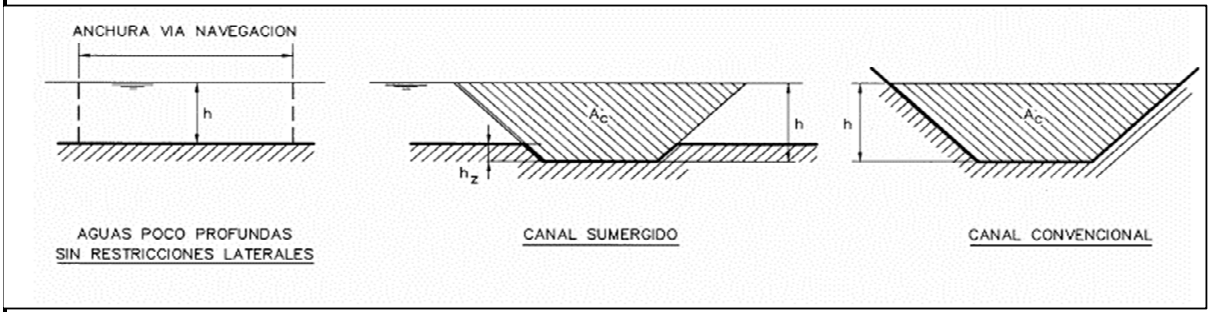
SOBRECALADO POR DISTRIBUCIÓN DE CARGAS

Tipo de buque	Mercantes (PC)	Factor	0.0025	Lpp

Sobrecalado por distribución de cargas	0.76	m

TRIMADO DINAMICO O SQUAT

Tipo de Canal	Convencional



Velocidad de navegación	1.0	[m/s]
Profundidad	9.5	[m]
Nivel media de Agua	6.0	[m]
Fnh	0.081	[-]

Ancho canal	250.0	[m]	Area del buque	588	[m^2]
Talud (1:x)	5.0	[-]	Area del canal	3923	[m^2]
Talud (°)	11.3	[°]	K1	1.000	[-]

S1	0.150	[-]
Ks	1.877	[-]

Sobrecalado por Trimado Dinámico o Squat	0.05	m

MOVIMIENTOS DEL BUQUE PRODUCIDOS POR EL OLEAJE

Hs	0.5	[m]	Dir Navegación	322	[º]
Dir Oleaje	322	[º]	Dir Encuentro	0	[º]

Factor de movimientos de oleaje	c1	0.0000	[m]
Coeficiente mayoración base riesgo	c2	1.950	[-]
Coeficiente por corrección de condición de carga	c3	1.000	[-]
Coeficiente por corrección de velocidad	c4	1.078	[-]
Coeficiente por corrección de profundidad	c5	1.046	[-]
Coeficiente por correción de dirección de encuentro	c6	1.000	[-]
Coeficiente por correción total	ct	2.199	[-]

Movimientos del buque	**0.00**	**m**

ESCORAS DEL BUQUE POR LA ACCIÓN DEL VIENTO

Velocidad Viento	15.4	[m/s]	Velocidad Relativa Long	6.3	[º]
Dirección Viento Absoluta	180	[º]	Velocidad Relativa Trans	14.5	[º]
Rumbo	250	[º]	Dirección Relativa	66.6	[º]
Densidad agua	1.025	[t/m^3]	Densidad aire	0.0013	[t/m^3]
Centro de Deriva	6.6	[m]	Superficie velica	7825.1747	[m^2]
Centro acción del viento	26.2	[m]	Cy Viento	1.06	[-]
dvd	19.6	[m]	Fuerza del viento	116	[t]

Momento de inercia	1853049	[m^4]

Distancia vertical entre el centro de gravedad de pesos y el centro de empuje	13.75	[m]
Angulo de escora por viento	2.27	[º]
	0	
Sobrecalado por acción del viento	**0.99**	**m**

ESCORAS DEL BUQUE POR LA ACCIÓN DE LA CORRIENTE

Velocidad corriente	0.05	[m/s]	Velocidad Relativa Long	1.0	[º]
Dirección Corriente Abs	240	[m/s]	Velocidad Relativa Trans	0.0	[º]
Rumbo	60	[º]	Dirección Relativa	0	[º]
Centro acción corriente	4.69	[m]	Cy corriente	2.733	[-]
dcg	15.5589	[m]	Fuerza de la corriente	0	[t]
Densidad agua	1.025	[t/m^3]	Superficie corriente	3624	[m^2]

Momento de inercia	1853049	[m^4]

Distancia vertical entre el centro de gravedad de pesos y el centro de empuje	13.75	[m]
Angulo de escora por corriente	0.00	[º]
Sobrecalado por acción de la corriente	**0.00**	**m**

ESCORAS DEL BUQUE POR CAMBIOS DE RUMBO

Tipo Canal	Recto

Velocidad del buque	1.0	[m/s]		Centro deriva	7.2	[m]
Radio giro	0	[m]		dcg	13.05	[m]
Masa buque (M+MA)	156497	[t]		Densidad agua	1.025	[t/m^3]
Fuerza centrifuga	0	[t]		Momento de inercia	1853048.792	[m^4]

Distancia vertical entre el centro de gravedad de pesos y el centro de empuje	13.75	[m]
Angulo escora	0.00	[º]
Sobrecalado por cambio de rumbo	**0.00**	**m**

RESGUARDO PARA SEGURIDAD Y CONTROL DE MANIOBRABILIDAD DEL BUQUE

Desplazamiento del buque	Gran Desplazamiento (>30.000 t)
Tipo de Fondo	Suelo Duro (Rocoso)
Velocidad del buque	Velocidad limitada (<=8 nudos)

Resgurado de maniobrabilidad	0.30	m
Margen de seguridad	0.60	m
Resguardo de maniobrabilidad y margen de seguridad	0.90	m

FACTOR RELACIONADO CON EL BUQUE TOTAL (H1)

En crujía del buque	**H1=**	**13.70**	**m**
En las bandas del buque	**H1=**	**14.60**	**m**
Factor Relacionado con el Buque Total (H1)	**H1=**	**14.60**	**m**

— Determinación en la crujía del buque:

$$H_1 = D_e + d_s + d_g + d_t + 0.7\ d_w + rv_{sm} + rv_{sd}$$

— Determinación en las bandas de babor o estribor del buque:

$$H_1 = D_e + d_s + d_g + d_t + d_w + d_v + d_c + d_r + 0.7\ .\ rv_{sm} + rv_{sd}$$

FACTORES RELACIONADOS CON EL NIVEL DE LAS AGUAS (H2)

Los factores relacionados con el nivel de las aguas no se contemplan en este análisis ya que el nivel de referenica sobre el que se calculan las profundidades requeridas es:

FACTORES RELACIONADOS CON EL FONDO (H3)

MARGEN PARA IMPRECISIONES DE LA BATIMETRIA

Localización de la zona de navegación	Aguas exteriores	
Tipo de buque de medición	Sin sistemas de compensación del oleaje	
Tolerancia a portado por empresa dragadora (solo si conocida)		m
Margen para imprecisiones en la batimetría	0.16	m

DEPOSITO DE SEDIMENTOS ENTRE DOS CAMPAÑAS DE DRAGADO

En caso de querer considerar deposito de sedimento entre campaña de dragados para evitar aterramientos y reducir labores de mantenimientos se deberá añadir este valor a la profundidad requerida

Deposito de sedimentos	0.00	m

TOLERANCIA DE EJECUCION DEL DRAGADO

Tipo de Suelo	Suelo Duro (Rocoso)	
Tolerancia a portado por empresa dragadora (solo si conocida)		m
Tolerancia de ejecución del dragado	0.50	m

FACTOR RELACIONADO CON EL FONDO TOTAL (H3)

Factores relacionados con el fondo	**H3=**	**0.66**	**m**

Profundidad FInal Requerida (H1+H2+H3)

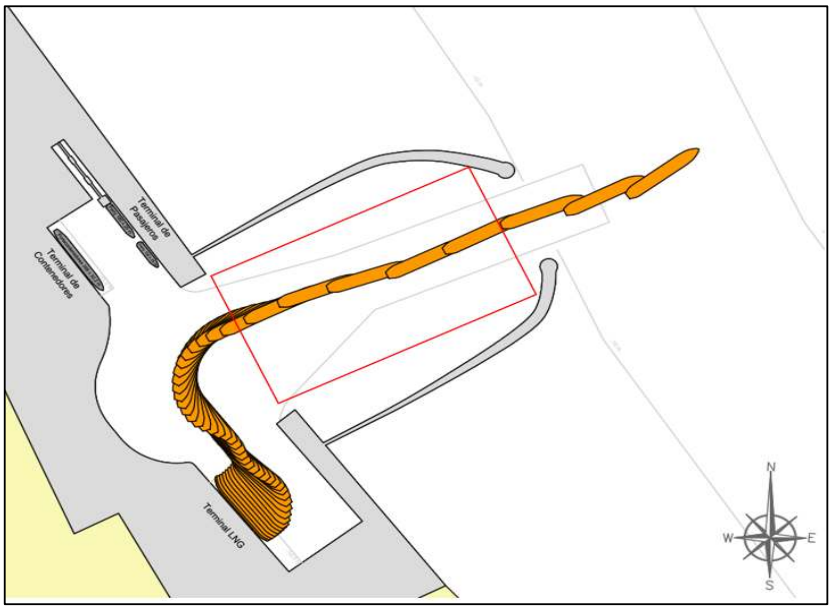
Esta profundidad ha sido calculada en base a un nivel de referencia correspondiente a la BMVE -0.13 m, cuyo valor estadístico muestra una excedencia del 99% del tiempo

FACTORES RELACIONADOS CON EL BUQUE. TOTAL (H1)	**14.60**	m
FACTORES RELACIONADOS CON EL NIVEL DE AGUA. TOTAL (H2)	**0.00**	m
FACTORES RELACIONADOS CON EL FONDO. TOTAL (H3)	**0.66**	m
PROFUNDIDAD REQUERIDA (BMVM)	**15.25**	m
H/D	**1.27**	

Dimensionamiento en Alzado

Proyecto	Argentina - Puerto de Tierra de Fuego

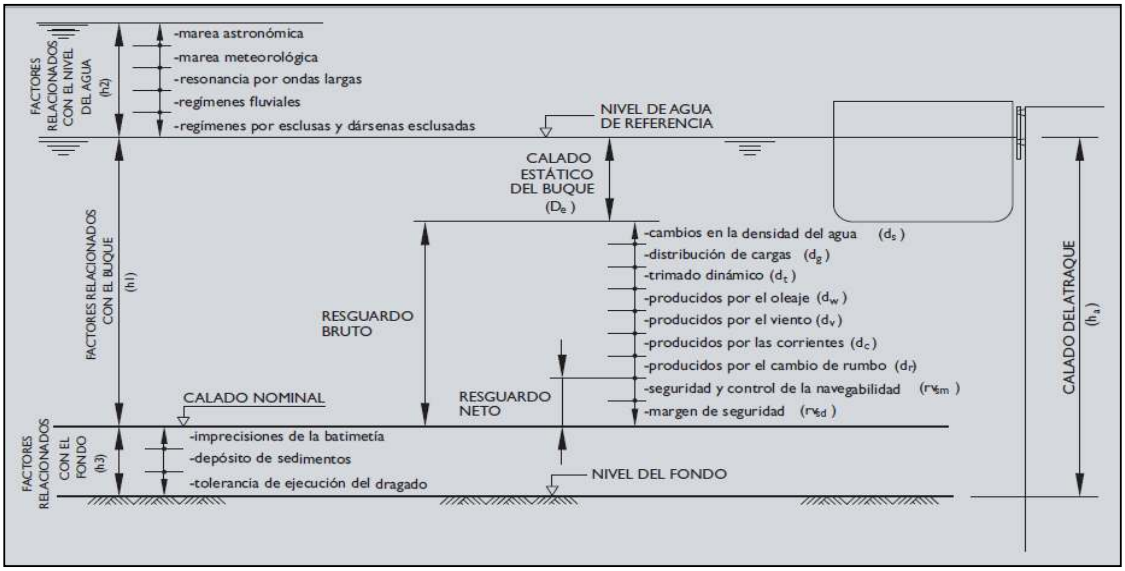
Zona de Estudio



Datos de Referencia de la zona de estudio

Área de Análisis	Tramo III. Recto
Tipo de Área	Canal de Acceso
Zona del área	Aguas interiores
Tipo de Fondo	Suelo Duro (Rocoso)
Profundidad de Referencia (m)	16 m
Estado del buque	Navegación

Metodología del Dimensionamiento. ROM 3.1-99



DATOS DEL BUQUE

Tipo de Buque	Gasero
Clase	Q-Flex

DATOS PRINCIPALES

Lpp	302.00	[m]	Área expuesta al viento	7825.17	[m^2]
Manga	50.00	[m]	Área expuesta al oleaje	3562.72	[m^2]
Calado	12.00	[m]	Brazo de viento	26.24	[m]
Desplazamiento	142270	[t]	Inercia	8.11E+11	[m^4]
Volumen	138800	[m^3]	Area Maestra	980	[m^2]
KG	20.25	[m]	Cb	0.766	[-]
Porcentaje carga	1.00	[-]	Cm	1.634	[-]

CRITERIO DE RIESGO CONSIDERADO

Emax	0.05	[-]

NOTAS

Los datos del buque aquí presentados han sido proporcionados por Royal Caribbean o extraido a partir de las formas del buque y no de ecuaciones empíricas simplificadas.
En particular tienen importancia los datos de Cb, KG, Area Vélica, Brazo de presiones de viento e Inercias

El valor de Emax, relativo al riesgo máximo admisible, se ha definido de acuerdo a ROM 3.1-99, Capítulo 2, Tabla 2.2, considerando "riesgo de destrucción total" y "probabilidad de pérdidas humanas esperable", con una "alta repercusión económica"

FACTORES RELACIONADOS CON EL BUQUE (H1)

CALADO ESTÁTICO

Calado estático considerado	12.00	m

CAMBIOS EN LA DENSIDAD DEL AGUA

Se considera para los cálculos agua salada, con densidad 1025 Kg/m^3

Sobrecalado considerado por cambios en la densidad del agua	0.00	m

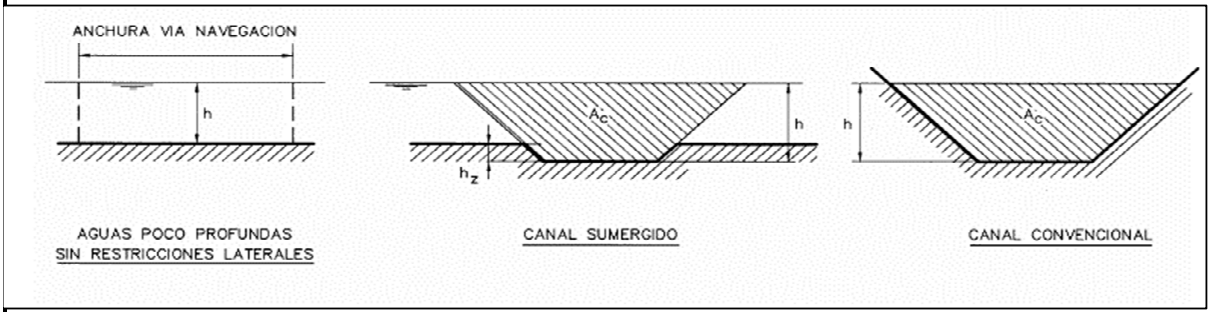
SOBRECALADO POR DISTRIBUCIÓN DE CARGAS

Tipo de buque	Mercantes (PC)	Factor	0.0025	Lpp

Sobrecalado por distribución de cargas	0.76	m

TRIMADO DINAMICO O SQUAT

Tipo de Canal	Convencional



Velocidad de navegación	3.0	[m/s]
Profundidad	10.0	[m]
Nivel media de Agua	6.0	[m]
Fnh	0.239	[-]

Ancho canal	250.0	[m]	Area del buque	588	[m^2]
Talud (1:x)	5.0	[-]	Area del canal	4051	[m^2]
Talud (°)	11.3	[°]	K1	1.000	[-]

S1	0.145	[-]
Ks	1.841	[-]

Sobrecalado por Trimado Dinámico o Squat	0.40	m

MOVIMIENTOS DEL BUQUE PRODUCIDOS POR EL OLEAJE

Hs	1.0	[m]	Dir Navegación	322	[º]
Dir Oleaje	250	[º]	Dir Encuentro	72	[º]

Factor de movimientos de oleaje	c1	0.0000	[m]
Coeficiente mayoración base riesgo	c2	1.950	[-]
Coeficiente por corrección de condición de carga	c3	1.000	[-]
Coeficiente por corrección de velocidad	c4	1.339	[-]
Coeficiente por corrección de profundidad	c5	1.037	[-]
Coeficiente por correción de dirección de encuentro	c6	1.602	[-]
Coeficiente por correción total	ct	4.339	[-]

Movimientos del buque	**0.00**	**m**

ESCORAS DEL BUQUE POR LA ACCIÓN DEL VIENTO

Velocidad Viento	15.4	[m/s]	Velocidad Relativa Long	-6.5	[º]
Dirección Viento Absoluta	90	[º]	Velocidad Relativa Trans	-12.2	[º]
Rumbo	322	[º]	Dirección Relativa	118.1	[º]
Densidad agua	1.025	[t/m^3]	Densidad aire	0.0013	[t/m^3]
Centro de Deriva	6.6	[m]	Superficie velica	7825.1747	[m^2]
Centro acción del viento	26.2	[m]	Cy Viento	1.06	[-]
dvd	19.6	[m]	Fuerza del viento	81	[t]

Momento de inercia	1853049	[m^4]

Distancia vertical entre el centro de gravedad de pesos y el centro de empuje	13.75	[m]
Angulo de escora por viento	1.59	[º]
	0	
Sobrecalado por acción del viento	**0.70**	**m**

ESCORAS DEL BUQUE POR LA ACCIÓN DE LA CORRIENTE

Velocidad corriente	0.10	[m/s]	Velocidad Relativa Long	3.0	[º]
Dirección Corriente Abs	250	[m/s]	Velocidad Relativa Trans	0.1	[º]
Rumbo	322	[º]	Dirección Relativa	2	[º]
Centro acción corriente	4.69	[m]	Cy corriente	2.733	[-]
dcg	15.5589	[m]	Fuerza de la corriente	5	[t]
Densidad agua	1.025	[t/m^3]	Superficie corriente	3624	[m^2]

Momento de inercia	1853049	[m^4]

Distancia vertical entre el centro de gravedad de pesos y el centro de empuje	13.75	[m]
Angulo de escora por corriente	0.07	[º]
Sobrecalado por acción de la corriente	**0.03**	**m**

ESCORAS DEL BUQUE POR CAMBIOS DE RUMBO

Tipo Canal	Recto

Velocidad del buque	3.0	[m/s]		Centro deriva	7.2	[m]
Radio giro	0	[m]		dcg	13.05	[m]
Masa buque (M+MA)	156497	[t]		Densidad agua	1.025	[t/m^3]
Fuerza centrifuga	0	[t]		Momento de inercia	1853048.792	[m^4]

Distancia vertical entre el centro de gravedad de pesos y el centro de empuje	13.75	[m]
Angulo escora	0.00	[º]
Sobrecalado por cambio de rumbo	**0.00**	**m**

RESGUARDO PARA SEGURIDAD Y CONTROL DE MANIOBRABILIDAD DEL BUQUE

Desplazamiento del buque	Gran Desplazamiento (>30.000 t)
Tipo de Fondo	Suelo Duro (Rocoso)
Velocidad del buque	Velocidad limitada (<=8 nudos)

Resgurado de maniobrabilidad	0.30	m
Margen de seguridad	0.60	m
Resguardo de maniobrabilidad y margen de seguridad	0.90	m

FACTOR RELACIONADO CON EL BUQUE TOTAL (H1)

En crujía del buque	**H1=**	**14.05**	**m**
En las bandas del buque	**H1=**	**14.69**	**m**
Factor Relacionado con el Buque Total (H1)	**H1=**	**14.69**	**m**

— Determinación en la crujía del buque:

$$H_1 = D_e + d_s + d_g + d_t + 0.7\ d_w + rv_{sm} + rv_{sd}$$

— Determinación en las bandas de babor o estribor del buque:

$$H_1 = D_e + d_s + d_g + d_t + d_w + d_v + d_c + d_r + 0.7\ .\ rv_{sm} + rv_{sd}$$

FACTORES RELACIONADOS CON EL NIVEL DE LAS AGUAS (H2)

Los factores relacionados con el nivel de las aguas no se contemplan en este análisis ya que el nivel de referenica sobre el que se calculan las profundidades requeridas es:

FACTORES RELACIONADOS CON EL FONDO (H3)

MARGEN PARA IMPRECISIONES DE LA BATIMETRIA

Localización de la zona de navegación	Aguas exteriores	
Tipo de buque de medición	Sin sistemas de compensación del oleaje	
Tolerancia a portado por empresa dragadora (solo si conocida)		m
Margen para imprecisiones en la batimetría	0.16	m

DEPOSITO DE SEDIMENTOS ENTRE DOS CAMPAÑAS DE DRAGADO

En caso de querer considerar deposito de sedimento entre campaña de dragados para evitar aterramientos y reducir labores de mantenimientos se deberá añadir este valor a la profundidad requerida

Deposito de sedimentos	0.00	m

TOLERANCIA DE EJECUCION DEL DRAGADO

Tipo de Suelo	Suelo Duro (Rocoso)	
Tolerancia a portado por empresa dragadora (solo si conocida)		m
Tolerancia de ejecución del dragado	0.50	m

FACTOR RELACIONADO CON EL FONDO TOTAL (H3)

Factores relacionados con el fondo	**H3=**	**0.66**	**m**

Profundidad FInal Requerida (H1+H2+H3)

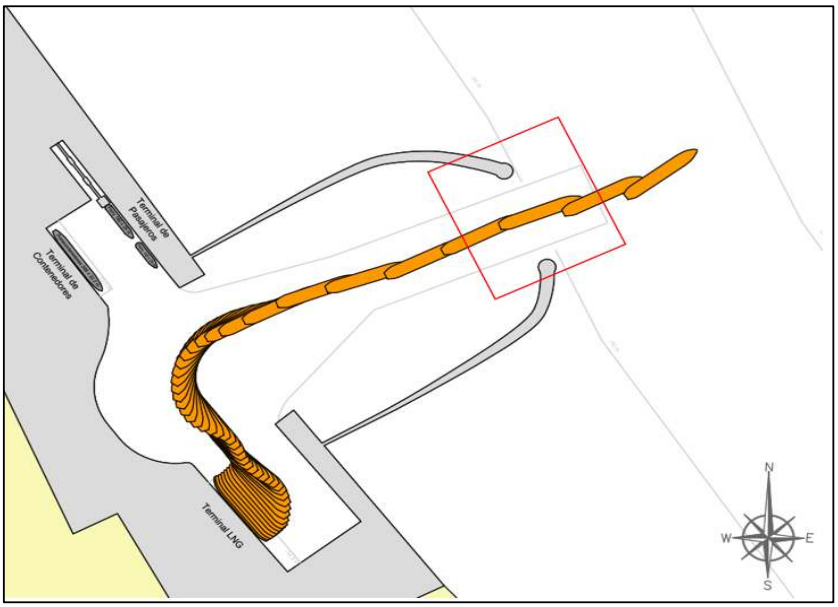
Esta profundidad ha sido calculada en base a un nivel de referencia correspondiente a la BMVE -0.13 m, cuyo valor estadístico muestra una excedencia del 99% del tiempo

FACTORES RELACIONADOS CON EL BUQUE. TOTAL (H1)	**14.69**	m
FACTORES RELACIONADOS CON EL NIVEL DE AGUA. TOTAL (H2)	**0.00**	m
FACTORES RELACIONADOS CON EL FONDO. TOTAL (H3)	**0.66**	m
PROFUNDIDAD REQUERIDA (BMVM)	**15.35**	m
H/D	**1.28**	

Dimensionamiento en Alzado

Proyecto	Argentina - Puerto de Tierra de Fuego

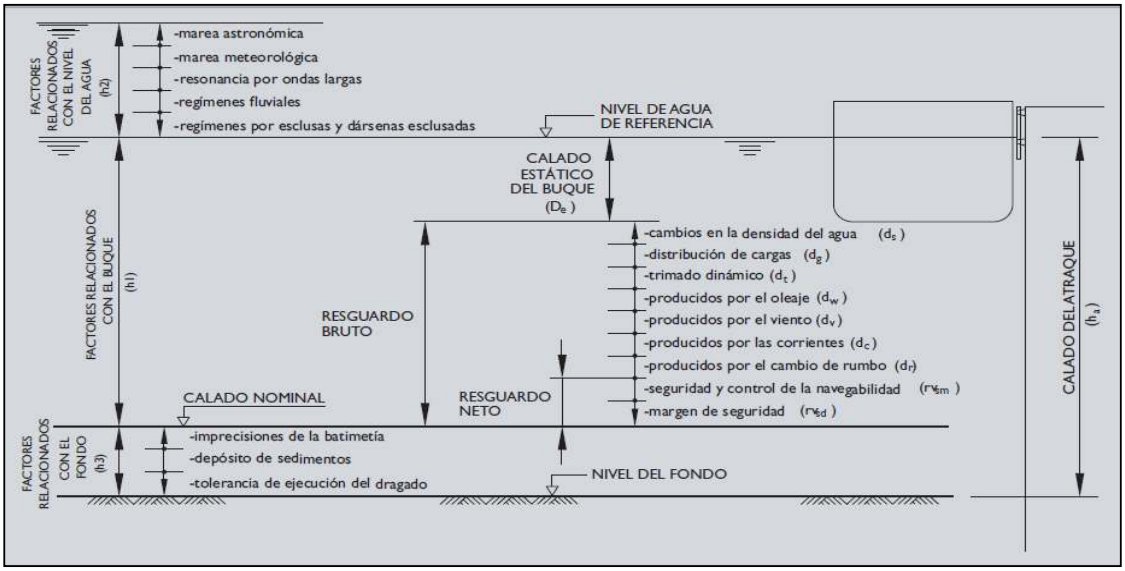
Zona de Estudio



Datos de Referencia de la zona de estudio

Área de Análisis	Tramo IV. Recto (Paso por la bocana)
Tipo de Área	Canal de Acceso
Zona del área	Aguas interiores
Tipo de Fondo	Suelo Duro (Rocoso)
Profundidad de Referencia (m)	16.75 m
Estado del buque	Navegación

Metodología del Dimensionamiento. ROM 3.1-99



DATOS DEL BUQUE

Tipo de Buque	Gasero
Clase	Q-Flex

DATOS PRINCIPALES

Lpp	302.00	[m]	Área expuesta al viento	7825.17	[m^2]
Manga	50.00	[m]	Área expuesta al oleaje	3562.72	[m^2]
Calado	12.00	[m]	Brazo de viento	26.24	[m]
Desplazamiento	142270	[t]	Inercia	8.11E+11	[m^4]
Volumen	138800	[m^3]	Area Maestra	980	[m^2]
KG	20.25	[m]	Cb	0.766	[-]
Porcentaje carga	1.00	[-]	Cm	1.634	[-]

CRITERIO DE RIESGO CONSIDERADO

Emax	0.05	[-]

NOTAS

Los datos del buque aquí presentados han sido proporcionados por Royal Caribbean o extraido a partir de las formas del buque y no de ecuaciones empíricas simplificadas.
En particular tienen importancia los datos de Cb, KG, Area Vélica, Brazo de presiones de viento e Inercias

El valor de Emax, relativo al riesgo máximo admisible, se ha definido de acuerdo a ROM 3.1-99, Capítulo 2, Tabla 2.2, considerando "riesgo de destrucción total" y "probabilidad de pérdidas humanas esperable", con una "alta repercusión económica"

FACTORES RELACIONADOS CON EL BUQUE (H1)

CALADO ESTÁTICO

Calado estático considerado	12.00	m

CAMBIOS EN LA DENSIDAD DEL AGUA

Se considera para los cálculos agua salada, con densidad 1025 Kg/m^3

Sobrecalado considerado por cambios en la densidad del agua	0.00	m

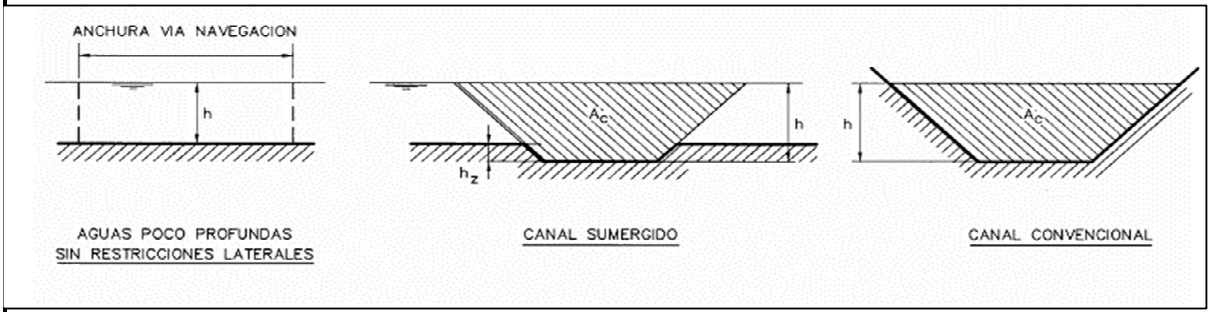
SOBRECALADO POR DISTRIBUCIÓN DE CARGAS

Tipo de buque	Mercantes (PC)	Factor	0.0025	Lpp

Sobrecalado por distribución de cargas	0.76	m

TRIMADO DINAMICO O SQUAT

Tipo de Canal	Convencional



Velocidad de navegación	5.0	[m/s]
Profundidad	10.8	[m]
Nivel media de Agua	6.0	[m]
Fnh	0.390	[-]

Ancho canal	250.0	[m]
Talud (1:x)	5.0	[-]
Talud (°)	11.3	[°]

Area del buque	588	[m^2]
Area del canal	4244	[m^2]
K1	1.000	[-]

S1	0.139	[-]
Ks	1.792	[-]

Sobrecalado por Trimado Dinámico o Squat	1.08	m

MOVIMIENTOS DEL BUQUE PRODUCIDOS POR EL OLEAJE

Hs	1.0	[m]	Dir Navegación	60	[º]
Dir Oleaje	250	[º]	Dir Encuentro	10	[º]

Factor de movimientos de oleaje	c1	0.0000	[m]
Coeficiente mayoración base riesgo	c2	1.950	[-]
Coeficiente por corrección de condición de carga	c3	1.000	[-]
Coeficiente por corrección de velocidad	c4	1.350	[-]
Coeficiente por corrección de profundidad	c5	1.023	[-]
Coeficiente por correción de dirección de encuentro	c6	1.000	[-]
Coeficiente por correción total	ct	2.693	[-]

Movimientos del buque	**0.00**	**m**

ESCORAS DEL BUQUE POR LA ACCIÓN DEL VIENTO

Velocidad Viento	15.4	[m/s]	Velocidad Relativa Long	9.0	[º]
Dirección Viento Absoluta	135	[º]	Velocidad Relativa Trans	-14.9	[º]
Rumbo	60	[º]	Dirección Relativa	58.9	[º]
Densidad agua	1.025	[t/m^3]	Densidad aire	0.0013	[t/m^3]
Centro de Deriva	6.6	[m]	Superficie velica	7825.1747	[m^2]
Centro acción del viento	26.2	[m]	Cy Viento	1.06	[-]
dvd	19.6	[m]	Fuerza del viento	122	[t]

Momento de inercia	1853049	[m^4]

Distancia vertical entre el centro de gravedad de pesos y el centro de empuje	13.75	[m]
Angulo de escora por viento	2.39	[º]
	0	
Sobrecalado por acción del viento	**1.04**	**m**

ESCORAS DEL BUQUE POR LA ACCIÓN DE LA CORRIENTE

Velocidad corriente	0.10	[m/s]	Velocidad Relativa Long	4.9	[º]
Dirección Corriente Abs	250	[m/s]	Velocidad Relativa Trans	0.0	[º]
Rumbo	60	[º]	Dirección Relativa	0	[º]
Centro acción corriente	6.54	[m]	Cy corriente	2.578	[-]
dcg	13.715	[m]	Fuerza de la corriente	0	[t]
Densidad agua	1.025	[t/m^3]	Superficie corriente	3624	[m^2]

Momento de inercia	1853049	[m^4]

Distancia vertical entre el centro de gravedad de pesos y el centro de empuje	13.75	[m]
Angulo de escora por corriente	0.00	[º]
Sobrecalado por acción de la corriente	**0.00**	**m**

ESCORAS DEL BUQUE POR CAMBIOS DE RUMBO

Tipo Canal	Recto

Velocidad del buque	5.0	[m/s]		Centro deriva	7.2	[m]
Radio giro	0	[m]		dcg	13.05	[m]
Masa buque (M+MA)	156497	[t]		Densidad agua	1.025	[t/m^3]
Fuerza centrifuga	0	[t]		Momento de inercia	1853048.792	[m^4]

Distancia vertical entre el centro de gravedad de pesos y el centro de empuje	13.75	[m]
Angulo escora	0.00	[º]
Sobrecalado por cambio de rumbo	**0.00**	**m**

RESGUARDO PARA SEGURIDAD Y CONTROL DE MANIOBRABILIDAD DEL BUQUE

Desplazamiento del buque	Gran Desplazamiento (>30.000 t)
Tipo de Fondo	Suelo Duro (Rocoso)
Velocidad del buque	Velocidad no limitada (>8 nudos)

Resgurado de maniobrabilidad	0.60	m
Margen de seguridad	0.60	m
Resguardo de maniobrabilidad y margen de seguridad	1.20	m

FACTOR RELACIONADO CON EL BUQUE TOTAL (H1)

En crujía del buque	**H1=**	**15.04**	**m**
En las bandas del buque	**H1=**	**15.90**	**m**
Factor Relacionado con el Buque Total (H1)	**H1=**	**15.90**	**m**

— Determinación en la crujía del buque:

$$H_1 = D_e + d_s + d_g + d_t + 0.7\ d_w + rv_{sm} + rv_{sd}$$

— Determinación en las bandas de babor o estribor del buque:

$$H_1 = D_e + d_s + d_g + d_t + d_w + d_v + d_c + d_r + 0.7\ .\ rv_{sm} + rv_{sd}$$

FACTORES RELACIONADOS CON EL NIVEL DE LAS AGUAS (H2)

Los factores relacionados con el nivel de las aguas no se contemplan en este análisis ya que el nivel de referenica sobre el que se calculan las profundidades requeridas es:

FACTORES RELACIONADOS CON EL FONDO (H3)

MARGEN PARA IMPRECISIONES DE LA BATIMETRIA

Localización de la zona de navegación	Aguas exteriores	
Tipo de buque de medición	Sin sistemas de compensación del oleaje	
Tolerancia a portado por empresa dragadora (solo si conocida)		m
Margen para imprecisiones en la batimetría	0.17	m

DEPOSITO DE SEDIMENTOS ENTRE DOS CAMPAÑAS DE DRAGADO

En caso de querer considerar deposito de sedimento entre campaña de dragados para evitar aterramientos y reducir labores de mantenimientos se deberá añadir este valor a la profundidad requerida

Deposito de sedimentos	0.00	m

TOLERANCIA DE EJECUCION DEL DRAGADO

Tipo de Suelo	Suelo Duro (Rocoso)	
Tolerancia a portado por empresa dragadora (solo si conocida)		m
Tolerancia de ejecución del dragado	0.50	m

FACTOR RELACIONADO CON EL FONDO TOTAL (H3)

Factores relacionados con el fondo	**H3=**	**0.67**	**m**

Profundidad FInal Requerida (H1+H2+H3)

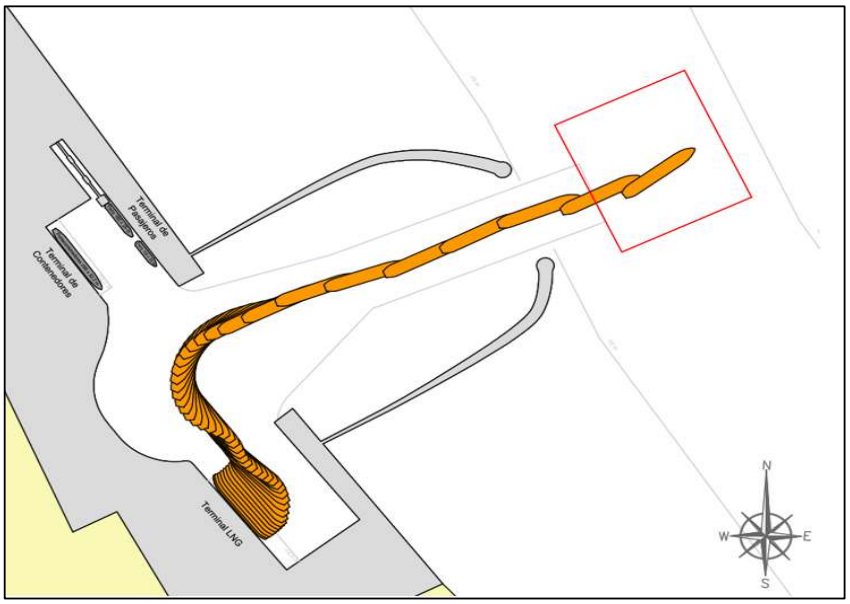
Esta profundidad ha sido calculada en base a un nivel de referencia correspondiente a la BMVE -0.13 m, cuyo valor estadístico muestra una excedencia del 99% del tiempo

FACTORES RELACIONADOS CON EL BUQUE. TOTAL (H1)	**15.90**	m
FACTORES RELACIONADOS CON EL NIVEL DE AGUA. TOTAL (H2)	**0.00**	m
FACTORES RELACIONADOS CON EL FONDO. TOTAL (H3)	**0.67**	m
PROFUNDIDAD REQUERIDA (BMVM)	**16.57**	m
H/D	**1.38**	

Dimensionamiento en Alzado

Proyecto	Argentina - Puerto de Tierra de Fuego

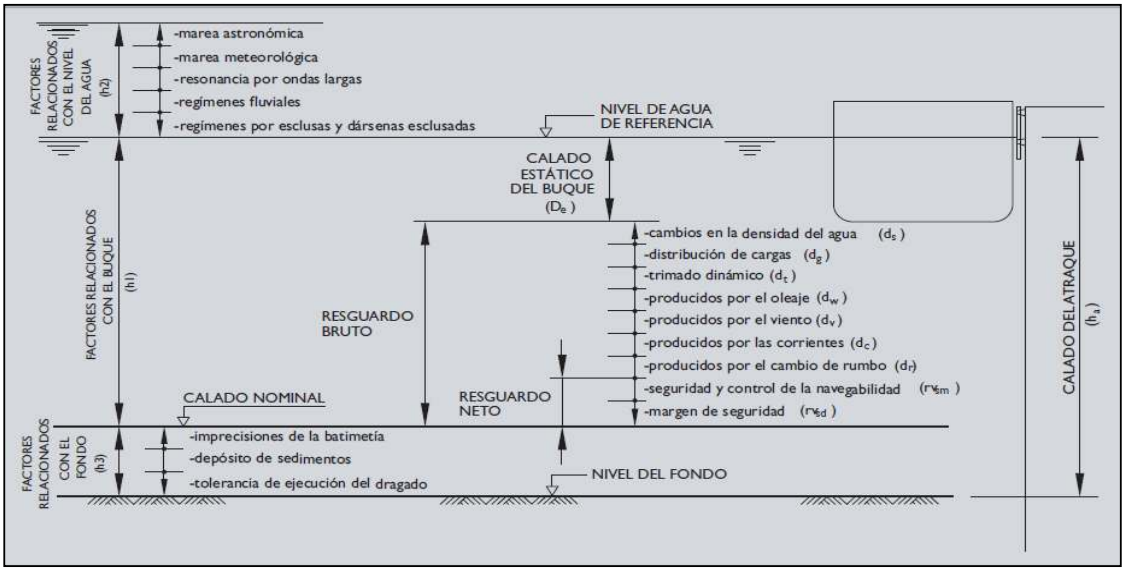
Zona de Estudio



Datos de Referencia de la zona de estudio

Área de Análisis	Tramo V. Recto Exterior
Tipo de Área	Canal de Acceso
Zona del área	Aguas exteriores
Tipo de Fondo	Suelo Duro (Rocoso)
Profundidad de Referencia (m)	16.75 m
Estado del buque	Navegación

Metodología del Dimensionamiento. ROM 3.1-99



DATOS DEL BUQUE

Tipo de Buque	Gasero
Clase	Q-Flex

DATOS PRINCIPALES

Lpp	302.00	[m]	Área expuesta al viento	7825.17	[m^2]
Manga	50.00	[m]	Área expuesta al oleaje	3562.72	[m^2]
Calado	12.00	[m]	Brazo de viento	26.24	[m]
Desplazamiento	142270	[t]	Inercia	8.11E+11	[m^4]
Volumen	138800	[m^3]	Area Maestra	980	[m^2]
KG	20.25	[m]	Cb	0.766	[-]
Porcentaje carga	1.00	[-]	Cm	1.634	[-]

CRITERIO DE RIESGO CONSIDERADO

Emax	0.05	[-]

NOTAS

Los datos del buque aquí presentados han sido proporcionados por Royal Caribbean o extraido a partir de las formas del buque y no de ecuaciones empíricas simplificadas.
En particular tienen importancia los datos de Cb, KG, Area Vélica, Brazo de presiones de viento e Inercias

El valor de Emax, relativo al riesgo máximo admisible, se ha definido de acuerdo a ROM 3.1-99, Capítulo 2, Tabla 2.2, considerando "riesgo de destrucción total" y "probabilidad de pérdidas humanas esperable", con una "alta repercusión económica"

FACTORES RELACIONADOS CON EL BUQUE (H1)

CALADO ESTÁTICO

Calado estático considerado	12.00	m

CAMBIOS EN LA DENSIDAD DEL AGUA

Se considera para los cálculos agua salada, con densidad 1025 Kg/m^3

Sobrecalado considerado por cambios en la densidad del agua	0.00	m

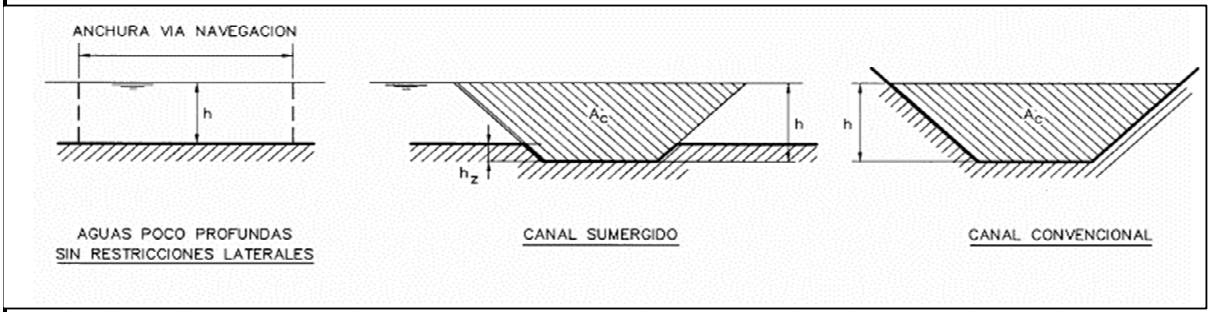
SOBRECALADO POR DISTRIBUCIÓN DE CARGAS

Tipo de buque	Mercantes (PC)	Factor	0.0025	Lpp

Sobrecalado por distribución de cargas	0.76	m

TRIMADO DINAMICO O SQUAT

Tipo de Canal	Convencional



Velocidad de navegación	4.0	[m/s]
Profundidad	10.8	[m]
Nivel media de Agua	6.0	[m]
Fnh	0.312	[-]

Ancho canal	250.0	[m]
Talud (1:x)	5.0	[-]
Talud (°)	11.3	[°]

Area del buque	588	[m^2]
Area del canal	4244	[m^2]
K1	1.000	[-]

S1	0.139	[-]
Ks	1.792	[-]

Sobrecalado por Trimado Dinámico o Squat	0.67	m

MOVIMIENTOS DEL BUQUE PRODUCIDOS POR EL OLEAJE

Hs	2.0	[m]	Dir Navegación	60	[º]
Dir Oleaje	135	[º]	Dir Encuentro	75	[º]

Factor de movimientos de oleaje	c1	0.1590	[m]
Coeficiente mayoración base riesgo	c2	1.950	[-]
Coeficiente por corrección de condición de carga	c3	1.000	[-]
Coeficiente por corrección de velocidad	c4	1.350	[-]
Coeficiente por corrección de profundidad	c5	1.023	[-]
Coeficiente por correción de dirección de encuentro	c6	1.618	[-]
Coeficiente por correción total	ct	4.358	[-]

Movimientos del buque	**0.69**	**m**

ESCORAS DEL BUQUE POR LA ACCIÓN DEL VIENTO

Velocidad Viento	15.4	[m/s]	Velocidad Relativa Long	8.0	[º]
Dirección Viento Absoluta	135	[º]	Velocidad Relativa Trans	-14.9	[º]
Rumbo	60	[º]	Dirección Relativa	61.8	[º]
Densidad agua	1.025	[t/m^3]	Densidad aire	0.0013	[t/m^3]
Centro de Deriva	6.6	[m]	Superficie velica	7825.1747	[m^2]
Centro acción del viento	26.2	[m]	Cy Viento	1.06	[-]
dvd	19.6	[m]	Fuerza del viento	122	[t]

Momento de inercia	1853049	[m^4]

Distancia vertical entre el centro de gravedad de pesos y el centro de empuje	13.75	[m]
Angulo de escora por viento	2.39	[º]
	0	
Sobrecalado por acción del viento	**1.04**	**m**

ESCORAS DEL BUQUE POR LA ACCIÓN DE LA CORRIENTE

Velocidad corriente	0.40	[m/s]	Velocidad Relativa Long	4.1	[º]
Dirección Corriente Abs	135	[m/s]	Velocidad Relativa Trans	-0.4	[º]
Rumbo	60	[º]	Dirección Relativa	5	[º]
Centro acción corriente	6.54	[m]	Cy corriente	2.578	[-]
dcg	13.715	[m]	Fuerza de la corriente	73	[t]
Densidad agua	1.025	[t/m^3]	Superficie corriente	3624	[m^2]

Momento de inercia	1853049	[m^4]

Distancia vertical entre el centro de gravedad de pesos y el centro de empuje	13.75	[m]
Angulo de escora por corriente	1.00	[º]
Sobrecalado por acción de la corriente	**0.44**	**m**

ESCORAS DEL BUQUE POR CAMBIOS DE RUMBO

Tipo Canal	Recto

Velocidad del buque	4.0	[m/s]		Centro deriva	7.2	[m]
Radio giro	0	[m]		dcg	13.05	[m]
Masa buque (M+MA)	156497	[t]		Densidad agua	1.025	[t/m^3]
Fuerza centrifuga	0	[t]		Momento de inercia	1853048.792	[m^4]

Distancia vertical entre el centro de gravedad de pesos y el centro de empuje	13.75	[m]
Angulo escora	0.00	[º]
Sobrecalado por cambio de rumbo	**0.00**	**m**

RESGUARDO PARA SEGURIDAD Y CONTROL DE MANIOBRABILIDAD DEL BUQUE

Desplazamiento del buque	Gran Desplazamiento (>30.000 t)
Tipo de Fondo	Suelo Duro (Rocoso)
Velocidad del buque	Velocidad no limitada (>8 nudos)

Resgurado de maniobrabilidad	0.60	m
Margen de seguridad	0.60	m
Resguardo de maniobrabilidad y margen de seguridad	1.20	m

FACTOR RELACIONADO CON EL BUQUE TOTAL (H1)

En crujía del buque	**H1=**	**15.11**	**m**
En las bandas del buque	**H1=**	**16.62**	**m**
Factor Relacionado con el Buque Total (H1)	**H1=**	**16.62**	**m**

— Determinación en la crujía del buque:

$$H_1 = D_e + d_s + d_g + d_t + 0.7\ d_w + rv_{sm} + rv_{sd}$$

— Determinación en las bandas de babor o estribor del buque:

$$H_1 = D_e + d_s + d_g + d_t + d_w + d_v + d_c + d_r + 0.7\ .\ rv_{sm} + rv_{sd}$$

FACTORES RELACIONADOS CON EL NIVEL DE LAS AGUAS (H2)

Los factores relacionados con el nivel de las aguas no se contemplan en este análisis ya que el nivel de referenica sobre el que se calculan las profundidades requeridas es:

FACTORES RELACIONADOS CON EL FONDO (H3)

MARGEN PARA IMPRECISIONES DE LA BATIMETRIA

Localización de la zona de navegación	Aguas exteriores	
Tipo de buque de medición	Sin sistemas de compensación del oleaje	
Tolerancia a portado por empresa dragadora (solo si conocida)		m
Margen para imprecisiones en la batimetría	0.17	m

DEPOSITO DE SEDIMENTOS ENTRE DOS CAMPAÑAS DE DRAGADO

En caso de querer considerar deposito de sedimento entre campaña de dragados para evitar aterramientos y reducir labores de mantenimientos se deberá añadir este valor a la profundidad requerida

Deposito de sedimentos	0.00	m

TOLERANCIA DE EJECUCION DEL DRAGADO

Tipo de Suelo	Suelo Duro (Rocoso)	
Tolerancia a portado por empresa dragadora (solo si conocida)		m
Tolerancia de ejecución del dragado	0.50	m

FACTOR RELACIONADO CON EL FONDO TOTAL (H3)

Factores relacionados con el fondo	**H3=**	**0.67**	**m**

Profundidad FInal Requerida (H1+H2+H3)

Esta profundidad ha sido calculada en base a un nivel de referencia correspondiente a la BMVE -0.13 m, cuyo valor estadístico muestra una excedencia del 99% del tiempo

FACTORES RELACIONADOS CON EL BUQUE. TOTAL (H1)	**16.62**	m
FACTORES RELACIONADOS CON EL NIVEL DE AGUA. TOTAL (H2)	**0.00**	m
FACTORES RELACIONADOS CON EL FONDO. TOTAL (H3)	**0.67**	m
PROFUNDIDAD REQUERIDA (BMVM)	**17.29**	m
H/D	**1.44**	

ESTUDIOS NÁUTICOS BÁSICOS E INGENIERÍA CONCEPTUAL PUERTO RÍO GRANDE, PROVINCIA DE TIERRA DEL FUEGO



INGENIERÍA DE DRAGADO PARA OBRAS DE APERTURA Y MANTENIMIENTO

22044-PRG-IF-008-Rev.B

Enero 2023

Ing. Mauro Campos
Representante Técnico

Ing. Sandra Acuña
Directora del Proyecto

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN 3
2 LAYOUT GENERAL 3
3 CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL A DRAGAR 4
4 VOLUMENES A DRAGAR Y EXCAVAR 9
5 SECUENCIA DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS 10
6 EQUIPOS DE DRAGADO PARA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS 12
7 DISPOSICIÓN DEL MATERIAL DRAGADO 12
8 OPERATIVIDAD DE LOS EQUIPOS 13
8.1 LIMITACIONES OPERATIVAS DE LOS EQUIPOS 13
8.2 CLIMA LOCAL 13
9 RENDIMIENTOS Y PLAZOS DE OBRA 15

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Caracterización física del material encontrado en el sondeo S2. 8
Tabla 2: Volúmenes parciales de dragado y excavación (m3) 9
Tabla 4: Estadística de oleaje en el área protegida por las obras de abrigo. 14
Tabla 5: Estadística de oleaje en la zona de maniobras 14
Tabla 6: Estadística de vientos en el área bajo estudio 15
Tabla 7: Rendimientos promedio y tiempos de dragado netos (días) 15
Tabla 8: Tiempos de dragado considerando un 50% de aumento por tiempos muertos (días) 15

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Áreas náuticas a dragar 3
Figura 2: Perfiles sísmicos en cercanías del canal de acceso. 4
Figura 3: Perfiles sísmicos relevados. 5
Figura 4: Perfiles longitudinales del relevamiento sísmico 6
Figura 5: Ubicación de sondeos y calicatas en tierra. 7
Figura 6: Superficies a dragar y excavar 9
Figura 7: Excavación preliminar para extracción de material de elaboración de bloques de suelo cemento para el núcleo de las obras de abrigo. 10
Figura 8: Construcción de las obras de abrigo. 11
Figura 9: Ejecución de obras de dragado. 11
Figura 10: Conformación de recintos para refulado 13

Ing. Mauro Campos
Representante Técnico

Ing. Sandra Acuña
Directora del Proyecto

ESTUDIO DE IMPACTO MORFOLÓGICO DE LAS OBRAS DE ABRIGO

1 INTRODUCCIÓN

La empresa privada Mirgor, con sedes en Buenos Aires y Río Grande (Tierra del Fuego) y dedicada a la fabricación y distribución de productos tecnológicos (entre otros), ha encarado el estudio de una terminal portuaria al norte de la ciudad de Río Grande. Se trata de un puerto multipropósito ubicado en los predios adquiridos por la empresa, a 25 km de dicha ciudad fueguina. En consecuencia, se realizan los estudios de base para el desarrollo de la ingeniería conceptual de la terminal.

En el presente documento se desarrollan los principales aspectos técnicos de las obras de dragado a ejecutar.

2 LAYOUT GENERAL

En la imagen a continuación se observa el layout de las áreas náuticas diseñadas:

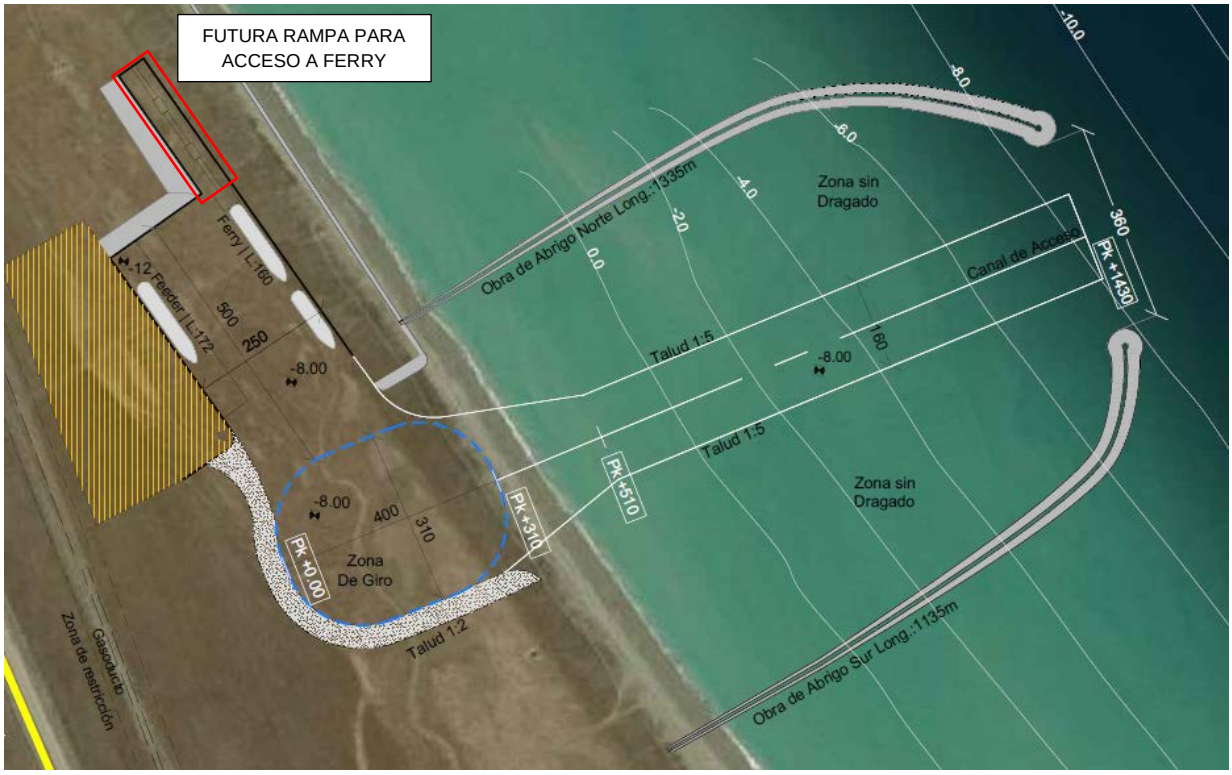


Figura 1: Áreas náuticas

Se trata de un canal de acceso de 160 m de ancho entre las progresivas +1430 y +510. Entre las progresivas +510 y +310 se tiene una zona de transición entre el canal de acceso y la zona de giro, que se va ensanchando hasta un valor de 270 m a partir del cual se desarrolla la zona de maniobras. El canal de acceso será dragado en su totalidad. Por otro lado, el círculo de

maniobras posee un diámetro mayor de 400 m en sentido perpendicular a la costa, y un diámetro menor de 310 m paralelo a la misma. Se ha previsto que el contorno de la zona de giros finalice en un talud 1:2, mientras que los taludes correspondientes al canal de acceso poseen un talud de 1:5. Finalmente la dársena norte se trata de un recinto de forma rectangular, de 250 m de ancho por 500 m de longitud. La cota de solera del canal de acceso, zona de giro y dársena se definió en -8 m referidos al cero del SHN. La dársena norte tendrá una profundización mayor a pie de muelle para permitir que el buque permanezca amarrado en una bajamar extrema, adoptando una cota de solera de -12 m. La zona de maniobras y dársena norte serán excavadas.

3 CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL A DRAGAR

La dureza del material a dragar es un factor clave en este tipo de obras, ya que determina el equipamiento náutico necesario e influye en gran medida en los costos.

Con el objetivo de caracterizar el suelo presente en el lugar, se realizó un relevamiento sísmico que abarcó toda el área involucrada, para de esta manera establecer las características sismoestratigráficas del subsuelo marino en el sector costero vinculado al proyecto portuario. Si bien en esta etapa del proyecto no se prevé la realización de perforaciones geotécnicas en agua, sí se han realizado sondeos en tierra en coincidencia con los perfiles transversales a la costa relevados, que permitieron calibrar de manera aproximada los resultados obtenidos en agua.

A continuación, se observan los perfiles relevados en cercanías del eje del canal de acceso.

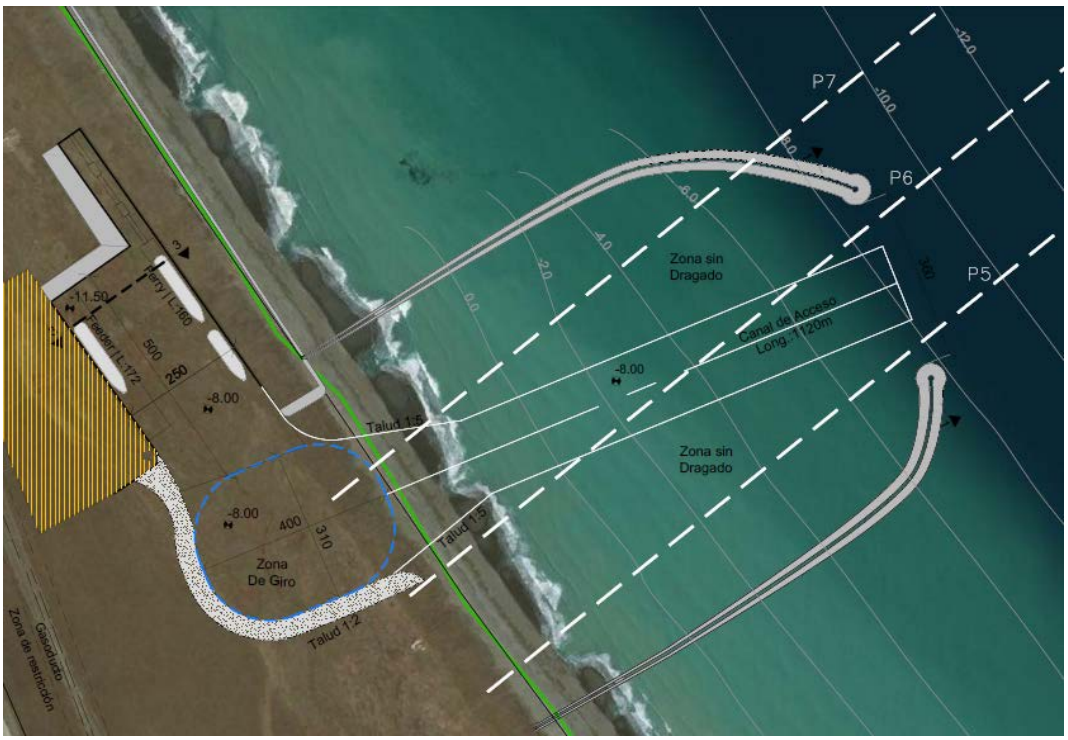


Figura 2: Perfiles sísmicos en cercanías del canal de acceso.

A continuación, se muestra un extracto de los resultados obtenidos, donde se aprecia que, en líneas generales, el manto de suelo duro o “roca” se encuentra muy cerca de la superficie con un posible afloramiento en niveles de bajamar cercanos al cero. Por su parte, considerando el “Mapa Geológico de la Isla Grande de Tierra del Fuego e Isla de los Estados” (Repositorio SEGEMAR, 2014), al material rocoso del subsuelo se lo correlaciona con una sedimentita marina constituida por areniscas limosas y limoarcilitas, correspondiente al Neógeno (Mioceno-Plioceno).

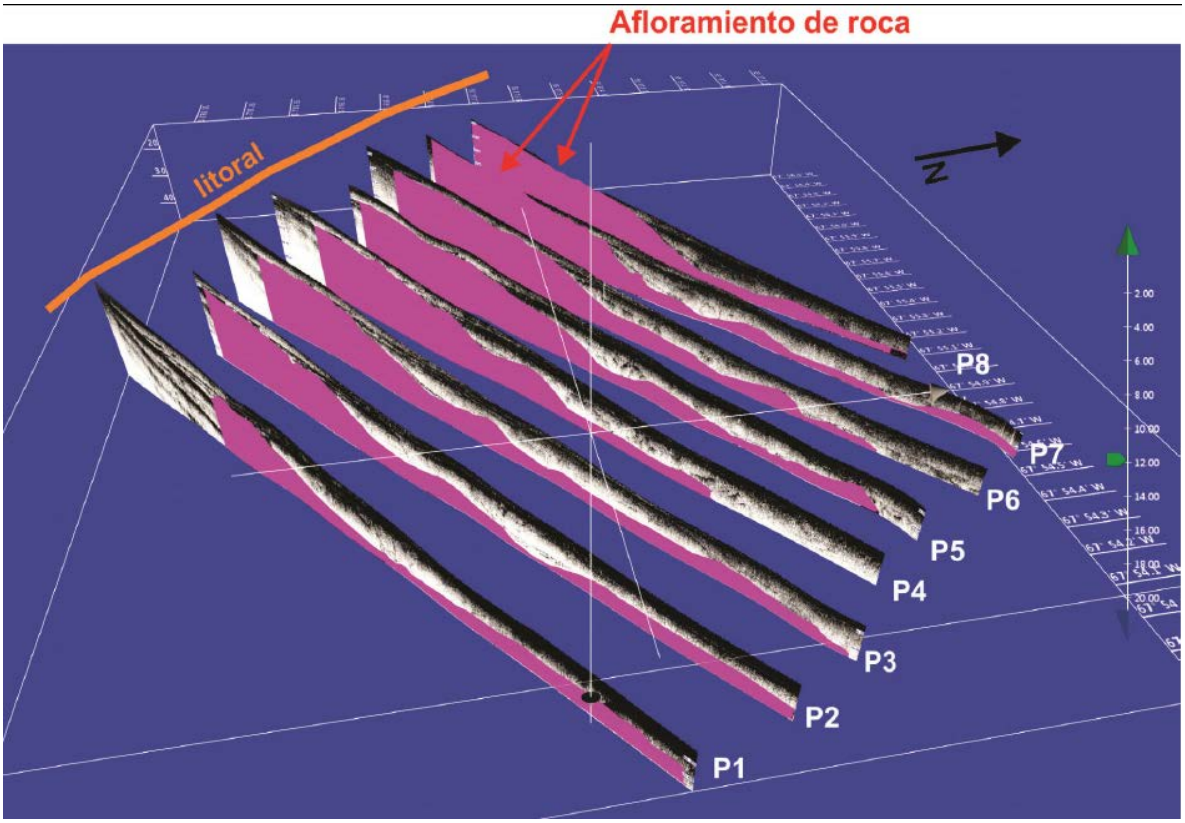


Figura 3: Perfiles sísmicos relevados

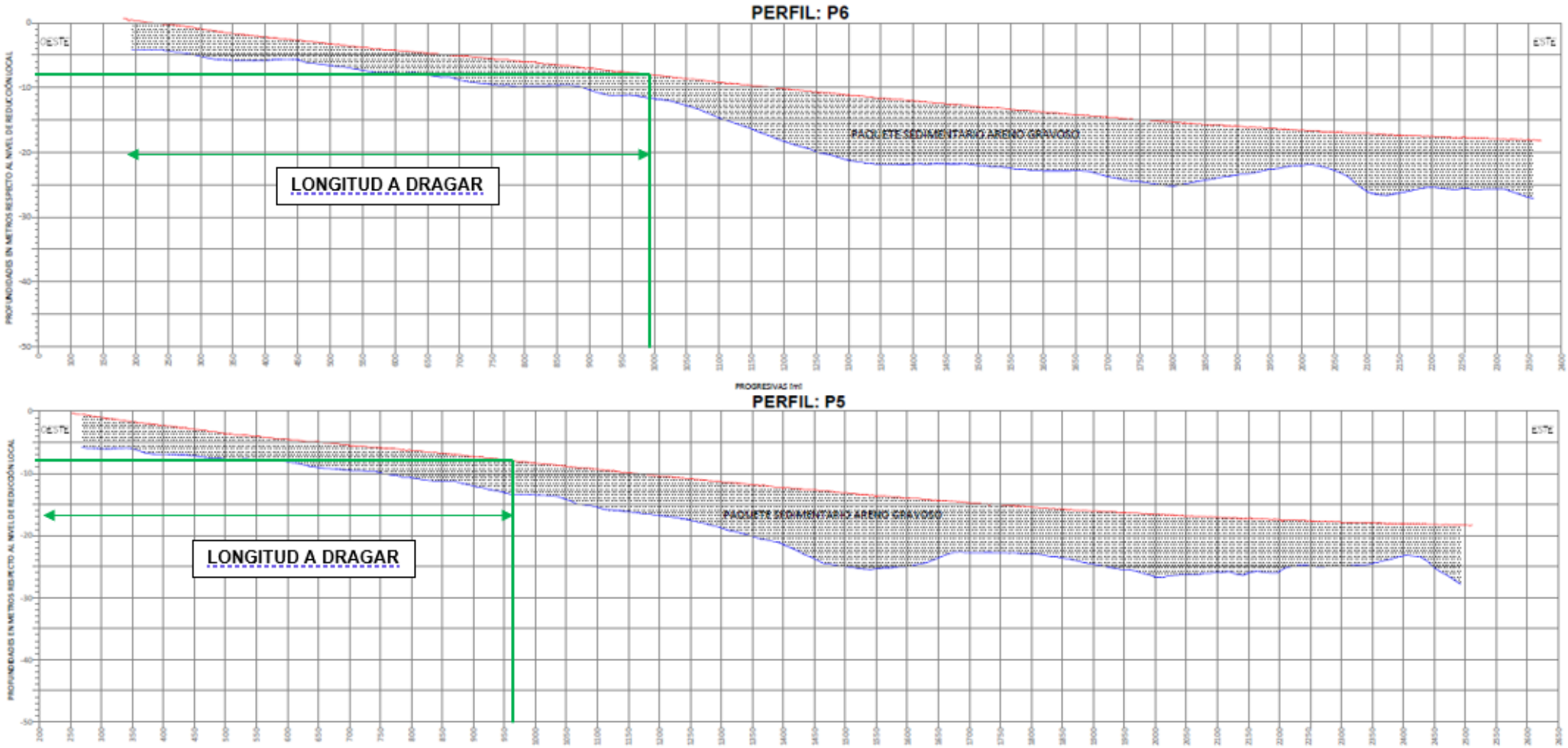


Figura 4: Perfiles longitudinales del relevamiento sísmico

Serman & asociados s.a. Consultora

Ing. Mauro Campos
Representante Técnico

Ing. Sandra Acuña
Directora del Proyecto

Como se mencionó anteriormente, se han realizado sondeos en tierra en coincidencia con los perfiles transversales a la costa relevados, que permitieron caracterizar de manera aproximada el material duro detectado con el relevamiento sísmico. En la figura a continuación pueden observarse las calicatas y los sondeos ejecutados en tierra. Las calicatas se realizaron hasta una profundidad de 1,5 m, los sondeos realizados abarcaron profundidades entre los 25 m y los 45 m.

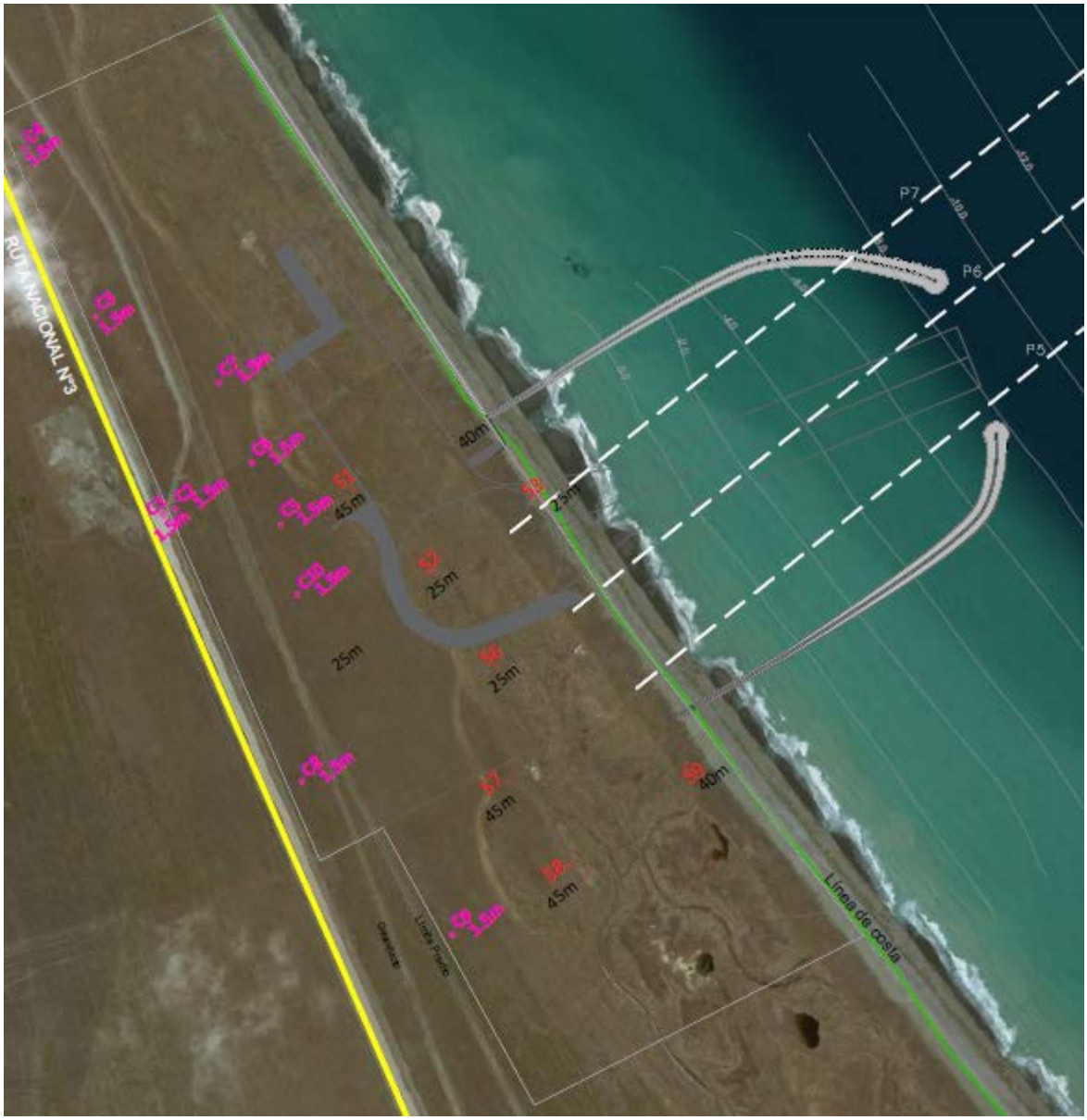


Figura 5: Ubicación de sondeos y calicatas en tierra

A continuación se incluye la caracterización hecha en campo del sondeo S2.

Profundidad	Descripción
1	Suelo arcilloso de color verdoso
2	Suelo arenoso de color castaño claro
3	Suelo arenoso con grava de color gris
4	Arena gruesa con grava de color gris
5	Arena gruesa con grava
6	Arena con grava y rodados de color gris 2”
7	Arena de color gris
8	Grava con arena de color gris
9	Grava con arena de color gris
10	Arena fina con limo de color castaño oscuro
11	Arena fina de color gris
12	Arena fina y arcilla de color verdoso
13	Suelo arcilloso con limo de color verdoso y ocre
14	Suelo arcilloso con limo de color verdoso y ocre
15	Suelo arcilloso con limo de color verdoso y ocre
16	Suelo arcilloso
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	Arena fina con arcilla
24	
25	

Tabla 1: Caracterización física del material encontrado en el sondeo S2.

4 VOLUMENES A DRAGAR Y EXCAVAR

Las áreas a excavar comprenden la dársena norte y la zona de giros, mientras que las tareas de dragado se concentrarán en el canal de acceso.

En la siguiente figura se observa la superficie a excavar para la extracción del material necesario para conformar los bloques de suelo cemento a emplear en el núcleo de las obras de abrigo. Teniendo en cuenta una profundidad máxima de excavación de 2,6 m para evitar la napa freática, se excavará una superficie de aproximadamente 300.000 m2 para conseguir los 775.289m3 de material que se requieren para el núcleo.



Figura 6: Superficies a dragar y excavar

Los volúmenes a dragar y excavar, discriminados por tipo de material se informan en la tabla siguiente:

	Volumen total	Suelo Duro	Suelo Blando
Volumen Dársena	2.297.218	1.859.083	438.135
Volumen Zona de Giro	1.929.038	1.547.243	381.795
Volumen Canal de Acceso	1.538.098	250.696	1.287.402
TOTAL	**5.764.354**	**3.657.022**	**2.107.332**

Tabla 2: Volúmenes parciales de dragado y excavación (m3)

Ing. Mauro Campos
Representante Técnico

Ing. Sandra Acuña
Directora del Proyecto

En consecuencia, el volumen total a dragar de suelo duro es de 250.696 m3. En cuanto al suelo blando, es de 1.287.402 m3. El total asciende a 1.538.098 m3.

Como se mencionó anteriormente el suelo duro correspondería a una arenisca limosa y limoarcillosas, de una dureza tal que el relevamiento sísmico identificó claramente, mientras que el suelo blando corresponde a arena con grava de aproximadamente 6 mm de diámetro nominal.

5 SECUENCIA DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

La secuencia constructiva de las obras se observa en las imágenes siguientes. El desarrollo de las tareas se ha pensado de manera tal que la movilización de la draga se realice luego de finalizada la construcción de las escolleras, a fin de tener el reparo suficiente ante el oleaje.

a) En primer lugar, se realiza una excavación en seco de aproximadamente 1 m para nivelar el área destinada a la implantación de los obradores y zonas de acopio.

b) En segundo lugar, se excava la zona de maniobras y dársena con el fin de extraer el material necesario para la conformación de bloques de suelo cemento para el núcleo de las obras de abrigo. La cota del terreno natural promedio es de +8 m. Se ha definido una profundidad de excavación de 2,6 m con el objetivo de evitar la presencia de la napa freática en esta primera instancia, llegando a una cota de +5,40 m.



Figura 7: Excavación preliminar para extracción de material de elaboración de bloques de suelo cemento para el núcleo de las obras de abrigo.

c) La construcción de las obras de abrigo se prevé con un avance desde tierra y empleando equipos viales y grúas convencionales.

Ing. Mauro Campos
Representante Técnico

Ing. Sandra Acuña
Directora del Proyecto



Figura 8: Construcción de las obras de abrigo.

d) En simultáneo con la construcción de las obras de abrigo, se continúa excavando el recinto portuario hasta la cota definitiva de solera, definida en -8m.

e) Se construye el muelle corrido, de 250 m de longitud por 32 m de ancho, en seco.

f) En paralelo se construyen los albardones de cierre que conformarán los recintos que recibirán posteriormente, el material dragado bombeado. Estos albardones serán taludes conformados con el mismo suelo local.

g) Construidos los albardones de cierre, se comienzan las tareas de dragado al abrigo de las escolleras, dragando el canal de acceso y comunicando el recinto portuario con la cota de solera del mismo.



Figura 9: Ejecución de obras de dragado

Ing. Mauro Campos
Representante Técnico

Ing. Sandra Acuña
Directora del Proyecto

6 EQUIPOS DE DRAGADO PARA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

La presencia de suelo duro requiere la utilización de dragas de succión con cortador y vertido por bombeo a gran distancia. Este tipo de dragas es indicado para suelos de mucha dureza, triturando los estratos a través de un cabezal de corte giratorio con dientes de diversas formas. A su vez, este equipo es ideal para la realización de rellenos, como requiere este proyecto, ya que el material es aspirado por bombas y descargado por bombeo a través de tuberías al lugar que se requiera.

El equipo a utilizar en las obras deberá ser de gran porte, para soportar el clima oceánico local. Se definen las siguientes características mínimas:

- Eslora: entre 135m y 140 m
- Manga: Entre 25 m y 30 m
- Profundidad de dragado: Entre 8 m y 25 m
- Potencia total instalada: Entre 23.000 kW y 28.000 kW
- Diámetro de la tubería de dragado: entre 900 mm y 1000 mm.
- Distancia de bombeo del material: Entre 1000 m y 2500 m.
- Potencia mínima de la bomba sumergida: 4000 kW
- Potencia mínima del cortador: 7000 kW.
- El cabezal deberá ser apto para el dragado de material arcilloso.
- La embarcación podrá ser autopropulsada o mediante el movimiento de pilones

7 DISPOSICIÓN DEL MATERIAL DRAGADO

El material de dragado de las áreas náuticas (1.538.098 m3) será utilizado para rellenar el predio propiedad de la empresa Mirgor hasta la cota +12 respecto al cero del SHN.

La metodología de vertido será por bombeo hacia los recintos de relleno. Estos recintos se ubicarán en el predio como se ilustra en la Figura 9, estarán rodeados por albardones o terraplenes de contención de la hidromezcla bombeada, y permitirán que el agua fluya y decante el material sólido. Estos terraplenes serán excavados lateralmente con el empleo de retroexcavadoras y suelo local. La cota de coronamiento se ha fijado en esta instancia en +12,5 m con taludes de pendiente tal que aseguren la estabilidad.

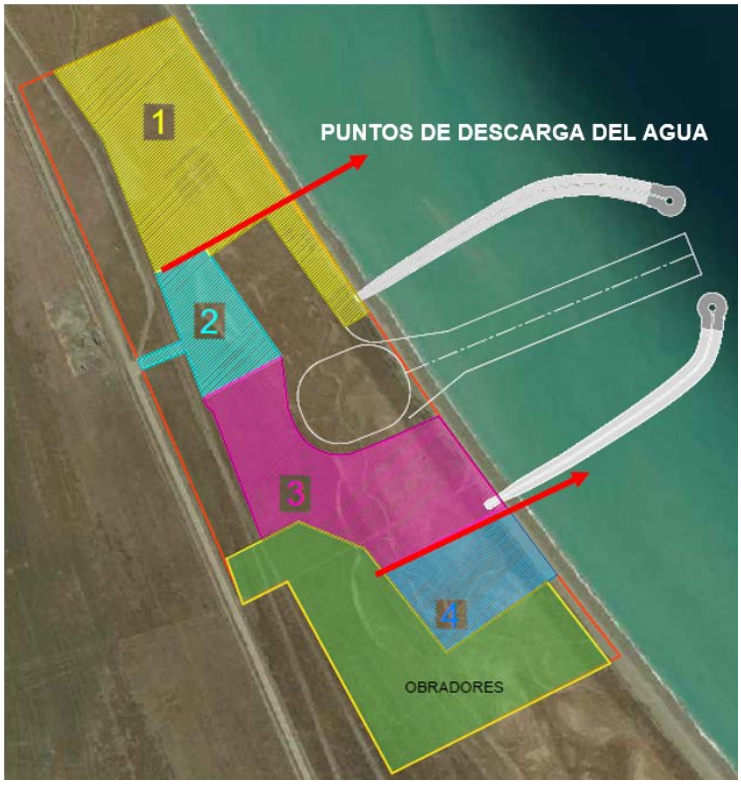


Figura 10: Conformación de recintos para refulado

La distancia de bombeo desde la boca del canal de acceso hasta los recintos no supera los 2,5 km.

8 OPERATIVIDAD DE LOS EQUIPOS

8.1 LIMITACIONES OPERATIVAS DE LOS EQUIPOS

Este tipo de embarcaciones posee las siguientes limitaciones operativas:

- Profundidad: La profundidad de agua debe ser tal que permita la flotabilidad de la embarcación. Los equipos con la potencia necesaria definida anteriormente en general poseen esloras de entre 135 m y 140 m, y un calado máximo de entre 5,5 m 6,15 m. Por otra parte, para su correcto funcionamiento debe existir un caudal de agua mínimo disponible para permitir la operación de las bombas de succión.
- Oleaje: El límite de altura de ola con la que este tipo de dragas puede operar es de 1 a 1,20 m.
- Corrientes: Máxima corriente de través: 2 nudos
- Vientos: Se adoptará la misma limitación por vientos que posee el resto de las embarcaciones para el ingreso a puertos patagónicos, de 22 nudos (11 m/s).

8.2 CLIMA LOCAL

- Oleaje: La tabla a continuación contiene la estadística de oleaje en la zona protegida por las obras de abrigo (canal de acceso, promedio entre la progresiva +300 y +1200).

Se observa que una altura de ola de 1 m se supera un 27,88 % del tiempo, mientras que una ola de 1,2 m se supera un 18% del tiempo. Estos resultados pueden observarse en el informe 22044-PRG-IF-004-Rev.B. Considerando que en realidad el mayor volumen a dragar se encuentra en la zona de maniobras y dársena, debe también considerarse la estadística en estos sectores. Se observa que una ola de 1m se supera un 4% del tiempo, mientras que una ola de 1,2 m se supera un 2,10%.

- Corrientes: Dentro del recinto portuario, al estar al abrigo de las escolleras no se consideran tiempos inoperativos por efecto de corrientes transversales.
- Vientos: De la tabla 2 surge que el 13,5 % del tiempo se tienen vientos de más de 12 m/s

Clase Hs (m)	*Frecuencia*	*Porcentaje Superación*
0,1	0,133%	70,404%
0,2	1,877%	70,271%
0,3	4,378%	68,393%
0,4	6,273%	64,015%
0,5	6,238%	57,741%
0,6	6,448%	51,503%
0,7	6,163%	45,055%
0,8	5,377%	38,892%
0,9	5,626%	33,515%
1,0	5,025%	27,889%
1,1	4,529%	22,864%
1,2	4,001%	18,335%

Tabla 3: Estadística de oleaje en el área protegida por las obras de abrigo

Clase Hs (m)	*Frecuencia*	*Porcentaje Superación*
0,1	4,963%	70,404%
0,2	18,299%	65,441%
0,3	16,456%	47,142%
0,4	9,389%	30,685%
0,5	5,823%	21,296%
0,6	4,435%	15,473%
0,7	3,221%	11,037%
0,8	1,985%	7,816%
0,9	1,630%	5,831%
1,0	1,265%	4,201%
1,1	0,828%	2,936%
1,2	0,636%	2,108%

Tabla 4: Estadística de oleaje en la zona de maniobras

Ing. Mauro Campos
Representante Técnico

Ing. Sandra Acuña
Directora del Proyecto

V (m/s)\Dir (º)	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	TOTAL
0.-2.	0,193%	0,167%	0,158%	0,134%	0,128%	0,123%	0,123%	0,138%	0,136%	0,143%	0,169%	0,200%	0,196%	0,213%	0,201%	0,163%	2,586%
2.-4.	0,658%	0,570%	0,390%	0,356%	0,273%	0,271%	0,300%	0,295%	0,389%	0,533%	0,674%	0,832%	0,920%	0,841%	0,846%	0,740%	8,886%
4.-6.	1,278%	0,775%	0,489%	0,342%	0,317%	0,247%	0,281%	0,368%	0,461%	0,693%	1,203%	1,693%	1,907%	1,894%	1,763%	1,435%	15,147%
6.-8.	1,208%	0,864%	0,485%	0,296%	0,267%	0,189%	0,221%	0,292%	0,412%	0,651%	1,481%	2,995%	3,859%	3,288%	2,268%	1,573%	20,348%
8.-10.	0,879%	0,639%	0,356%	0,223%	0,167%	0,112%	0,151%	0,145%	0,268%	0,475%	1,240%	4,216%	5,452%	4,401%	2,245%	1,270%	22,239%
10.-12.	0,495%	0,336%	0,182%	0,089%	0,073%	0,050%	0,062%	0,072%	0,118%	0,268%	0,784%	3,804%	5,243%	3,536%	1,556%	0,640%	17,308%
12.-14.	0,168%	0,132%	0,083%	0,032%	0,037%	0,029%	0,033%	0,029%	0,050%	0,089%	0,481%	2,067%	3,028%	1,741%	0,680%	0,249%	8,927%
14.-16.	0,046%	0,035%	0,024%	0,016%	0,004%	0,011%	0,010%	0,010%	0,012%	0,024%	0,172%	0,847%	1,137%	0,663%	0,235%	0,078%	3,324%
16.-18.	0,010%	0,011%	0,010%	0,001%	0,010%	0,005%	0,009%	0,001%	0,004%	0,006%	0,054%	0,255%	0,327%	0,191%	0,063%	0,013%	0,969%
18.-20.	0,004%							0,002%		0,001%	0,002%	0,071%	0,100%	0,027%	0,015%	0,001%	0,223%
20.-22.	0,001%											0,009%	0,009%	0,002%	0,002%		0,023%
22.-24.												0,006%	0,005%	0,002%	0,001%		0,015%
24.-26.													0,001%	0,005%			0,006%
> 26																	
TOTAL	4,939%	3,529%	2,176%	1,489%	1,275%	1,037%	1,189%	1,353%	1,850%	2,883%	6,260%	16,994%	22,184%	16,805%	9,875%	6,162%	100%

Tabla 5: Estadística de vientos en el área bajo estudio

9 RENDIMIENTOS Y PLAZOS DE OBRA

A continuación, se adoptan rendimientos habituales para este tipo de equipos, y en función del tipo de material y el volumen se calculan los tiempos necesarios para cada tramo de la obra.

Zona	Volumen Total (m3)	Suelo Duro a Dragar (m3)	Producción Nominal (m3/h)	Tiempo Parcial (h)	Suelo Blando a Dragar (m3)	Producción Nominal (m3/h)	Tiempo Total (días)
Canal de Acceso	1.538.098	250.696	1000	250,70	1.287.402	3000	28

Tabla 6: Rendimientos promedio y tiempos de dragado netos (días)

Como se desprende del análisis realizado en el punto 8, las condiciones más severas de dragado se tendrán en el canal de acceso, disminuyendo significativamente a medida que la draga se acerca a la zona de maniobras. De esta manera, conservadoramente se adoptará un aumento en los plazos del 50% considerando condiciones climáticas adversas, recambio de dientes del cabezal, tiempos inoperativos por cuestiones logísticas, aprovisionamiento, etc.

Zona	Volumen Total (m3)	Tiempo Total (días)	Tiempo Conservador (considerando un 50% de tiempos muertos) (días)
Canal de Acceso	1.538.098	28	42

Tabla 7: Tiempos de dragado considerando un 50% de aumento por tiempos muertos (días)

De esta manera, las obras podrían ejecutarse en un plazo de aproximadamente 2 meses.

Ing. Mauro Campos
Representante Técnico

Ing. Sandra Acuña
Directora del Proyecto

ESTUDIOS NÁUTICOS BÁSICOS E INGENIERÍA CONCEPTUAL PUERTO RÍO GRANDE, PROVINCIA DE TIERRA DEL FUEGO



Serman & asociados s.a. Consultora
SOLUCIONES QUE GENERAN CONFIANZA

Mirgor

MEMORIA DE DISEÑO DE LAS OBRAS DE ABRIGO

22044-PRG-IF-009-Rev.B

Enero 2023

Ing. Mauro Campos
Representante Técnico

Ing. Sandra Acuña
Directora del Proyecto

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN 4

2 LAYOUT GENERAL Y ALINEAMIENTO 4

3 CONDICIONES DE DISEÑO 6

3.1 OLEAJE 6
3.2 MAREAS 8
3.3 BATIMETRÍA 9
3.4 RELEVAMIENTO SÍSMICO – CONFIGURACIÓN DEL LECHO MARINO. 10
3.5 TIPOLOGÍA DE LAS OBRAS DE ABRIGO 14

4 DISEÑO DEL PERFIL TRANSVERSAL DE LA OBRA DE ABRIGO 16

4.1 COTA DE CORONAMIENTO 16
4.2 DISEÑO DEL TRONCO 17
4.3 DISEÑO DEL MORRO 20

5 ASPECTOS CONSTRUCTIVOS 21

5.1.1 Disponibilidad del material en la Isla 21
5.1.2 Conformación del núcleo 21
5.1.3 Conformación de la subcapa 24

6 PERFIL TRANSVERSAL 27

7 CÓMPUTO DE MATERIALES NECESARIOS 30

8 RESUMEN Y CONCLUSIONES 31

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación de las isobatas de acuerdo al relevamiento batimétrico. 5
Figura 2: Ingreso de oleaje por la boca del puerto 5
Figura 3: Relevamiento batimétrico realizado..... 9
Figura 4: Batimetría de la zona de implantación de las obras de abrigo. 10
Figura 5: Perfiles sísmicos relevados.....11
Figura 6: Perfiles 7 y 8 del relevamiento sísmico. 12
Figura 7: Perfil 4 del relevamiento sísmico (arriba). Perfil paralelo a la costa M01 (abajo) 13
Figura 8: Obra de abrigo de paramento vertical – cajones de hormigón 14
Figura 9: Cofferdams. Photo of Cellular Cofferdam. Photo from C.J. Mahan Construction Company. 15
Figura 10: Esquema de una obra de abrigo en talud 15
Figura 11: Predicciones de marea – Caleta La Misión 16
Figura 12: Elemento premoldeado tipo Acrópodo 17
Figura 13: Definición del elemento de coraza. 18
Figura 14: Gráfico altura de ola – unidad de coraza. 19
Figura 15: Instalación y relleno de geotubos. Fuente: Huesker.....22
Figura 16: Embarcación de apoyo para extendido del geotubo. Fuente: Huesker. 23
Figura 17: Subcapa artificial. Fuente: www.clascertification.com.....24
Figura 18: Geotextil para conformación de subcapa superficial. 25
Figura 19: Fabricación de subcapa artificial 25
Figura 20: Izaje y colocación de subcapa artificial 26
Figura 21: Perfil transversal del tronco 28
Figura 22: Perfil transversal del morro 29

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Recurrencia de alturas significativas de ola por dirección en la isobata de 10 metros frente a la boca portuaria. Bajamar de Sicigias de Perigeo (0,7 m) . 6
Tabla 2 Recurrencia de alturas significativas de ola por dirección en la isobata de 10 metros frente a la boca portuaria. Nivel Medio del mar (5,1 m)..... 7
Tabla 3 Recurrencia de alturas significativas de ola por dirección en la isobata de 10 metros frente a la boca portuaria. Pleamar de Sicigias de Perigeo (9,5 m).. 7
Tabla 4 Histograma de niveles de marea..... 9
Tabla 5: Características del perfil transversal del tronco.....20
Tabla 6: Características del perfil transversal del morro.....20
Tabla 3: Volumen de núcleo y superficies de obras de abrigo. 30
Tabla 4: Unidades de acrópodos necesarios. Contienen un 10% de desperdicios. 30
Tabla 5: Consumo de hormigón para la subcapa artificial.....30

ESTUDIOS NÁUTICOS BÁSICOS E INGENIERÍA CONCEPTUAL PUERTO RÍO GRANDE

1 INTRODUCCIÓN

La empresa privada Mirgor, con sedes en Buenos Aires y Río Grande (Tierra del Fuego) y dedicada a la fabricación y distribución de productos tecnológicos (entre otros), ha encarado el estudio de una terminal portuaria al norte de la ciudad de Río Grande. Se trata de un puerto para operación de buques portacontenedores ubicado en los predios adquiridos por la empresa, a 25 km de dicha ciudad fueguina. En consecuencia, se realizan los estudios de base para el desarrollo de la ingeniería conceptual de la terminal.

El presente informe tiene el objetivo describir las bases del diseño de la obra de abrigo, necesarias para brindar correctas condiciones de navegación y operación de la terminal.

2 LAYOUT GENERAL Y ALINEAMIENTO

El layout general donde se ubican las obras de abrigo a diseñar son las que se observan en la Figura 1.

Se plantean dos obras de abrigo, ambos tramos presentan una alineación OSO-ENE desde la costa, y hasta alcanzar la isobata de 9m aproximadamente. De esta manera, la obra de abrigo norte presenta una longitud de 1335 m y la sur de 1135 m. La extensión de ambos tramos está dada, por un lado, por la distancia de frenado que necesita disponer el buque para realizar las maniobras de frenado y toma de remolcadores una vez que ingresa al canal interior, y por otro, por la protección que se le debe brindar al canal a fin de que no se transforme en una “trampa de sedimentos” por la deriva litoral que se produce de manera paralela a la costa, en sentido NO a SE.

Paralelamente las obras de abrigo colaboran en generar las condiciones de agitación interna para la operación portuaria, al interceptar el oleaje proveniente de las distintas direcciones que se observan en la Figura 2. De esta figura también se desprende que, el oleaje de las direcciones más predominantes (NNE y NE) se alinea con el eje del canal de acceso, y si bien penetran al recinto portuario, la transformación que sufren durante los procesos de refracción en las zonas no dragadas y en los taludes del recinto excavado, ayudan a disminuir su energía y a generar condiciones adecuadas de agitación interna. Por este motivo, resulta necesario que el paramento de la obra de abrigo posea un talud inclinado que no refleje el oleaje incidente, a fin de brindar condiciones adecuadas de navegación por el canal de acceso y de operación portuaria.

La modelación del oleaje que penetra en el recinto portuario se describe en el informe 22044-PRG-IF-004 - Estudio de agitación por oleaje en el recinto portuario, del cual se desprende que con la configuración planteada se obtienen niveles adecuados de agitación interna, compatibles con la operación de los buques portacontenedores, quienes presentan condiciones más estrictas de agitación en comparación con otro tipo de cargas.

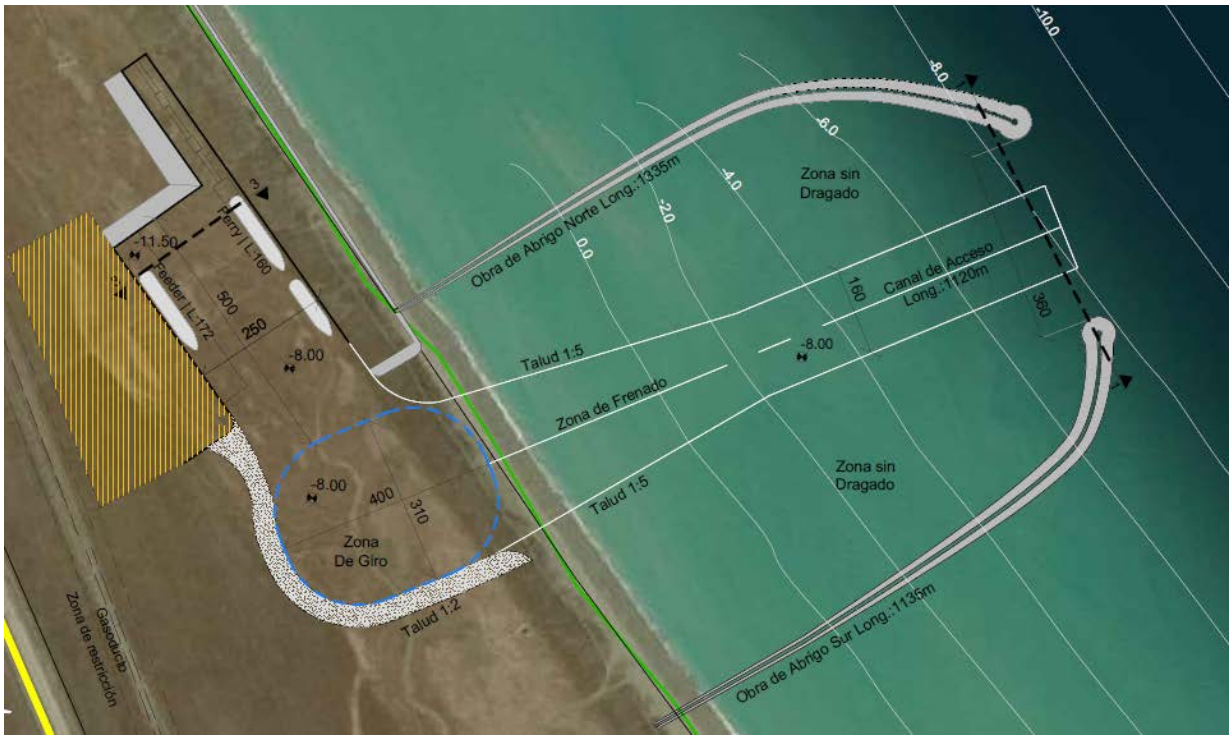


Figura 1: Ubicación de las isobatas de acuerdo al relevamiento batimétrico.

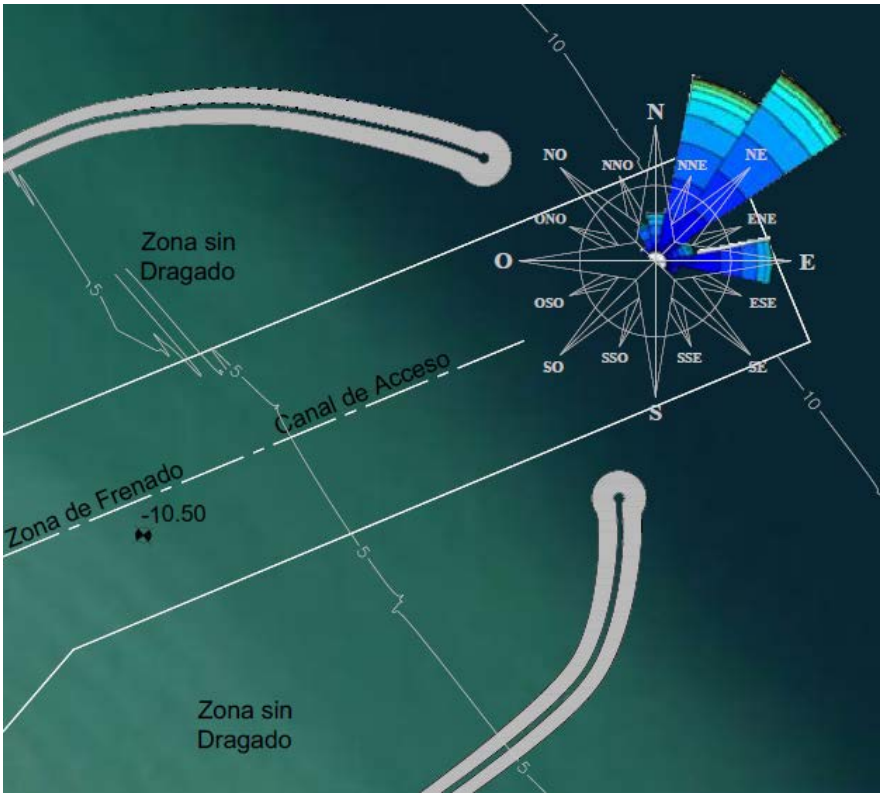


Figura 2: Ingreso de oleaje por la boca del puerto

3 CONDICIONES DE DISEÑO

El clima marítimo se ha caracterizado en el informe 22044-PRG-IF-001. A continuación, se resumen las condiciones de diseño:

3.1 OLEAJE

El oleaje es la condición de diseño principal de toda obra de abrigo. La estadística direccional indica que el 43% del tiempo se tiene oleaje proveniente del cuadrante NNE a NE.

En cuanto a las alturas, el 1,5% del tiempo el oleaje que viene del NNE o NE supera los 2 m. El 3,4% del tiempo se supera una altura de ola de 2 m y el 1,1 % del tiempo una altura de ola de 2,5 m.

En las siguientes tablas se presentan las olas con diferentes recurrencias por dirección de incidencia frente a la zona portuaria, estimadas para condiciones de Bajamar de Sicigias de Perigeo (0,7 m), Nivel Medio del mar (5,1 m) y Pleamar de Sicigias de Perigeo (9,5 m).

Respecto al oleaje extremo y que representa la condición de diseño para la obra de abrigo, se ha estimado que para una recurrencia de 100 años, la altura significativa del oleaje es de 6,8 m, correspondiente a una bajamar de sicigia de perigeo..

Tabla 1 Recurrencia de alturas significativas de ola por dirección en la isobata de 10 metros frente a la boca portuaria. Bajamar de Sicigias de Perigeo (0,7 m)

Dirección	Norte	NNE	NE	ENE	Este	ESE
T [años]	Gumbel MV	Gumbel MV	Gumbel MV	GEV MV	GEV MV	Gumbel MV
1	1,9	2,4	2,4	0,6	1,3	0,9
2	3,1	3,6	3,6	1,8	2,6	1,7
3	3,4	3,9	3,9	2,3	3,0	1,9
5	3,8	4,3	4,3	2,9	3,5	2,2
10	4,3	4,7	4,8	3,7	4,2	2,6
15	4,6	5,0	5,1	4,2	4,6	2,8
20	4,8	5,2	5,3	4,5	4,9	2,9
25	5,0	5,3	5,4	4,8	5,1	3,0
30	5,1	5,4	5,6	5,1	5,3	3,1
40	5,3	5,6	5,7	5,4	5,6	3,3
50	5,4	5,7	5,9	5,8	5,9	3,4
100	5,9	6,2	6,4	**6,8**	6,7	3,7

Se ha estimado la altura significativa del oleaje para otros niveles del mar, siendo menores su altura, como se puede apreciar en las siguientes tablas.

Tabla 2 Recurrencia de alturas significativas de ola por dirección en la isobata de 10 metros frente a la boca portuaria. Nivel Medio del mar (5,1 m)

Dirección	Norte	NNE	NE	ENE	Este	ESE
T [años]	Gumbel MV	Gumbel MV	Gumbel MV	GEV MV	GEV MV	Gumbel MV
1	1,9	2,3	2,3	0,6	1,4	1,0
2	3,0	3,4	3,4	1,8	2,5	1,7
3	3,3	3,7	3,7	2,2	2,9	1,9
5	3,7	4,1	4,1	2,8	3,4	2,2
10	4,2	4,5	4,6	3,5	4,0	2,5
15	4,5	4,8	4,8	4,0	4,4	2,7
20	4,6	4,9	5,0	4,3	4,7	2,9
25	4,8	5,1	5,2	4,6	4,9	3,0
30	4,9	5,2	5,3	4,8	5,1	3,1
40	5,1	5,3	5,5	5,2	5,4	3,2
50	5,2	5,5	5,6	5,5	5,6	3,3
100	5,7	5,9	6,0	6,4	6,4	3,7

Tabla 3 Recurrencia de alturas significativas de ola por dirección en la isobata de 10 metros frente a la boca portuaria. Pleamar de Sicigias de Perigeo (9,5 m)

Dirección	Norte	NNE	NE	ENE	Este	ESE
T [años]	Gumbel MV	Gumbel MV	Gumbel MV	GEV MV	GEV MV	Gumbel MV
1	1,9	2,3	2,3	0,6	1,4	1,1
2	3,0	3,3	3,3	1,8	2,5	1,7
3	3,3	3,6	3,6	2,2	2,9	2,0
5	3,6	3,9	4,0	2,7	3,3	2,2
10	4,1	4,4	4,4	3,4	3,9	2,6
15	4,4	4,6	4,7	3,9	4,3	2,8
20	4,6	4,8	4,8	4,2	4,6	2,9
25	4,7	4,9	5,0	4,5	4,8	3,0
30	4,8	5,0	5,1	4,7	5,0	3,1
40	5,0	5,2	5,3	5,0	5,3	3,2
50	5,1	5,3	5,4	5,3	5,5	3,3
100	5,6	5,7	5,8	6,2	6,3	3,7

3.2 MAREAS

Según la tabla de Mareas del SHN las condiciones son las siguientes:

Alturas en metros sobre el plano de reducción actualizado					Amplitudes	
Marea	Pleamares		Bajamares			
	Sicigias	Cuadraturas	Sicigias	Cuadraturas	Sicigias	Cuadraturas
Equinocciales de Perigeo	9,7	6,2	0,5	4,0	9,2	2,2
De Perigeo	9,5	6,5	0,7	3,8	8,8	2,7
Medias	8,8	7,2	1,4	3,1	7,4	4,1

La siguiente tabla contiene el histograma de niveles:

Nivel (m)		Frecuencia	% acumulado
< 0		0,000%	0,000%
0,00	0,25	0,004%	0,004%
0,25	0,50	0,222%	0,226%
0,50	0,75	0,532%	0,758%
0,75	1,00	0,790%	1,548%
1,00	1,25	1,009%	2,557%
1,25	1,50	1,389%	3,946%
1,50	1,75	1,909%	5,856%
1,75	2,00	2,407%	8,263%
2,00	2,25	2,920%	11,183%
2,25	2,50	3,179%	14,362%
2,50	2,75	3,469%	17,831%
2,75	3,00	3,530%	21,362%
3,00	3,25	3,671%	25,032%
3,25	3,50	3,648%	28,680%
3,50	3,75	3,515%	32,195%
3,75	4,00	3,378%	35,573%
4,00	4,25	3,110%	38,684%
4,25	4,50	2,962%	41,646%
4,50	4,75	2,850%	44,496%
4,75	5,00	3,025%	47,521%
5,00	5,25	2,742%	50,262%
5,25	5,50	3,086%	53,348%
5,50	5,75	3,004%	56,352%
5,75	6,00	3,306%	59,658%
6,00	6,25	3,401%	63,059%

Nivel (m)		Frecuencia	% acumulado
6,25	6,50	4,007%	67,066%
6,50	6,75	4,066%	71,132%
6,75	7,00	4,378%	75,509%
7,00	7,25	4,235%	79,744%
7,25	7,50	4,284%	84,029%
7,50	7,75	4,121%	88,150%
7,75	8,00	3,587%	91,737%
8,00	8,25	2,780%	94,517%
8,25	8,50	2,025%	96,542%
8,50	8,75	1,548%	98,091%
8,75	9,00	1,060%	99,151%
9,00	9,25	0,610%	99,761%
9,25	9,50	0,230%	99,991%
9,50	9,75	0,009%	100,000%

Tabla 4 Histograma de niveles de marea

3.3 BATIMETRÍA

Para poder determinar la configuración general de la zona bajo estudio, se realizó un relevamiento batimétrico y geofísico el día 7/10/2022.

En la siguiente imagen extraída del informe correspondiente, se pueden apreciar los perfiles topobatimétricos realizados.

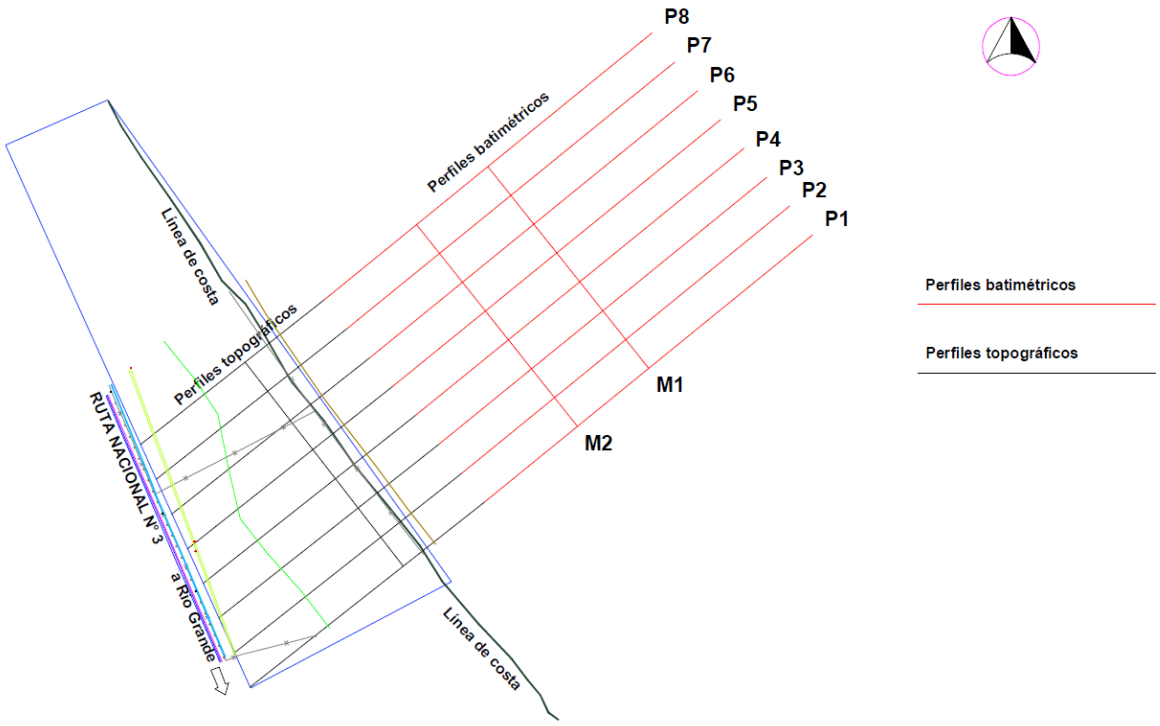


Figura 3: Relevamiento batimétrico realizado

De particular interés son los perfiles 4, 5, 7 y 8, que se encuentran cercanos a las obras de abrigo a diseñar. Se observa que la pendiente longitudinal del lecho promedia el 1%. Este es un aspecto que incidirá posteriormente en el diseño del perfil transversal.



Figura 4: Batimetría de la zona de implantación de las obras de abrigo.

3.4 RELEVAMIENTO SÍSMICO – CONFIGURACIÓN DEL LECHO MARINO.

El estudio geofísico permitió establecer las características sismoestratigráficas del subsuelo marino en el sector costero vinculado al proyecto portuario, de manera de poder reconocer sus características como suelo de fundación de las obras de abrigo. Por otra parte, es de interés determinar la calidad de los materiales para definir la factibilidad de emplear el material dragado en la construcción de las obras de abrigo.

A continuación, se muestra un extracto de los resultados obtenidos, donde se aprecia que para los perfiles P8, P7 y P6, el manto de suelo duro o “roca” se encuentra muy cerca de la superficie con un posible afloramiento en niveles de bajamar cercanos al cero. Por su parte, considerando el “Mapa Geológico de la Isla Grande de Tierra del Fuego e Isla de los Estados” (Repositorio SEGEMAR, 2014), al material rocoso del subsuelo se lo correlaciona con una sedimentita marina constituida por areniscas limosas y limoarcilitas, correspondiente al Neógeno (Mioceno-Plioceno).

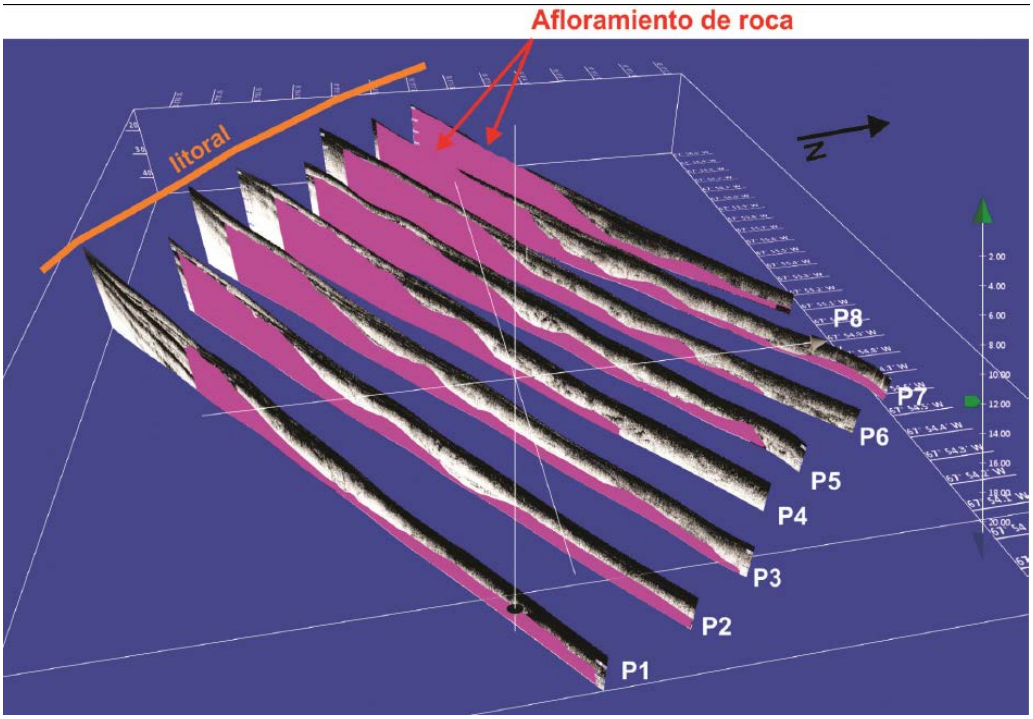


Figura 5: Perfiles sísmicos relevados.

Considerando que no se realizaron perforaciones o sondeos geotécnicos en agua en la presente etapa de estudio, pero si se realizarán sondeos geotécnicos en tierra en coincidencia con los perfiles topobatimétricos y geofísicos realizados, dichas unidades sísmicas podrán caracterizarse de manera de poder obtener características físicas, granulométricas y resistentes de dicho material.

La profundidad máxima a la que se encuentra el techo del suelo duro respecto al lecho es, para el caso de la obra de abrigo norte de 10 m de profundidad en el perfil 7 y de 8 m en el perfil 8 (Figura 6 y Figura 7), luego de un estrato sedimentario de arena y grava. Esto es a una distancia de la costa de 1200 m, es decir casi en el morro, a medida que nos acercamos a la costa el suelo duro está cada vez a menos profundidad, incluso en algunos tramos aflora.

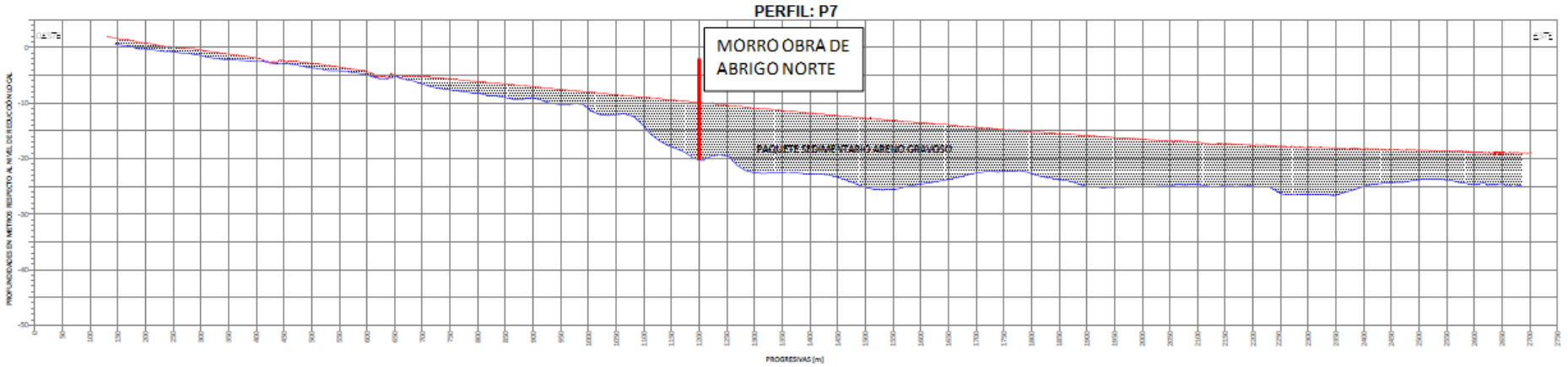
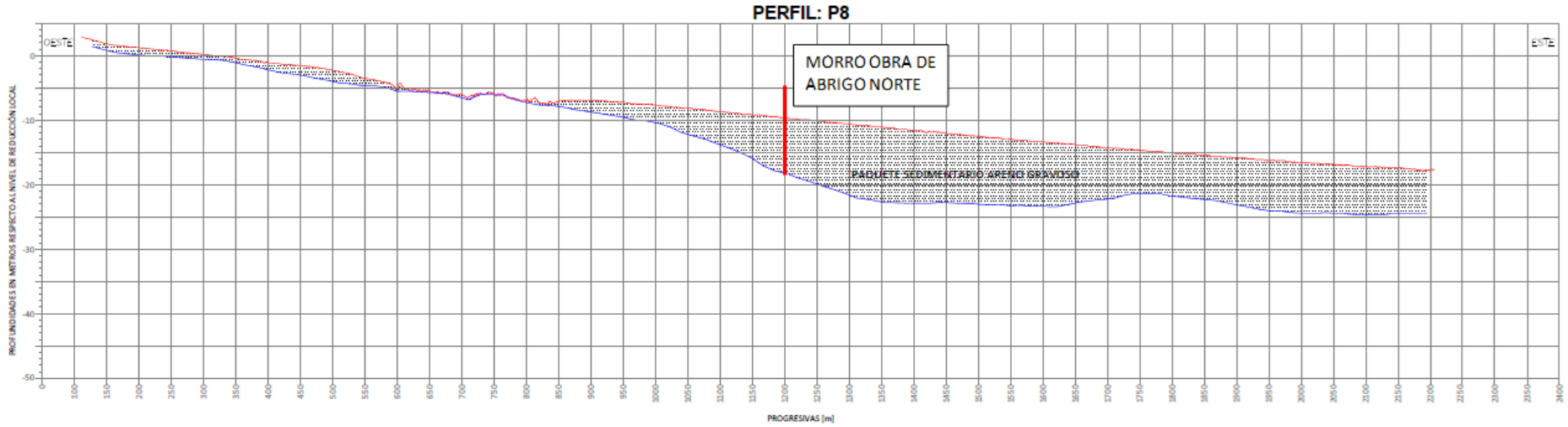
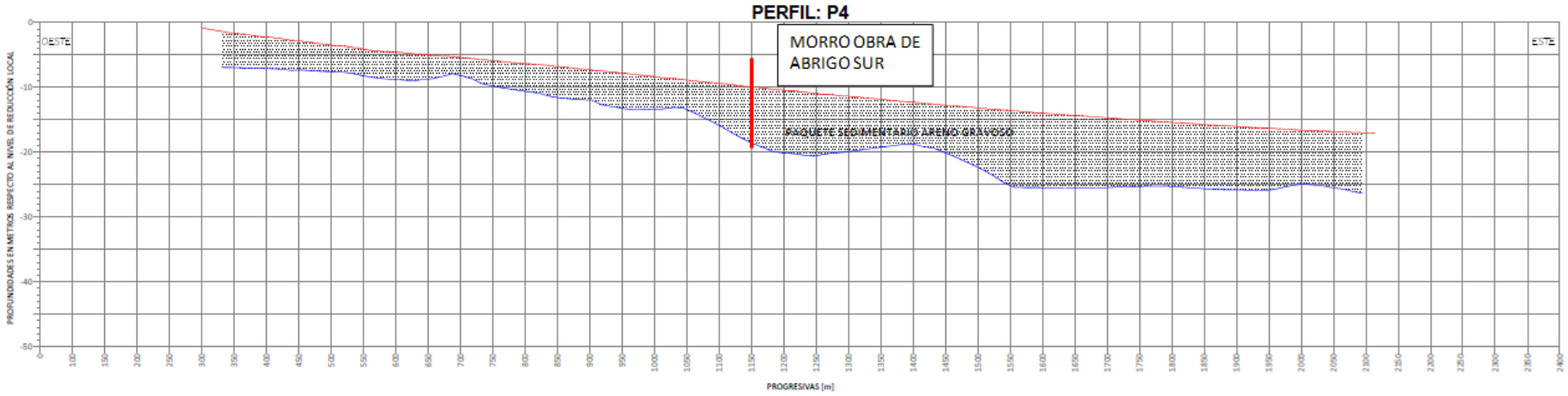


Figura 6: Perfiles 7 y 8 del relevamiento sísmico.





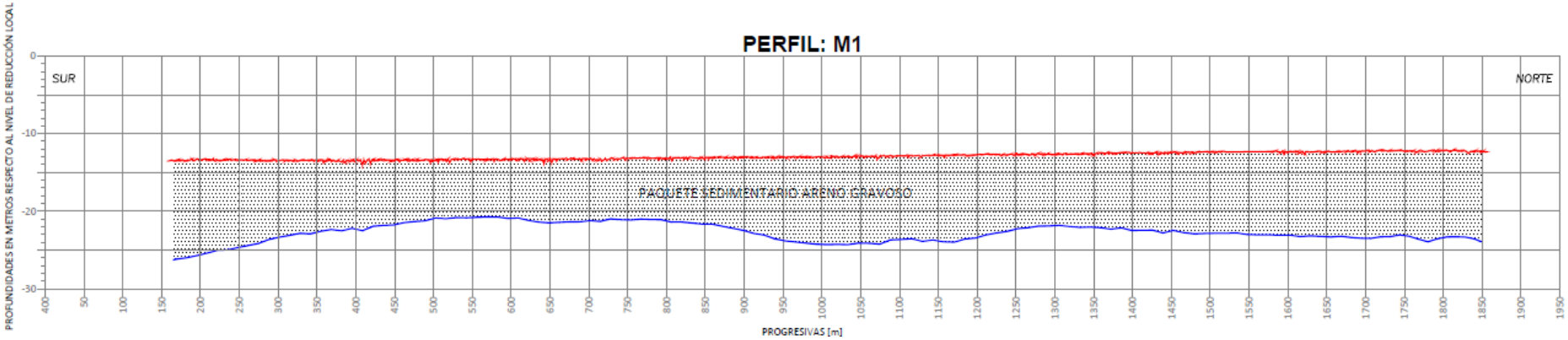


Figura 7: Perfil 4 del relevamiento sísmico (arriba). Perfil paralelo a la costa M01 (abajo)

3.5 TIPOLOGÍA DE LAS OBRAS DE ABRIGO

Las obras de abrigo generalmente se distinguen en obras de paramento vertical o de paramento en talud.

Dentro de las obras de paramento vertical las más comunes son de dos tipos. El primer tipo se conforma de cajones premoldeados de hormigón rellenos de suelo, que se fabrican en tierra, se trasladan al sitio de implantación por flotación y se fondean.

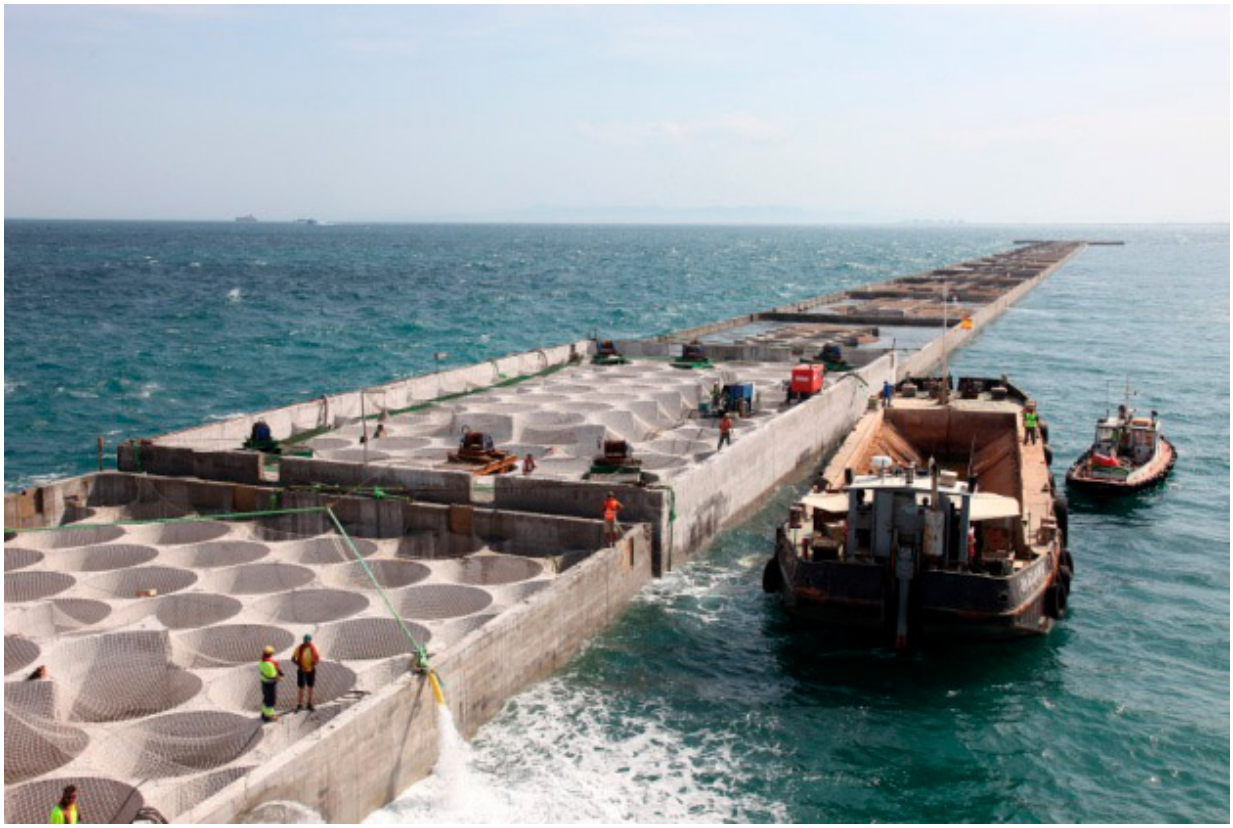


Figura 8: Obra de abrigo de paramento vertical – cajones de hormigón

La dificultad que supone el traslado y fondeo de estos cajones en un clima marítimo adverso como el que se tiene en el Atlántico Sur, hace que esta alternativa sea muy difícil de implementar, además de que no es una tipología de obra muy difundida en el país.

Por otro lado, el paramento vertical puede realizarse con cofferdams, celdas circulares conformadas por tablestacas hincadas y rellenas de suelo local. Al igual que en la alternativa anterior, la conformación de estas celdas se vuelve muy complicada, por la dificultad que supone el hincado de las tablestacas en un clima oceánico adverso. Asimismo, y tal como se describió en el punto anterior, los resultados del relevamiento sísmico denotan la presencia de un suelo duro que, a priori, impediría que la tablestaca penetre la ficha suficiente que asegure un correcto empotramiento en el lecho.



Figura 9: Cofferdams. Photo of Cellular Cofferdam. Photo from C.J. Mahan Construction Company.

La implementación de una obra de paramento vertical necesariamente conlleva la conformación de un talud al pie, que permita disipar la energía del oleaje incidente y disminuya los niveles de agitación dentro del recinto portuario.

Por los motivos anteriormente expuestos, se ha decidido en el presente informe desarrollar la solución de una obra de abrigo en talud, comúnmente compuesta por un núcleo y una subcapa de enrocado y una coraza de elementos premoldeados de hormigón.

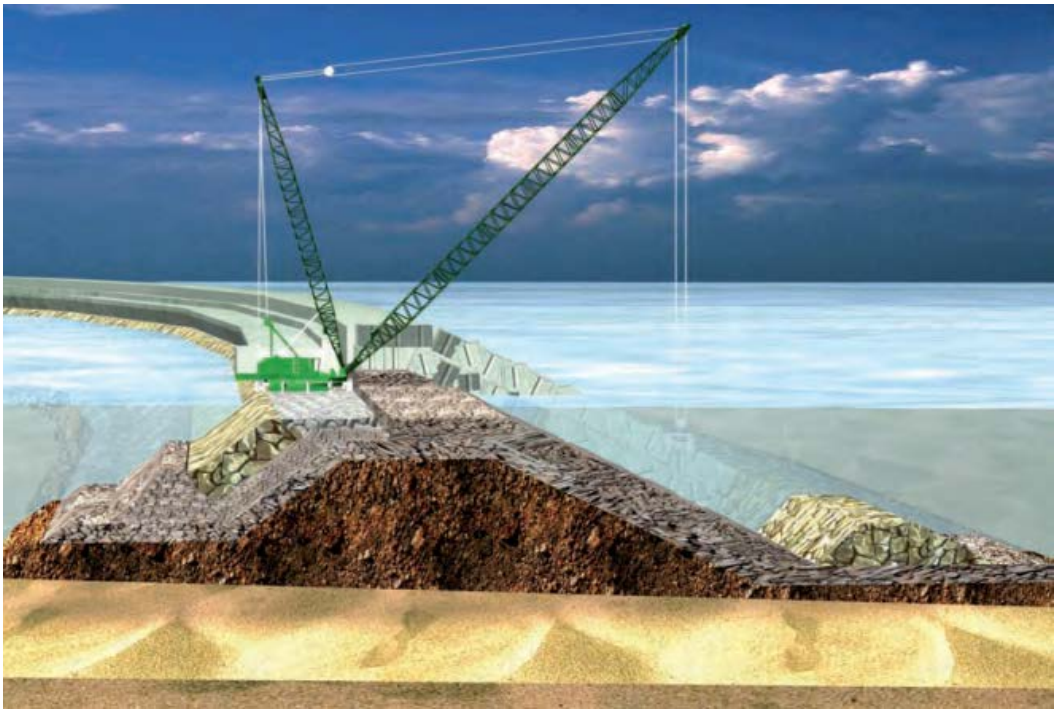


Figura 10: Esquema de una obra de abrigo en talud

Esta tipología supone el avance desde tierra, ejecutando el núcleo, la subcapa y la coraza inmediatamente una después de la otra.

4 DISEÑO DEL PERFIL TRANSVERSAL DE LA OBRA DE ABRIGO

4.1 COTA DE CORONAMIENTO

La altura de la obra de abrigo estará definida, por un lado, por el nivel máximo de marea más una revancha tal que limite el caudal de sobrepaso, para mantener los niveles de agitación interna y para evitar el traspaso de sedimentos al interior del recinto. Por otro lado, se debe definir un nivel mínimo que permita el avance desde tierra con la circulación de equipos sobre el núcleo de la obra de abrigo, para garantizar adecuadas condiciones durante la etapa constructiva.

En este sentido, se ha definido una cota de coronamiento de +15,5 al cero SHN, y un nivel superior del núcleo en +11 m. Como se verá en el gráfico a continuación sólo se tendrían dificultades constructivas en el caso de pleamares de sicigias en combinación con la incidencia del oleaje. En condiciones normales, este nivel no se ve superado en ningún momento.

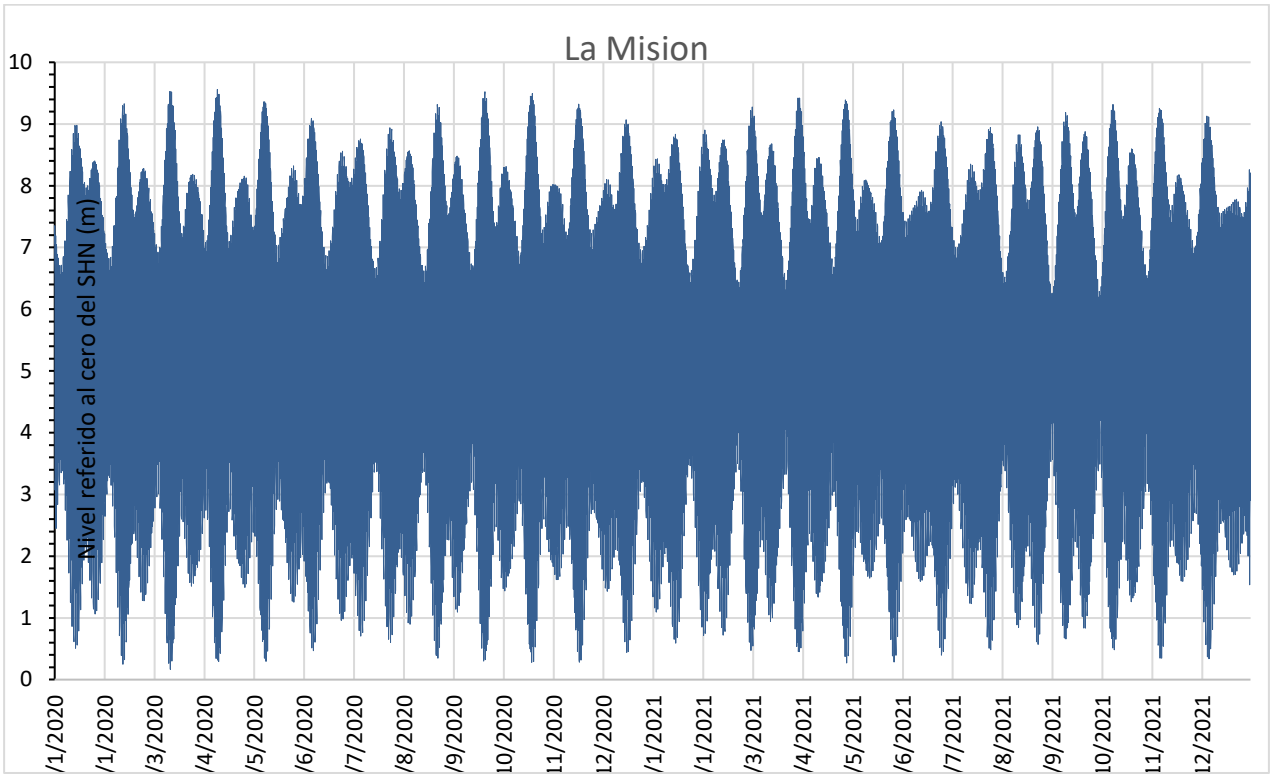


Figura 11: Predicciones de marea – Caleta La Misión

4.2 DISEÑO DEL TRONCO

Las propiedades de las capas que conforman la obra de abrigo dependen de la coraza. Se ha analizado el peso que resulta en el caso de la aplicación de enrocado, resultando que el tamaño necesario hace inviable su extracción, transporte y colocación, motivo por el cual se ha encarado el diseño adoptando elementos de hormigón premoldeados e intertrabados, que en este caso se corresponden con acrópodos tipo II. Son elementos monocapa que se elaboran a pie de obra y se colocan siguiendo una secuencia ordenada. Los elementos premoldeados de hormigón que se emplean en las obras de abrigo están patentados. En el caso de los acrópodos la empresa dueña es CLI (Concrete Layer Innovations), con la cual se han intercambiado opiniones durante la definición del bloque más adecuado. También existe un modelo de similares características de la firma Clas Certification denominado BS2, de dominio público:

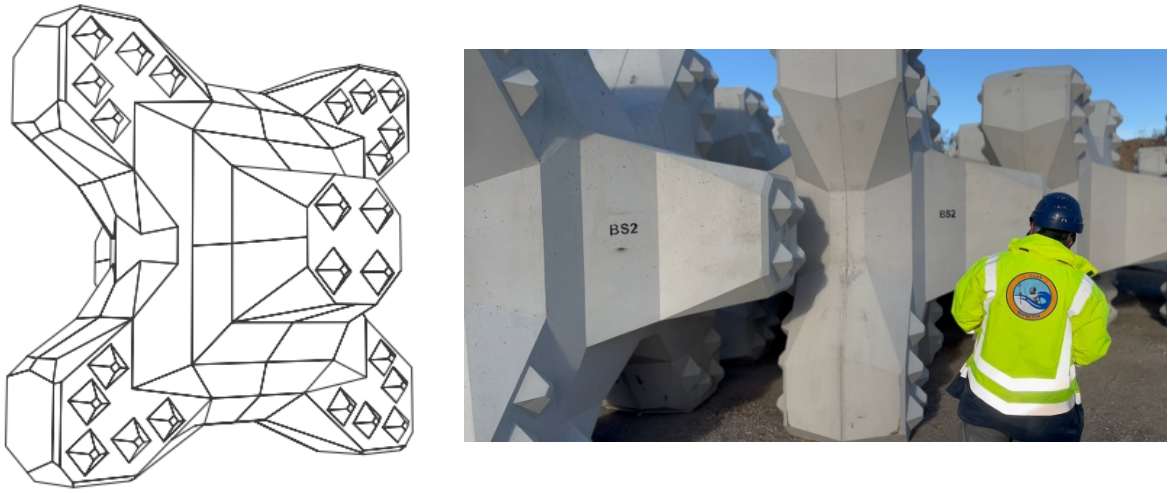


Figura 12: Elemento premoldeado tipo Acrópodo

La pendiente recomendada para la coraza de acrópodos es de 1:1,33, manteniendo la pendiente del lado interior de la escollera.

Como el inicio del daño y la falla de los acropodos están muy cerca, aunque con números de estabilidad muy altos, se recomienda usar un factor de seguridad para el diseño de aproximadamente 1.5. De esta manera, el número de estabilidad empleado es de 2.5.

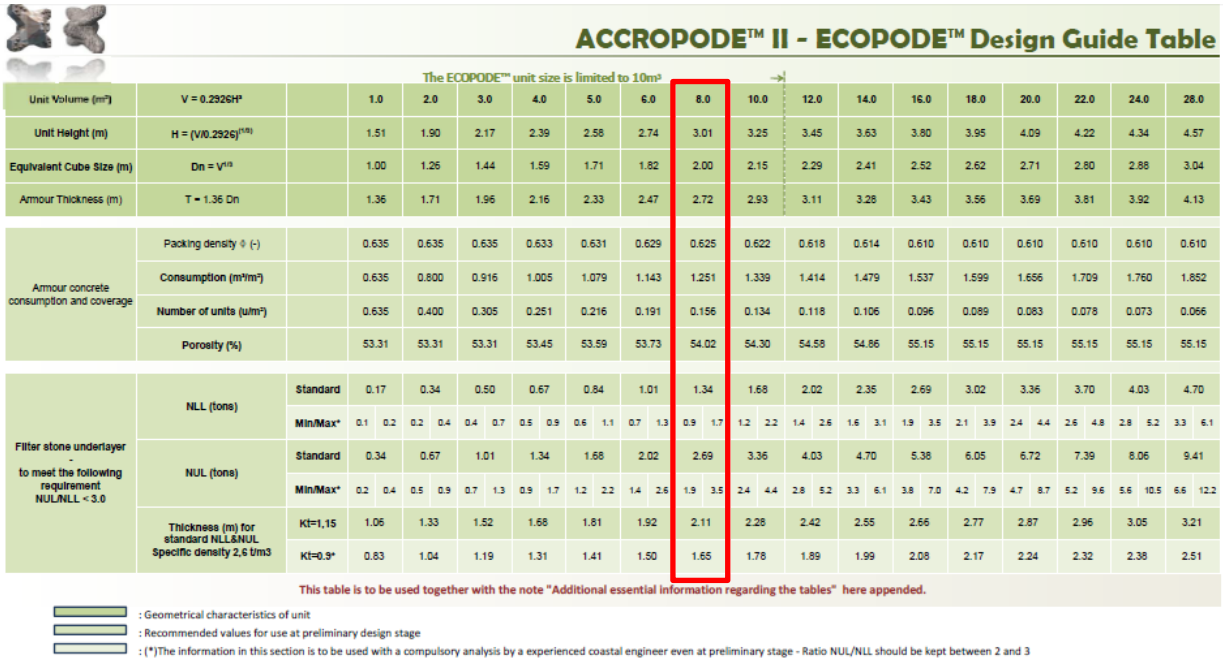
La elección del tipo de acrópodo responde a las recomendaciones de diseño brindadas por el fabricante.

$$\mathrm{Ns} = \frac{Hs}{\Delta . Dn} = 2{,}5$$

El diseño corresponde a los siguientes parámetros, con una altura de ola de diseño de 6,8 m con una recurrencia de 100 años, de acuerdo a lo expresado en el punto 3.1.

Masa especifica del Hormigón	γr	2,4	t/m3
Masa específica del agua	γw	1,025	t/m3
Masa específica del elemento relativa al agua	Δ	1,34	
Número de estabilidad	Ns	2,5	
Dimensión característica del elemento	Dn	2,03	m
Altura del elemento	D	2,90	m

Con la dimensión característica del elemento, se define el volumen unitario del acrópodo necesario de acuerdo al catálogo, como se observa a continuación. En este caso, corresponden acrópodos de 8,0 m3 que tienen un Dn=2.



ACCROPODE™ II - ECOPODE™ Design Guide Table

The ECOPODE™ unit size is limited to 10m³

			1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	28.0
Unit Volume (m³)	V = 0.2926H³																	
Unit Height (m)	H = (V/0.2926)^(1/3)		1.51	1.90	2.17	2.39	2.58	2.74	3.01	3.25	3.45	3.63	3.80	3.95	4.09	4.22	4.34	4.57
Equivalent Cube Size (m)	Dn = V^1/3		1.00	1.26	1.44	1.59	1.71	1.82	2.00	2.15	2.29	2.41	2.52	2.62	2.71	2.80	2.88	3.04
Armour Thickness (m)	T = 1.36 Dn		1.36	1.71	1.96	2.16	2.33	2.47	2.72	2.93	3.11	3.28	3.43	3.56	3.69	3.81	3.92	4.13
Armour concrete consumption and coverage	Packing density ◊ (-)		0.635	0.635	0.635	0.633	0.631	0.629	0.625	0.622	0.618	0.614	0.610	0.610	0.610	0.610	0.610	0.610
	Consumption (m³/m²)		0.635	0.800	0.916	1.005	1.079	1.143	1.251	1.339	1.414	1.479	1.537	1.599	1.656	1.709	1.760	1.852
	Number of units (u/m²)		0.635	0.400	0.305	0.251	0.216	0.191	0.156	0.134	0.118	0.106	0.096	0.089	0.083	0.078	0.073	0.066
	Porosity (%)		53.31	53.31	53.31	53.45	53.59	53.73	54.02	54.30	54.58	54.86	55.15	55.15	55.15	55.15	55.15	55.15
Filter stone underlayer - to meet the following requirement NUL/NLL < 3.0	NLL (tons)	Standard	0.17	0.34	0.50	0.67	0.84	1.01	1.34	1.68	2.02	2.35	2.69	3.02	3.36	3.70	4.03	4.70
		Min/Max*	0.1 0.2	0.2 0.4	0.4 0.7	0.5 0.9	0.6 1.1	0.7 1.3	0.9 1.7	1.2 2.2	1.4 2.6	1.6 3.1	1.9 3.5	2.1 3.9	2.4 4.4	2.6 4.8	2.8 5.2	3.3 6.1
	NUL (tons)	Standard	0.34	0.67	1.01	1.34	1.68	2.02	2.69	3.36	4.03	4.70	5.38	6.05	6.72	7.39	8.06	9.41
		Min/Max*	0.2 0.4	0.5 0.9	0.7 1.3	0.9 1.7	1.2 2.2	1.4 2.6	1.9 3.5	2.4 4.4	2.8 5.2	3.3 6.1	3.8 7.0	4.2 7.9	4.7 8.7	5.2 9.6	5.6 10.5	6.6 12.2
	Thickness (m) for standard NLL&NUL Specific density 2,6 t/m3	Kt=1,15	1.06	1.33	1.52	1.68	1.81	1.92	2.11	2.28	2.42	2.55	2.66	2.77	2.87	2.96	3.05	3.21
		Kt=0.9*	0.83	1.04	1.19	1.31	1.41	1.50	1.65	1.78	1.89	1.99	2.08	2.17	2.24	2.32	2.38	2.51

This table is to be used together with the note "Additional essential information regarding the tables" here appended.

: Geometrical characteristics of unit
: Recommended values for use at preliminary design stage
: (*)The information in this section is to be used with a compulsory analysis by a experienced coastal engineer even at preliminary stage - Ratio NUL/NLL should be kept between 2 and 3

Figura 13: Definición del elemento de coraza.

La elección de este tamaño de acrópodo está en línea con el gráfico siguiente, incluido dentro de las especificaciones del bloque, del que se desprende que para una altura de ola de 6,8 m el volumen se encuentra entre 6 m^3 para una pendiente del lecho del 1% y de 11 m^3 para una pendiente del 10%. En este caso, se observa de los perfiles incluidos en la Figura 6 y Figura 7 que se tiene una pendiente uniforme, que tanto transversal como longitudinalmente promedia el 1%. De esta manera se verifica el acrópodo de 8,0 m^3 definido anteriormente para el tronco.

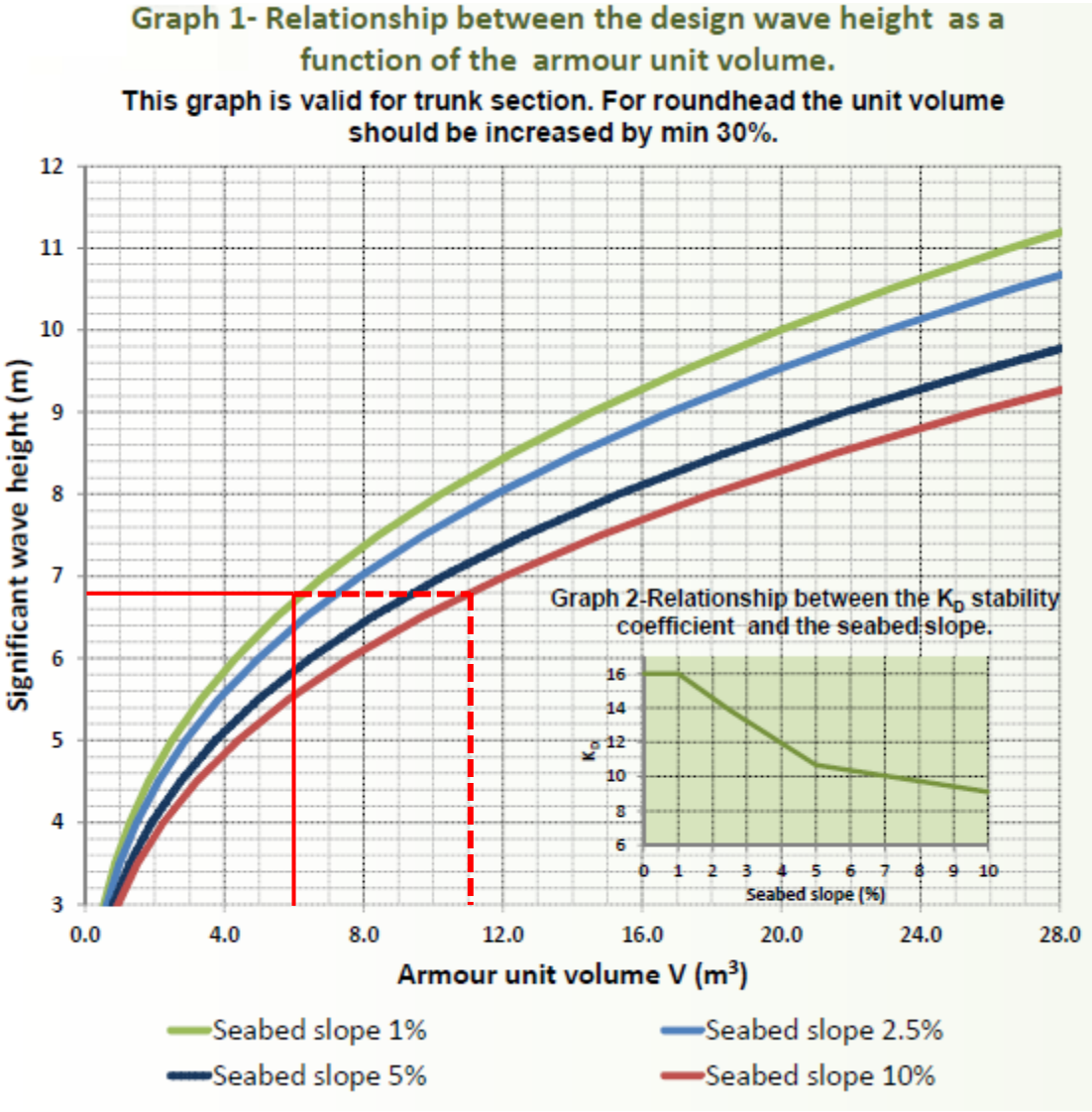


Figura 14: Gráfico altura de ola – unidad de coraza.

De esta manera, se definen las siguientes características de la subcapa y núcleo de acuerdo a lo definido en las especificaciones del bloque.

PERFIL TRONCO						
N°	**ELEMENTO**	**MATERIAL**	**Volumen (m3)**	**Altura (m)**	**Peso (t)**	
1	CORAZA	Acrópodos	8,0	3,01	19,2	
2	SUBCAPA	Roca	NLL (Límite inferior nominal) (t)		NUL (Límite superior nominal) (t)	
			1,344		2,688	
			Mín (30% -)	Máx (30% +)	Mín (30% -)	Máx (30% +)
			0,90	1,70	1,9	3,50
3	NÚCLEO	Roca	Todo uno (1 kg a 500 kg)			

Tabla 5: Características del perfil transversal del tronco.

4.3 DISEÑO DEL MORRO

Para el morro se ha adoptado un acrópodo de 10 m^3 en línea con lo recomendado en la Figura 14, que indica que para esta sección se debe aumentar el volumen unitario del acrópodo en un 30%.

PERFIL MORRO						
N°	**ELEMENTO**	**MATERIAL**	**Volumen (m3)**	**Altura (m)**	**Peso (t)**	
1	CORAZA	Acrópodos	10	3,25	24	
			NLL (Límite inferior nominal) (t)		NUL (Límite superior nominal) (t)	
			1,68		3,36	
			Mín (30% -)	Máx (30% +)	Mín (30% -)	Máx (30% +)
2	SUBCAPA	Roca	1,20	2,20	2,4	4,40
3	NÚCLEO	Roca	0,5			

Tabla 6: Características del perfil transversal del morro.

5 ASPECTOS CONSTRUCTIVOS

La construcción de una obra de abrigo en medio de un clima marítimo adverso requiere un análisis especial de las cuestiones logísticas y constructivas, que en definitiva inciden en la factibilidad de ejecución técnica de la escollera.

5.1.1 Disponibilidad del material en la Isla

Es conocida la problemática local de la Isla Grande de Tierra del Fuego, en cuanto a la extracción de áridos y el impacto ambiental que ha generado en los últimos años.

En particular se tiene el antecedente de la obra de Caleta La Misión, que luego de varias etapas de investigación en el diseño de la obra de abrigo, paralizaciones de obra, etc, no pudo continuar con la construcción de la escollera, principalmente debido a que la cantera Aguas Blancas de donde se extraerían las rocas fue declarada área natural protegida, como parte de la Reserva Provincial de Uso Múltiple Río Valdéz mediante la Ley N°600 Sancionada en el año 2003.

Para determinar la factibilidad de extracción de rocas en la isla se deberá, en futuras instancias del proyecto, identificar potenciales sectores de extracción que no posean restricciones de uso por normativa ambiental, y realizar las investigaciones geotécnicas correspondientes que permitan definir los espesores aptos, las características resistentes y de desgaste del material, metodología de extracción y transporte, etc.

5.1.2 Conformación del núcleo

En función de lo expresado anteriormente respecto a la disponibilidad de roca para la construcción de las obras de abrigo, se debe tratar de utilizar la mayor cantidad de material local extraído durante la excavación. Este aspecto es importante incluso desde el punto de vista ambiental.

Asimismo, la conformación del núcleo de las escolleras es, constructivamente, muy difícil de lograr en un clima oceánico como el presente en el área del proyecto. Las etapas de vertido del material, perfilado y colocación de subcapa y coraza se deben realizar en una misma jornada de trabajo y bajo condiciones adecuadas de viento y oleaje. Caso contrario, las corrientes de marea y la incidencia del oleaje producirán la dispersión del material colocado, lo cual se vuelve mucho más crítico a medida que la obra avanza hacia las mayores profundidades.

De acuerdo a los resultados preliminares de los sondeos geotécnicos que se están ejecutando en el predio afectado a la obra para caracterizar el material a excavar, y para el diseño de las obras civiles, se obtuvieron los siguientes resultados generales:

1) Estrato de arena de 4m de espesor de 7 golpes en ensayo SPT

2) Estrato de arena con grava

3) Estrato de arena fina

4) Estrato de arcilla a los 12m de perforación que va endureciendo con la profundidad

5) A los 15 m se encuentra el rechazo en los suelos duros

De esta manera, el material resultante de la excavación no serán rocas de tamaño ni peso adecuados para conformar el núcleo ni la subcapa. Por este motivo, se plantean las siguientes alternativas:

a) Utilización del material excavado y empleo de geotubos para el confinamiento del material.

Esta alternativa consiste en utilizar geotextiles en forma de celdas, que se rellenan con arena a través de un sistema de bombeo. A continuación, puede observarse una imagen de la solución mencionada:



Figura 15: Instalación y relleno de geotubos. Fuente: Huesker.



Figura 16: Embarcación de apoyo para extendido del geotubo. Fuente: Huesker.

La altura de la obra de abrigo (22m) requiere disponer de varias filas de geotubos hasta alcanzar la cota de coronamiento requerida. Una vez conformado el núcleo de esta manera, se lo recubre con una subcapa (sobre la cual circulan los camiones y equipos), y finalmente la coraza de elementos premoldeados de hormigón.

Hay que mencionar que, con esta alternativa, las tareas necesarias para la instalación del geotubo, replanteo y anclaje del mismo son difíciles de llevar a cabo con el clima imperante.

b) Utilización del material excavado, conformando los tamaños necesarios a través de la técnica de suelo-cemento.

Esta técnica supone la conformación de “rocas” de tamaño y peso adecuado (1kg a 500 kg) mediante la técnica de suelo – cemento para la conformación del núcleo. Esto requiere que a medida que se va excavando la zona de giro y la dársena sur, se mezcle el material extraído con cemento, de manera tal que se aglutinen las partículas y se genere un material de peso suficiente.

c) Localización de la cantera más cercana con disponibilidad del enrocado adecuado y considerar el costo del traslado a pie de obra.

Las canteras más cercanas a la implantación de la obra se ubican en la provincia de Santa Cruz.

5.1.3 Conformación de la subcapa

Para el apoyo y acomodamiento de los acrópodos que conformarán la coraza, se requiere que el material de la subcapa sea lo suficientemente resistente como para proteger adecuadamente el núcleo, y no sufra desplazamientos que generen el deslizamiento de los elementos premoldeados de hormigón. Se han evaluado las siguientes alternativas:

a) Colocación de subcapa artificial

La implementación de subcapas artificiales es un concepto relativamente nuevo, que nace a raíz del interés cada vez mayor que existe en la mitigación de los impactos medioambientales que producen las obras de abrigo. En este sentido, el alto consumo de material de enrocado que conllevan estas estructuras sin dudas genera un impacto durante su extracción y transporte, más aún en lugares como el que se analiza, ambientalmente sensibles, donde la extracción del material está restringida.

Bajo este escenario, existen soluciones patentadas de bloques que imitan la rugosidad y porosidad de una subcapa natural, y que de acuerdo a las especificaciones técnicas, se ajustan a las tolerancias de las corazas conformadas por elementos de hormigón premoldeado. Estos elementos pueden estar conectados entre sí mediante cables, o colocados sobre un geotextil especialmente diseñado para tal fin.

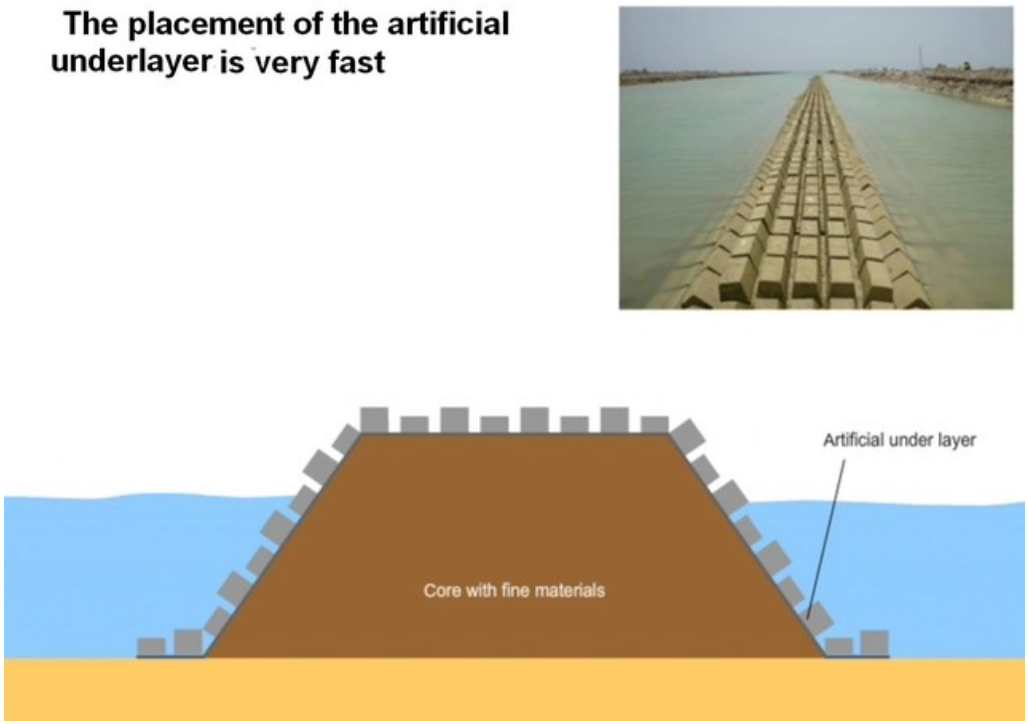


Figura 17: Subcapa artificial. Fuente: www.clascertification.com[1]

[1] http://www.clascertification.com/index.php?id=911&services_rubrique_id=10

Se ha contactado a la firma especializada en esta solución para validar la solución aquí propuesta. La subcapa artificial se compone de dos capas. En primer lugar, una capa bloques de hormigón vinculados a un geotextil especial, de polipropileno tejido con bucles del mismo material incorporados como se observa en las imágenes a continuación.

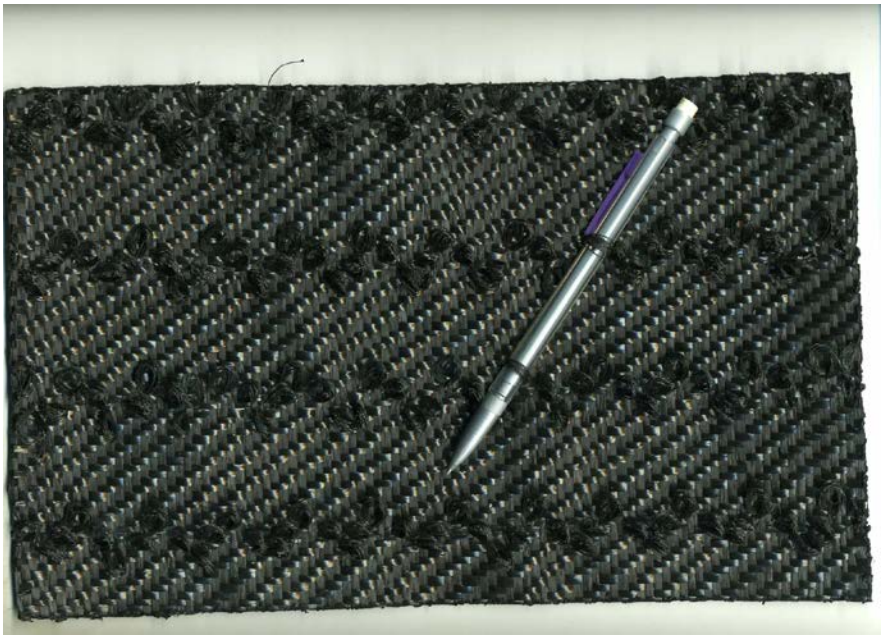


Figura 18: Geotextil para conformación de subcapa superficial.



Figura 19: Fabricación de subcapa artificial

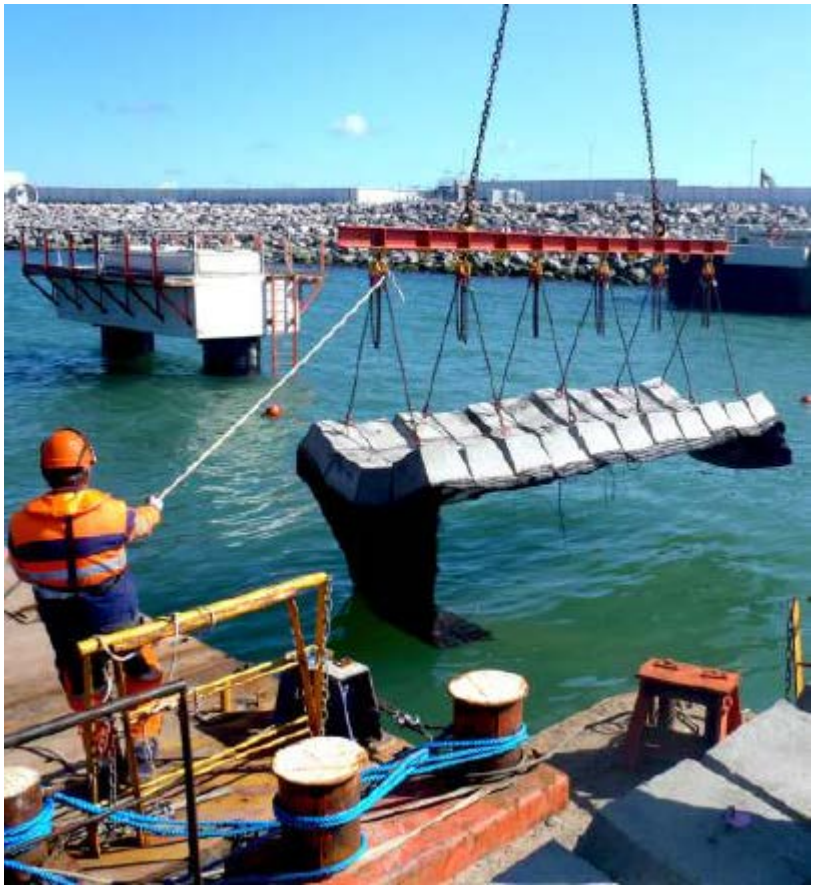


Figura 20: Izaje y colocación de subcapa artificial

Dependiendo del tamaño de los bloques, será necesario incluir en cada uno un punto de fijación que permita luego la manipulación y la elevación del panel y al final la instalación del colchón.

La segunda capa se compone de bloques unidos por cables, que se colocan sobre esta primera capa y conforman el espesor total de la subcapa.

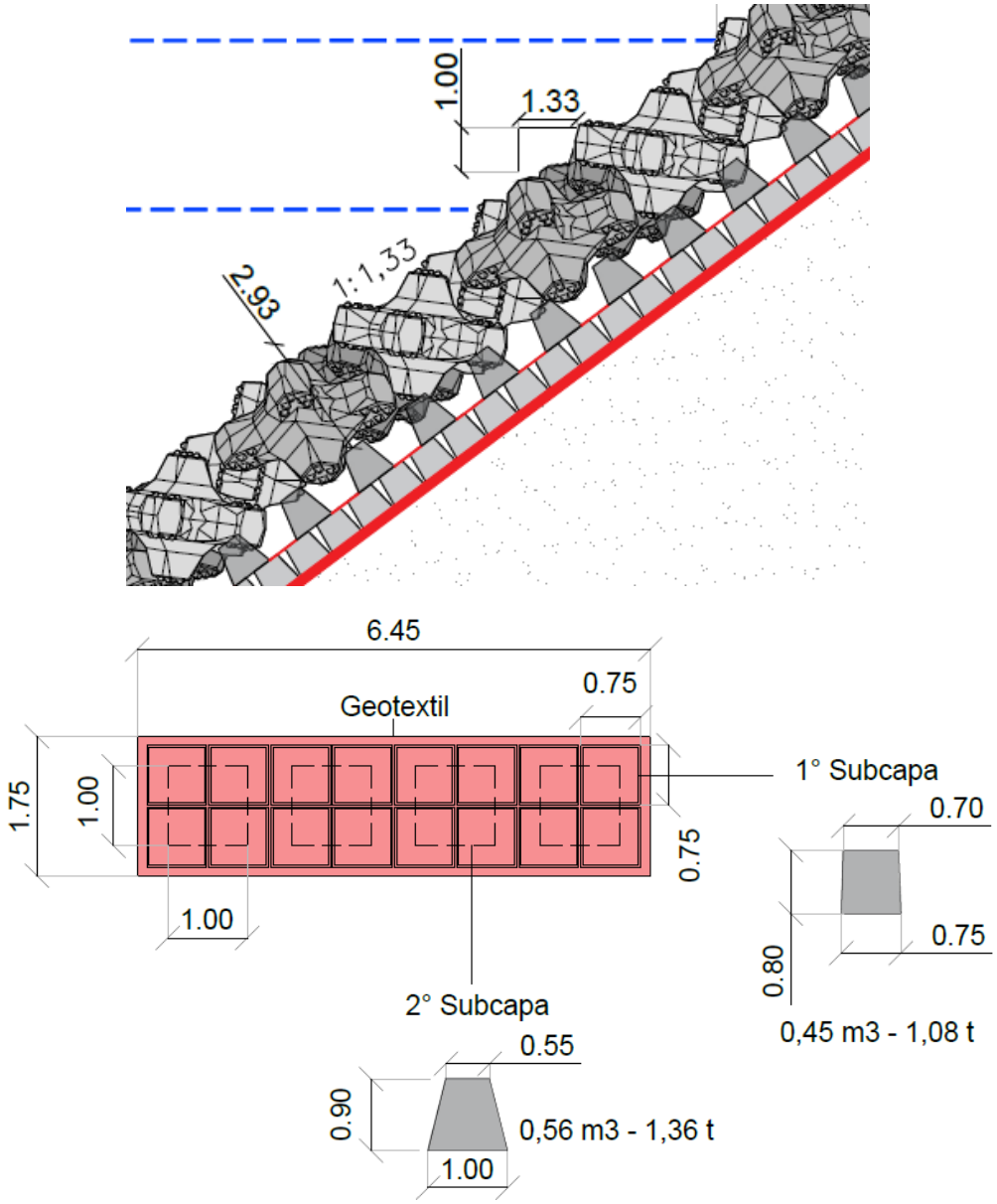


Figura 21: Subcapa artificial

b) Localización de la cantera más cercana con disponibilidad de los tamaños de roca necesarios (Provincia de Santa Cruz), considerando el costo del traslado a pie de obra y las consideraciones ambientales propias de otra jurisdicción.

6 PERFIL TRANSVERSAL

El perfil transversal del tronco y del morro, que resulta de considerar los aspectos de diseño y los aspectos constructivos mencionados en el punto anterior, se observan en las siguientes imágenes.

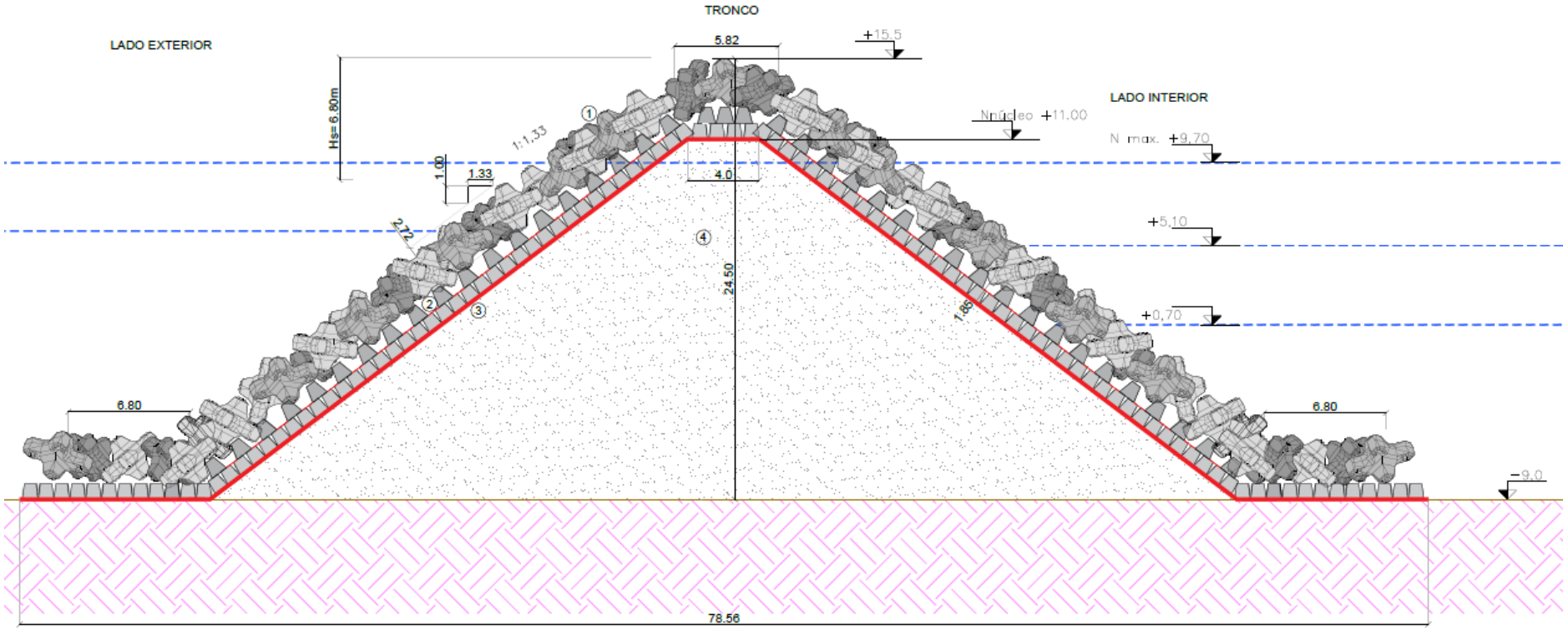


Figura 22: Perfil transversal del tronco

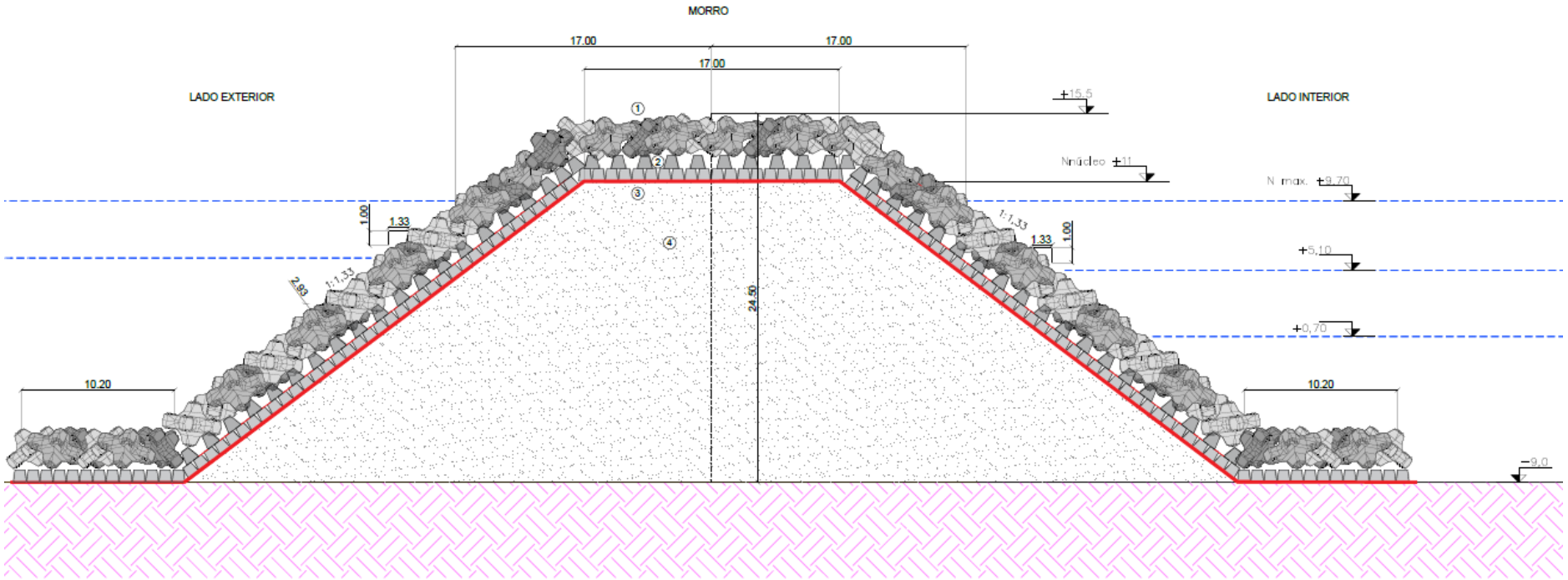


Figura 23: Perfil transversal del morro

7 CÓMPUTO DE MATERIALES NECESARIOS

De acuerdo a las características geométricas definidas en los perfiles transversales de la Figura 21 y Figura 22, se obtuvieron los siguientes volúmenes y superficies:

Volumen Núcleo (m3)		
	Tramo	**Morro**
Norte	365.919	66.726
Sur	284.787	57.857
Superficie (m2)		
	Tramo	**Morro**
Norte	72.659	9.264
Sur	62.145	8.897

Tabla 7: Volumen de núcleo y superficies de obras de abrigo.

Las unidades de acrópodos necesarios para la coraza son las siguientes:

CORAZA					H° (m3)
ACRÓPODOS (Tronco)	8 m^3	0,156 u/m2	23.133	ud	185.064
ACRÓPODOS (Morro)	10 m^3	0,134 u/m2	2.678	ud	26.774
			Volumen total de hormigón (m3)		211.838

Tabla 8: Unidades de acrópodos necesarios. Contienen un 10% de desperdicios.

De acuerdo a la disposición de la subcapa planteada en la Figura 8, se computa el siguiente consumo de hormigón por metro cuadrado:

SUBCAPA ARTIFICIAL		
1° subcapa		
0,45	m3 por bloque	
16	bloques	
7,2	m3	
2° Subcapa		
0,56	m3 por bloque	
4	bloques	
2,24	m3	
Volumen total	9,44	m3
Superficie geotextil	11,29	m2
	0,84	m3/m2
Superficie total	152.965	m2
Volumen total	153.514	m3 de H° para ambas obras de abrigo

Tabla 9: Consumo de hormigón para la subcapa artificial

El volumen total calculado anteriormente contiene un 20% de desperdicio. El volumen total entre el hormigón necesario para los acrópodos y el necesario para la subcapa es de 365.352 m3.

Se ha estimado que la construcción de las dos obras de abrigo demandará un plazo total de 2 años, considerando tiempos inoperativos por oleaje y vientos.

8 RESUMEN Y CONCLUSIONES

La escasez de material enrocado en la Isla es un aspecto que incide fuertemente en el diseño de las obras de abrigo, en su factibilidad técnica y constructiva, y es un punto crítico para el desarrollo del proyecto en su conjunto, dada la demostrada necesidad de contar con estas obras de protección.

Teniendo en cuenta lo dicho en el párrafo anterior, para esta etapa de ingeniería conceptual se considerará la construcción del núcleo con material extraído de la excavación del recinto y una mezcla de suelo cemento, para lograr el peso requerido para que no sea fácilmente puesto en suspensión. Esto requerirá realizar ensayos en laboratorio para definir la correcta dosificación de cemento y humedad, con el fin de lograr un material de características resistentes y de desgaste adecuadas para su disposición en el núcleo de las obras de abrigo. El volumen total necesario asciende a aproximadamente 775.289 $m^{3.}$

Por otra parte, se considerará el empleo de una subcapa artificial, que permitirá agilizar los plazos constructivos y cubrir rápidamente el material del núcleo. De esta manera, se genera un ahorro en el volumen de roca necesario para la subcapa. Se han intercambiado opiniones con la empresa dueña de la patente de acrópodos a fin de verificar el diseño preliminar propuesto. Debe considerarse que el uso de estos elementos implica abonar una tarifa en concepto de asistencia técnica para la elaboración y colocación de las unidades.

El avance está previsto desde tierra, con equipos viales, lo cual es una ventaja desde el punto de vista constructivo, en comparación con otras soluciones analizadas. Para esto, se ha definido un ancho de núcleo mínimo de 4 m.

El diseño geométrico resultante de las obras de abrigo puede observarse en los planos 22044-PRG-PL-024 y 025. Se incluyen secciones transversales, longitudinales y alineamiento de las estructuras. En instancias más avanzadas del proyecto se deberá verificar el diseño aquí propuesto, mediante la realización de modelos físicos a escala que validen la geometría general propuesta, la correcta disposición de los elementos que componen la coraza y su comportamiento ante la incidencia del oleaje y eventual sobrepaso. Esta etapa cobra una singular importancia al proponer el uso de subcapas artificiales, y de suelo cemento para el núcleo.

ESTUDIOS NÁUTICOS BÁSICOS E INGENIERÍA CONCEPTUAL PUERTO RÍO GRANDE, PROVINCIA DE TIERRA DEL FUEGO



Serman & asociados s.a. Consultora
SOLUCIONES QUE GENERAN CONFIANZA

Mirgor

PROYECTO VIAL DEL CAMINO DE ACCESO AL PREDIO (INTERSECCIÓN CON LA RN3) Y CIRCULACIONES INTERNAS DENTRO DEL PUERTO

Enero 2023

Ing. Mauro Campos
Representante Técnico

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN 5

2 LAYOUT GENERAL 5

3 OBJETO 6

4 METODOLOGÍA 6

5 ESTUDIO DEL CLIMA 7

5.1 CLASIFICACIÓN 7
5.2 TEMPERATURA 7
5.3 PRECIPITACIONES 8
5.3.1 Parámetros Climáticos promedio de Río Grande 8
5.4 LUZ SOLAR 8

6 ESTUDIOS GEOTÉCNICOS 9

6.1 ASPECTOS FÍSICOS DE TIERRA DEL FUEGO 9
6.2 ANÁLISIS DE LOS ESTUDIOS GEOTÉCNICOS 9
6.2.1 Criterios para la selección de calicatas 9
6.2.2 Criterios para la selección de ensayos SPT 10
6.2.3 Análisis de resultados 10

7 ESTUDIO DE LA PRESENCIA DE SUELOS SUSCEPTIBLES A LA HELADA 11

7.1 GENERALIDADES 11
7.2 SUSCEPTIBILIDAD DE LOS SUELOS EXISTENTES 12
7.3 ABLANDAMIENTO DE LA SUBRASANTE 12
7.3.1 Medios para la prevención de daños por la acción de la helada 13

8 ESTUDIO DE LOS HORIZONTES EXISTENTES 13

9 LAYOUT DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LOS PAVIMENTOS 13

9.1 ACCESO A LA TERMINAL 13
9.2 ROTONDA 14
9.2.1 1a. salida: Acceso al Edificio de Administración, a la Explanada para contenedores y al Feeder 14
9.2.2 2a. salida: Acceso a la Terminal de Pasajeros y al Ferryboat 15

10 ESTUDIOS DE TRÁNSITO 15

10.1 ESTUDIOS DE TRÁNSITO EN LA RNN° 3 15
10.2 EFECTOS DE LOS VEHÍCULOS EXCLUSIVAMENTE LIVIANOS 16
10.2.1 Estudio de tránsito para los vehículos que operan con el Feeder 16
10.2.2 Estudio de tránsito para los vehículos que operan con el Ferryboat 17

11 INTERSECCIONES DE LOS CAMINOS DE ACCESO A LA TERMINAL DESDE LA RNN°3 17

11.1 GENERALIDADES 17
11.2 CONCEPTO DE INTERSECCIÓN 17
11.2.1 Clasificación de las carreteras que se cortan 18

11.2.2 Datos del tránsito *18*
11.2.3 Topografía de la zona *18*
11.3 ELECCIÓN DEL "VEHÍCULO TIPO" 19
11.3.1 Trazados para Vehículos livianos (L) *19*
11.3.2 Trazados para Camiones (C) *19*
11.3.3 Trazados para Vehículos Articulados (VA) *19*
11.4 ELECCIÓN DEL "VEHÍCULO TIPO" 20
11.4.1 Análisis del tránsito *20*
11.4.2 Movimiento de peatones. *20*
11.4.3 Estudio de accidentes *21*
11.4.4 Mención de otras alternativas *21*
11.4.5 Diseño Geométrico de la Intersección seleccionada *21*
11.5 OBRAS A EJECUTAR 22
11.6 CRUCE POR ENCIMA DEL GASODUCTO 23

12 HORMIGÓN PARA LOS PAVIMENTOS 24

12.1 CARACTERÍSTICAS DEL CEMENTO PORTLAND 24
12.2 DAÑO POR CONGELAMIENTO Y DESHIELO 24
12.3 RECOMENDACIÓN DE MEDIDAS PARA EVITAR ESTOS DAÑOS 24
12.4 CARACTERÍSTICAS DEL HORMIGÓN 25
12.4.1 Módulo de rotura del hormigón (S'c) *25*
12.4.2 Módulo de elasticidad medio a 28 días (Ec) *26*
12.4.3 Resumen de características del H° *26*

13 DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS 27

13.1 INTRODUCCIÓN 27
13.2 ANÁLISIS DEL CLIMA 27
13.3 TRÁNSITO 28
13.4 MÉTODO DE APLICACIÓN 29
13.5 RESULTADO DE LA BÚSQUEDA 31
13.6 CARACTERÍSTICAS DEL PAQUETE ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO DE LA "OBRA TESTIGO" 32
13.7 EVALUACIONES TÉCNICAS REALIZADAS DURANTE LA VIDA ÚTIL DE LA "OBRA TESTIGO" 33
13.7.1 Evaluación realizada en 1985 (a 5 años de la vida de la "obra testigo") *33*
13.7.2 Evaluaciones hechas en el período 2008/2009 (a 28 ó 29 años de vida de la "obra testigo") *34*
"Mantenimiento del Corredor Mendoza - Túnel Internacional del Cristo Redentor" 35
13.8 PAQUETES ESTRUCTURALES DE LOS PAVIMENTOS DE HORMIGÓN DE LA PRESENTE OBRA 36
13.8.1 Paquete estructural de los pavimentos de hormigón para Tránsito Pesado *36*
13.8.2 Banquinas *37*
13.8.3 Circulaciones para tránsito pesado *37*
13.8.4 Paquete Estructural de los pavimentos de hormigón para Tránsito Liviano *38*
13.8.5 Circulaciones para Tránsito Liviano *38*

14 EXPLANADA PARA LA OPERACIÓN DE CONTENEDORES 38

14.1 MÉTODO DE DISEÑO 38
14.2 DISEÑOS CONVENCIONALES 39
14.3 TABLA DE FACTORES DE EQUIVALENCIA DE MATERIALES 39
14.4 CÁLCULO DEL PAQUETE ESTRUCTURAL 39

14.5 DISEÑO DEL PAQUETE ESTRUCTURAL PARA UN EQUIPO "REACH-STACKER" 40
14.6 DISEÑO DE ESPESOR PARA EL APILADO DE CONTENEDORES 43
14.7 DISEÑO DE ESPESOR DE LA SUB-BASE GRANULAR CBR ≥ 80 % 45
14.8 PAQUETE ESTRUCTURAL INTERTRABADO CON BLOQUES DE Hº 45
14.9 PAQUETE ESTRUCTURAL CON CALZADA Hº TIPO H=30 SEGÚN CIRSOC 201-2005 45

15 CONCLUSIONES 46

ESTUDIOS NÁUTICOS BÁSICOS E INGENIERÍA CONCEPTUAL PUERTO RÍO GRANDE

1 INTRODUCCIÓN

La empresa privada Mirgor, con sedes en Buenos Aires y Río Grande (Tierra del Fuego) y dedicada a la fabricación y distribución de productos tecnológicos (entre otros), ha encarado el estudio de una terminal portuaria al norte de la ciudad de Río Grande. Se trata de un puerto para operación de buques portacontenedores ubicado en los predios adquiridos por la empresa, a 25 km de dicha ciudad fueguina. En consecuencia, se realizan los estudios de base para el desarrollo de la ingeniería conceptual de la terminal.

El presente informe tiene el objetivo describir las principales tareas a realizar durante la etapa constructiva, el consumo general estimado de materiales y el cronograma preliminar de las obras.

2 LAYOUT GENERAL

El layout general de la terminal a construir se observa en la Figura 1. El proyecto se desarrolla en un predio de 224 Ha, parte del cual será dragado / excavado para conformar el recinto portuario.

Las **obras portuarias** comprenden en primer lugar un canal de acceso de 160 m de ancho y 1120 m de longitud, dragado a cota -8 m respecto al cero del Servicio de Hidrografía Naval. Este canal de acceso se encuentra protegido por dos obras de abrigo. La obra norte posee una longitud aproximada de 1250 m y la obra sur, de 1150 m. El canal de acceso finaliza en una zona de maniobras de forma elipsoidal, de 310 m por 400 m cada uno de sus ejes. Finalizadas las maniobras de giro, el buque se traslada al muelle sobre pilotes de 250 m de longitud y 32 m de ancho.

Las **obras viales** incluyen la intersección con la RN N°3 para el acceso a la terminal y el pavimento de la playa de contenedores. Como parte de las instalaciones en tierra también se considera de manera preliminar, un edificio administrativo y un estacionamiento para el personal operativo.

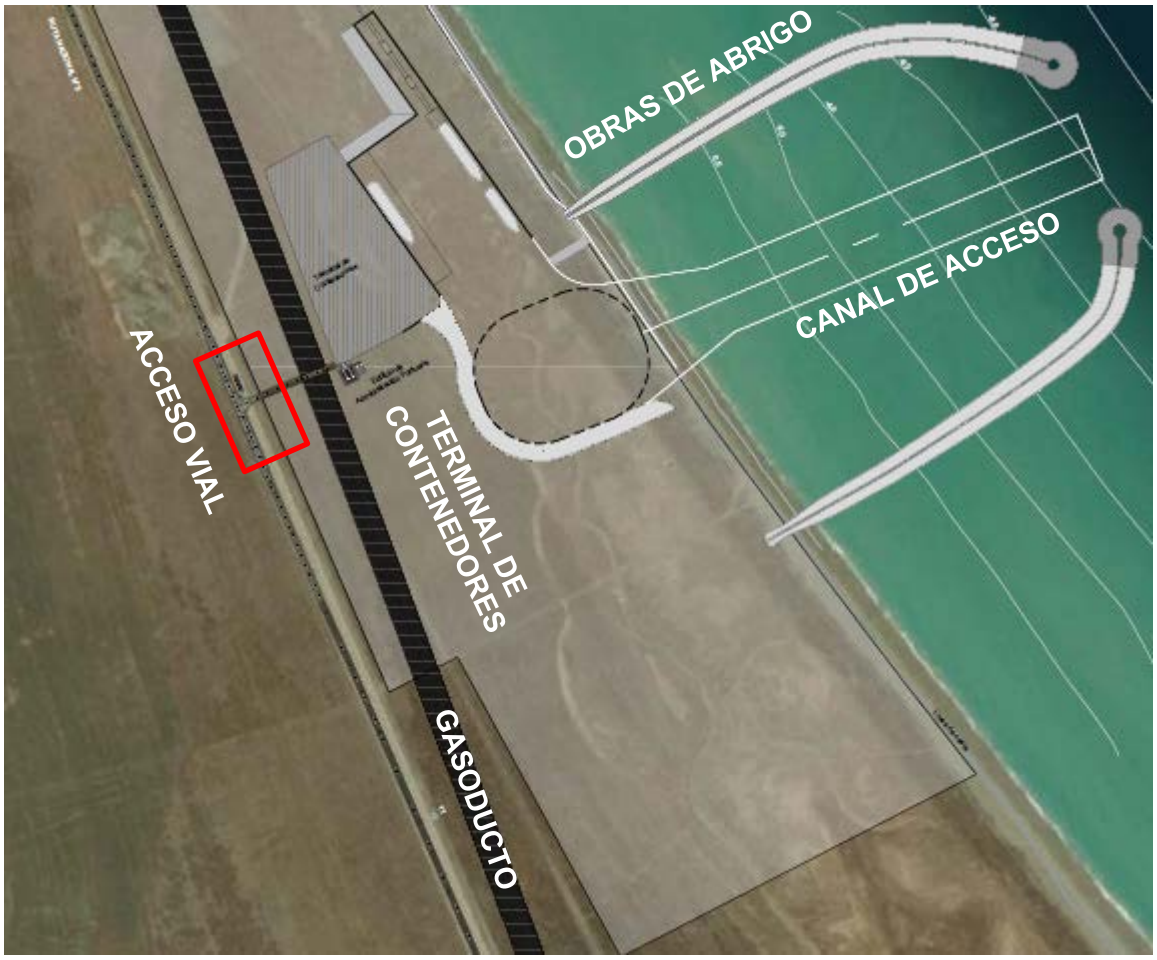


Figura 1: Layout general de la terminal portuaria.

3 OBJETO

El objetivo de la presente Memoria de Ingeniería es cubrir dentro del Proyecto MIRGOR todos los Pavimentos que deberían ser diseñados, y posteriormente ejecutados para la "Primera Etapa de la Terminal de Contenedores Puerto Río Grande", ubicada en el predio propiedad del Grupo MIRGOR, próximo a la Estancia "Las Violetas", a aproximadamente 20 km al noroeste de Río Grande, Provincia de Tierra del Fuego. El diseño a realizar en esta etapa tendrá el nivel de Ingeniería Conceptual.

4 METODOLOGÍA

A continuación, se enumeran los distintos temas que se desarrollarán en esta Memoria de Ingeniería de pavimentos:

- Estudio del clima
- Estudios Geotécnicos
- Estudio de la presencia de suelos susceptibles a la helada

- Estudio de los horizontes
- Layout desde el punto de vista de los pavimentos
- Estudios de Tránsito
- Intersección del Camino de acceso de la Terminal a la RNNº 3
- Hormigón para los pavimentos
- Estudio de rellenos y de eventuales agregados para el Hº
- Diseño estructural de Pavimentos (paquetes estructurales)
- Diseño estructural de la Explanada para la operación de contenedores

5 ESTUDIO DEL CLIMA

5.1 CLASIFICACIÓN

Existen varias clasificaciones del clima, que son complementarias entre sí. Se debe conocer a fondo sus características, porque hay que recordar que los pavimentos en general tienen que soportar la reiteración de cargas que produce el pasaje de los vehículos, y soportar las distintas temperaturas y amplitudes térmicas de las estaciones del año y del día y la noche de todos los días. En particular los pavimentos de hormigón sufran deformaciones (alabeos de las losas), que le producen fatiga y le van consumiendo la Vida Útil de los mismos.

De acuerdo a la Clasificación original de Köppen el clima de esta parte de Tierra del Fuego, se denomina "magallánico" (muy frío y muy ventoso),[1] Según la clasificación de Köppen-García el clima es "frío moderado" por el directo influjo oceánico y la escasa altitud, con vientos casi permanentes desde el cuadrante sudoeste que, normalmente, en verano y primavera suelen alcanzar ráfagas de 100 km/h.

De acuerdo con la *clasificación climática de Köppen-Geiger* se cataloga como "clima *subpolar oceánico*" (*Cfc*), o como "clima semifrío subhúmedo" (*C(E)x'*).

5.2 TEMPERATURA

La temperatura promedio en enero (mes más cálido del verano austral) es de 11 °C, y la temperatura promedio de julio (mes más frío del invierno austral) es de −6 °C; la menor temperatura media mensual de una ciudad de la Argentina con estación meteorológica de la

[1] **"Mapa de Climas",** Atlas Geográfico de la República Argentina, Edición Didáctica 2017, Instituto Geográfico Nacional,

red SMN. El 5 de febrero de 2019 fue registrado la "Temperatura Mínima Histórica de -30,8 ℃ (30 grados centígrados con ocho décimas bajo cero).

5.3 PRECIPITACIONES

La variación de las precipitaciones va desde 250 mm en su extremo norte, hasta 400 mm en la ciudad de Río Grande. Los días nublados son habituales y las lluvias frecuentes, aunque breves en general. La nieve es poco abundante y de corta duración, con excepción de ingresos de frentes polares que provocan intensas nevadas con acumulación de nieve durante días, como sucedió en el invierno de 1995.

5.3.1 Parámetros Climáticos promedio de Río Grande

Mes	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Temp. máx. abs. **°C)**	25	30.8	24	23	18	11	18	20	20	20.4	24.6	23	**30.8**
Temp. máx. media (°C)	16.1	15.7	13.5	10.5	6.5	3.1	3.0	5.2	8.3	11.4	13.4	15.1	**10.2**
Temp. media (°C)	10.9	10.3	8.1	5.5	2.6	-0.1	-0.2	1.4	3.5	6.2	8.4	10.0	**5.6**
Temp. mín. media (°C)	5.7	5.4	3.5	1.6	-0.8	-3.2	-3.1	-1.7	-0.2	1.6	3.3	4.8	**1.4**
Temp. mín. abs. **(°C)**	-1	-3	-7	-6.5	-11	-19	-22.2	-18.4	-10	-8	-3	-2.2	**-22.2**
Precipitación **total (mm)**	36.0	29.7	27.2	28.8	29.4	26.7	23.9	20.7	17.1	18.5	27.0	36.8	**321.8**
Días de precipitaciones (≥ 1 mm)	12.4	10.9	9.9	9.8	9.9	8.0	7.6	7.6	7.9	7.8	9.2	11.3	**112.3**
Días de lluvias (≥ 1 mm)	14	12	10	10	11	6	4	5	6	7	10	11	**106**
Días de nevadas (≥ 1 mm)	0	0	0	1	1	2	3	2	1	1	0	0	**11**
Humedad relativa **(%)**	69	71	75	80	85	86	86	83	76	70	65	66	**76**

Fuente n.º 1: ***Servicio Meteorológico Nacional*** (Normales climáticas y mínima extrema registrada)[6]

5.4 LUZ SOLAR

Debido a la *latitud*, la variación estacional en cuanto al tiempo de luz solar es muy amplia: poco más de siete horas en el solsticio de invierno y un poco más de 17 horas en el solsticio de verano.2

6 ESTUDIOS GEOTÉCNICOS

6.1 ASPECTOS FÍSICOS DE TIERRA DEL FUEGO

El presente proyecto se encuentra dentro de la Provincia de Tierra del Fuego[3], que forma parte de la Isla Grande de Tierra del Fuego, que la comparten los países de Argentina y Chile. La superficie de Tierra del Fuego es de 32.981 km^2. Es posible distinguir tres zonas bien diferenciadas a medida que aumenta la humedad hacia el norte. La planicie de características similares a la estepa patagónica, una zona de transición y al sur el relieve montañoso, continuación de la cordillera andina. La primera extremadamente árida, presenta un relieve con suaves ondulaciones, atravesado por cortos cursos fluviales. La zona de transición presenta un relieve más accidentado donde se alternan pastizales y manchas boscosas. La zona sur contrasta por su ambiente montañoso, con glaciares, lagos y bosques. La costa fueguina posee una forma característica, donde se destacan la Bahía de San Sebastián, la península Mitre, el Cabo San Diego y la Isla de los Estados.

6.2 ANÁLISIS DE LOS ESTUDIOS GEOTÉCNICOS

El Grupo MIRGOR ha organizado la realización de Estudios Geotécnicos en la zona de las obras, consistentes en la ejecución de 10 calicatas, en las que se realizarán ensayos "in situ", y se extraerán muestras para ejecutar ensayos de laboratorio, para el conocimiento de los distintos materiales que constituyen los suelos existentes, en el primer 1,50 m desde la superficie, y de ensayos SPT para conocer el valor portante de las capas de suelo existentes a distintas profundidades, para definir las cotas de fundación de las estructuras a construir.

6.2.1 Criterios para la selección de calicatas

La información de las calicatas nos dará la valoración cuantitativa de los suelos existentes del primer metro y medio del terreno natural, que es la profundidad aproximada hasta la que llega

[2] **EARG - Estación Astronómica Río Grande** (enero de 2010).

[3] Del punto de vista político, formalmente, **Tierra del Fuego** forma parte de la denominada: **"Provincia de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur".**

la presión de las ruedas de los vehículos, para poder caracterizar el Valor Soporte de la subrasante, que servirá de apoyo a los paquetes estructurales de los pavimentos de las circulaciones internas para el tránsito pesado, y las exclusivas para el tránsito liviano. A continuación, se describe el criterio que se ha seguido para la ubicación de las calicatas respecto de las facilidades viales a diseñar, en el sector que representa.

- Calicatas C1 y C2: sector del camino de acceso a la RNNº 3.
- Calicatas C3 y C4: sector al norte de la explanada (ampliación de la explanada para contenedores en etapas posteriores).
- Calicatas C5; C6 y C7: sector de la explanada para contenedores Etapa 1.
- Calicatas C8 y C9: sector para la Planta de licuefacción de gas (se dejó esta Planta para etapas posteriores)
- Calicatas C 10: sector para Edificio de Administración

6.2.2 Criterios para la selección de ensayos SPT

La información que se obtiene de los Ensayos SPT, para caracterizar los suelos existentes en el subsuelo del terreno natural, que es necesaria conocer para poder definir el nivel o cota del plano de fundación, que servirá de apoyo a las distintas estructuras (por ej. muros), y las características de las distintas capas del subsuelo que hay que excavar hasta llegar a las diferentes profundidades proyectadas de la excavación del recinto portuario. A continuación se describe el criterio que se ha seguido para la ubicación de los ensayos SPT a realizar, y el sector a que representa.

- S1 y S2 (prof. 25 m): recinto portuario
- S3 (prof. 45 m): sector norte del muro, donde amarra el Feeder
- S4 (prof. 45 m): sector norte del muro, donde amarra el Ferryboat
- S5; S6 y S7 (prof. 40/45 m) sector sur, los barcos para la Planta de licuefacción de gas (etapas futuras)
- S8 (prof. 25 m): sector del muro curvo en la Zona de giro.
- S9 (prof. 25 m): sector del recinto portuario en la Zona de giro

6.2.3 Análisis de resultados

Al momento de la elaboración del presente informe, no se cuenta con los resultados de los valores soporte resultantes de cada una de las calicatas.

7 ESTUDIO DE LA PRESENCIA DE SUELOS SUSCEPTIBLES A LA HELADA

7.1 GENERALIDADES

Para que el pavimento sea dañado por la acción de la helada, deben cumplirse simultáneamente tres condiciones:

- Que el suelo de fundación sea susceptible a las heladas.
- Que la temperatura de congelación penetre hasta la subrasante.
- Que haya suficiente cantidad de agua disponible.

El levantamiento de las losas es producto del crecimiento de lentes de hielo en el suelo de fundación. Cuando las temperaturas de congelación penetran en suelos finos, el agua en los grandes poros se congela aproximadamente a 0ºC, mientras que el agua presente en los más pequeños, permanece aún en estado líquido por estar sometida a una presión menor. Luego el agua presente en los poros más pequeños se mueve hacia la zona helada, se congela y se expande. El espesor de estas lentículas de hielo será aproximado a la elevación de las losas del pavimento. Si la velocidad de penetración de la helada en la subrasante es baja, las lentes de hielo serán de mayor espesor ya que hay más tiempo disponible para que el agua fluya hacia la zona helada.

Es necesario aclarar que para que se congele el agua presente en la subrasante o en la base del pavimento, las heladas deben mantenerse por un periodo prolongado de manera tal que la temperatura de congelación alcanza dichas capas.

En el punto 5 ESTUDIO DEL CLIMA de la presente Memoria, se observa las siguientes "Temperaturas mínimas absolutas", todas bajo 0 ºC, como se indica a continuación:

- Junio: -19,0 ºC
- Julio: - 22,2 ºC
- Agosto: - 18,4 ºC

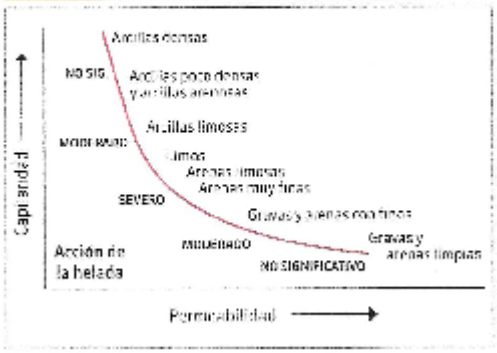
Por lo tanto, es altamente probable que las heladas se mantengan por un periodo prolongado, de manera tal que la temperatura de congelación alcance dichas capas. Por lo que es esencial proteger a todos los pavimentos de los fenómenos comentados hasta aquí. En estos pavimentos los efectos más fuertes que deben ser soportados, son los climáticos, más que los de la reiteración de cargas.

7.2 SUSCEPTIBILIDAD DE LOS SUELOS EXISTENTES

Existen varias hipótesis de las causas de este fenómeno, pero pese a su complejidad, se está de acuerdo con que los suelos susceptibles a esta acción son los constituidos por granos finos sujetos a la acción capilar.[4]

Los suelos más susceptibles son los limosos (0,05 mm a 0,005 mm), ya que poseen succión capilar además de una permeabilidad suficiente como para que el agua se mueva rápidamente hacia la zona helada.

Figura 2.5: Relación entre la acción de la helada y las propiedades hidráulicas de los suelos. [ACPA EB202P 2007]



7.3 ABLANDAMIENTO DE LA SUBRASANTE

El descongelamiento de la subrasante congelada se produce desde la superficie hacia abajo y de las capas inferiores hacia arriba. Como resultado la duración de este fenómeno es generalmente menor a la del congelamiento.

Cuando comienza el periodo de descongelamiento, el contenido de humedad suele ser alto, debido a que se incrementa en la etapa de congelamiento y agua de infiltración desde la superficie. Esta agua en la zona superior de la capa congelada no puede drenar hacia la zona inferior debido a que es obstaculizada por la capa congelada. Adicionalmente, la expansión generada por congelamiento produce una reducción de la densidad. Bajo estas condiciones existe una pronunciada pérdida de la capacidad portante durante el período de deshielo, y se altera significativamente la homogeneidad del apoyo.

El control de la acción de las heladas es necesario para prevenir el levantamiento diferencial excesivo entre las distintas losas del pavimento y mantener una uniformidad razonable de la capacidad portante de la subrasante.

[4] **"Manual de Diseño y Construcción de Pavimentos de Hormigón",** Instituto del Cemento Portland Argentino"(ICPA), Edición 2014.

7.3.1 Medios para la prevención de daños por la acción de la helada

Sobre la base de las granulometrías de los suelos de las muestras extraídas de las calicatas, y los ensayos SPT, se hará un estudio de la susceptibilidad de los suelos existentes a las heladas, para la prevención de los daños que se podrían producir por el hinchamiento de los suelos por el fenómeno de "penetración de la helada", porque sobre la base de este estudio se definen los espesores y calidad (anticongelante, drenante, etc.), de la/las capas del material que hay que colocar por debajo del pavimento de hormigón, como se verá más adelante.

8 ESTUDIO DE LOS HORIZONTES EXISTENTES

En el análisis de los Estudios Geotécnicos se estudiarán los distintos horizontes existentes en el subsuelo del "recinto portuario" (donde se realizará la excavación de millones de metros cúbicos de suelo). Mediante los resultados de la extracción de las muestras de las calicatas y del estudio de los ensayos SPT, se evaluará la existencia de capas significativas de calidad, espesor y potencia, para que los equipos asignados a las excavaciones, trabajen de tal modo que no se mezclen los distintos horizontes, y que se puedan generar a partir de los materiales excavados, agregados útiles que, con procesos posteriores (clasificación, trituración, lavado), puedan aprovecharse para su utilización como suelo de relleno para formar terraplenes, subrasante, agregados pétreos finos y/o gruesos, para Bases , Sub-bases, y elaboración de los hormigones necesarios para la ejecución de estructuras y pavimentos de la Terminal.

9 LAYOUT DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LOS PAVIMENTOS[5]

En este capítulo se describirá el layout de la Terminal desde el punto de vista de los pavimentos a diseñar, con relación de los tipos de vehículos que utilizarán los mismos.

9.1 ACCESO A LA TERMINAL

La Terminal tendrá un acceso único a la RNNº 3, del tipo "Intersección canalizada Tipo "T", que se describirá más adelante en el Capítulo 9, que se encuentra en la parte sur del predio, enfilado al acceso de la explanada de operación y depósito de los contenedores, en el sitio donde amarra el Feeder.

[5] La presente descripción se refiere a la **"Planimetría"** desarrollada en el **plano: 22044-PRG-PL-033-RevA (3 hojas).**

9.2 ROTONDA

Aproximadamente a 160 m de la Intersección con la RNNº 3, se ha diseñado una rotonda (Intersección rotatoria) para dividir los dos tránsitos diferentes que se dirigen a distintos lugares de la Terminal, a saber:

- Edificio Administrativo, Explanada para contenedores y Feeder
- Terminal de Pasajeros y Ferryboat

La rotonda es de tres brazos, de radio interno de 25 m y ancho de calzada de 8,00 m. Cada brazo es de dos carriles cada uno.

La isleta central de la rotonda es del tipo circular, alrededor de la cual circula el tránsito en el sentido contrario a las agujas del reloj.

La rotonda separa definidamente los puntos de conflicto y proporciona cierta fluidez al tránsito. Constituye de por sí un sistema de circulación intermitente continuo

La intersección rotacional constituye un tipo especial de intersección a nivel, en el cual el entrecruzamiento de los vehículos se efectúa en ángulo agudo, y con una velocidad relativa baja: prácticamente transforma la fricción de intersección en fricción interna.

Aparte de esta ventaja fundamental, la intersección rotatoria hace posible un flujo ordenado y continuo del tránsito, aunque a baja velocidad, pero suprime en general la demora por detención, inevitable en los otros cruces a nivel. Ofrece además igual comodidad para todos los movimientos de giro. La rotonda tendrá dos salidas, como se describe a continuación.

9.2.1 1a. salida: Acceso al Edificio de Administración, a la Explanada para contenedores y al Feeder

Por este acceso entrarán y saldrán los vehículos livianos que se dirigen al Edificio Administrativo y los camiones que operarán con los contenedores dirigiéndose a la Explanada y al Feeder. Por lo tanto, en este sector de la Terminal existirán las siguientes facilidades viales:

- Circulación interna de vehículos livianos que se dirigen al Edificio Administrativo y tránsito de vehículos pesados que se dirigen a la Explanada de contenedores y al Feeder.
- Playa de Estacionamiento exclusivo de vehículos livianos con destino al Edificio Administrativo.
- Explanada para el depósito de los contenedores
- Sector de la Explanada para la operación de vehículos pesados para el intercambio de contenedores entre camiones y Feeder.

9.2.2 2a. salida: Acceso a la Terminal de Pasajeros y al Ferryboat

Por esta salida saldrán los camiones que serán trasladados por el Ferryboat, que en su mayoría serán semirremolques de plataforma plana para poder trasladar los contenedores (cargados o vacíos). Cada uno podrá trasladar un contenedor de 40 pies o dos de 20 pies. Todo este tránsito será de vehículos pesados.[6]

Por otra parte, también entrarán y saldrán los vehículos livianos[7] (motos, autos, camionetas, combis, vehículos de proveedores, vehículos de servicios varios, etc.), que transportan personas a la Terminal de pasajeros.

Por lo tanto, en este sector de la Terminal existirán las siguientes facilidades viales:

- Circulaciones internas para tránsito mixto de vehículos pesados y livianos que se dirigen al Ferryboat
- Circulaciones internas para vehículos livianos y buses que se dirigen a la Terminal de pasajeros
- Playa de Estacionamiento para vehículos pesados y livianos que se dirigen al Ferryboat
- Playa de Estacionamiento exclusivamente para vehículos livianos que se dirigen a la Terminal de pasajeros

10 ESTUDIOS DE TRÁNSITO

10.1 ESTUDIOS DE TRÁNSITO EN LA RNN° 3

Los dos caminos de acceso de la Terminal a la RNNº 3 ingresarán al Tramo de esa ruta denominado por la DNV: "Acceso a Chorrillos (Izquierda, km 2781,79) - Puente sobre Río Chico (km 2823,01)", de 41,3 km de longitud, a la altura de la Estancia Violeta, a sólo 340 m antes del puente mencionado.

Según las últimas estadísticas publicadas por la DNV correspondientes al año 2021, el TMDA[8] de ese Tramo es de 618 vehículos por año, de los cuales el 54,3 % son de tránsito liviano (autos y camionetas) y 45,7 % de tránsito pesado (Buses, camiones sin acoplado, camiones con acoplado y semirremolques). Esta estadística ha sido realizada por la Estación Permanente

[6] Se denomina **vehículo pesado** a todo vehículo que posee 6 ruedas o más

[7] Se denomina **vehículo liviano** a todo vehículo que posee hasta 4 ruedas.

[8] **TMDA:** Tránsito Medio Diario Anual.

que posee la DNV en el km 2810,40, muy próxima al previsto para los ingresos de los Caminos de acceso Norte y sur a la Terminal.

Considerando la "Serie Histórica" publicada entre los años 2013 y 2018 (sin contar los años anormales por la pandemia), resulta una Tasa de crecimiento = 1,1 %, o sea muy aproximada a la Tasa de crecimiento vegetativa actual de la Argentina (0,9 %).[9][10]

10.2 EFECTOS DE LOS VEHÍCULOS EXCLUSIVAMENTE LIVIANOS

En las Circulaciones para vehículos exclusivamente livianos (motos, autos, camionetas, combis, etc.) debe considerarse que los esfuerzos que las tensiones de tracción por flexión que producen los mismos, son muy bajas, y por lo tanto no producen fatiga en el pavimento de hormigón, ya que las tensiones que producen en el mismo se encuentran por debajo del 50 % de la tensión admisible del mismo, y teóricamente en ese caso el Hº acepta reiteraciones infinitas. Por lo tanto en este caso se diseñará un pavimento de bajo espesor, pero que debe ser protegido por capas inferiores de la penetración de la helada, como se ha explicado en el Capítulo 6: "Estudio de la presencia de suelos susceptibles a la helada".

10.2.1 Estudio de tránsito para los vehículos que operan con el Feeder

Para la determinación del tránsito de diseño de la terminal de contenedores de vehículos pesados se utilizó la estadística portuaria del puerto de Ushuaia de la Dirección Provincial de Puertos de la Provincia de Tierra del Fuego para el año 2021.

En el registro se indican los buques arribados por mes, fecha y horario de arribo, y fecha y horario de partida y la cantidad de contenedores tanto de exportación como de importación.

Para establecer la cantidad de camiones, primero se determinó el tiempo de estadía de los buques. Luego se calculó la cantidad total de viajes. Para los contenedores de 40’ se adoptó un viaje por contenedor mientras que para los contenedores de 20’ se adoptó un viaje cada dos contenedores. Luego se determinó la cantidad total de viajes sumando los viajes debido a la importación y exportación. Para determinar el TMDA se hizo la relación entre los viajes generados y el tiempo de estadía de los buques. En este paso se asume en forma conservadora que todo el movimiento generado por cada buque es transportado durante el tiempo de estadía del buque en el puerto. Finalmente se calcula el promedio del TMDA asociado a todos los buques, siendo el resultado:

[9] Dato del 2021.

[10] **Tasa de crecimiento vegetativa:** diferencia entre la Tasa bruta de nacimiento y la Tasa bruta de mortalidad, o sea la denominada también **"Tasa natural".**

TMDA $_{feeder}$ = 150 camiones /día

A este tránsito de vehículos pesados se agregará el tránsito de vehículos livianos con destino al Edificio Administrativo.

10.2.2 Estudio de tránsito para los vehículos que operan con el Ferryboat

El Ferryboat de 172 m de eslora, tiene capacidad para 334 autos y/o camionetas y 115 camiones semirremolques. computando los que arriban para ser cargados y los que bajan serán el doble, o sea:

668 autos y/o camionetas y 230 camiones semirremolques

Como se prevé una operación de amarre por día, y por lo dicho anteriormente, se considerarán sólo los camiones tendremos:

TMDA $_{ferryboat}$ = 230 camiones /día

11 INTERSECCIONES DE LOS CAMINOS DE ACCESO A LA TERMINAL DESDE LA RNN°3

11.1 GENERALIDADES

Cuando dos o más carreteras se cruzan a nivel, el área de la zona de intersección queda como parte integrante de cada una de ellas y, por consiguiente, constituye, en cierta manera, un punto de discontinuidad al que hay que tratar en forma especial.

La experiencia mundial sobre reacción de los conductores, accidentes, capacidad, etc, han permitido elaborar una serie de recomendaciones para estudiar el trazado de las intersecciones.

En este caso particular el suscripto se ha basado en recomendaciones publicadas en ediciones técnicas de los siguientes países: Estados Unidos (AASHTO), España (Dirección General de Carreteras, Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo - MOPU) y Argentina (DNV e Ing. Juan M. Corvalán, Universidad Nacional de La Plata).

11.2 CONCEPTO DE INTERSECCIÓN

Al enfrentarse con el problema de proyectar de la manera más adecuada el trazado de una intersección, previamente al diseño de cada uno de los elementos que la componen, es

necesario obtener un concepto claro acerca de la función que dicha intersección ha de cumplir y, por consiguiente, de las soluciones a estudiar. Para obtener este concepto general de la intersección, es necesario tener en cuenta los siguientes factores:

- Clasificación funcional de las carreteras que se cortan.
- Datos del tránsito.
- Topografía de la zona.

A continuación, se describen en detalle cada uno de estos puntos.

11.2.1 Clasificación de las carreteras que se cortan

En este caso se trata de Caminos de acceso a una Terminal Portuaria de carácter privado, que accede a la Ruta Nacional Nº 3, cuya Zona de camino y todos los elementos que están en ella es jurisdicción de la DNV, por lo que en etapas futuras se deberá ponerse en contacto con esa Repartición, para lograr la aprobación y autorización de la Intersecciones diseñadas.

11.2.2 Datos del tránsito

Es necesario estudiar en primer lugar las intensidades de tránsito en cada una de las carreteras, lo que ha sido hecho en el punto 10 de la presente Memoria.

11.2.3 Topografía de la zona

Esta zona está formada por la estepa magallánica, relieve llano, lomas redondeadas y bajas, con poca vegetación arbórea, reemplazada por praderas de pasto, por efecto de los vientos.

Comparte como Zona biogeográfica, las mismas características que tiene toda la Isla Grande de Tierra del Fuego, que pertenece a Chile y Argentina.

Desde el Estrecho de Magallanes hasta el sur del Río Grande, predominan las llanuras y mesetas recortadas, con pastizales xéricos y húmedos, donde domina el coirón; matorrales donde se ve la mata negra (Chiliortrichum); y murtillares. Otras especies que se pueden observar son la mata verde (Lepidophyllum) y la Salicornia ambigua. Comprende la parte central entre la estepa magallánica y la zona de la cordillera. Con pastizales y manchas boscosas con predominio del ñire, y hacia el sur comienza a verse la lenga. Las escasas precipitaciones impiden el desarrollo de un estrato arbóreo en la región. Todas estas circunstancias definen que la zona donde se desarrolla la intersección es francamente una llanura, lo que favorece fundamentalmente la situación desde el punto de vista de la visibilidad, a efectos de lograr una operación segura de los vehículos en la intersección.

11.3 ELECCIÓN DEL "VEHÍCULO TIPO"

Es condición fundamental y previa para el estudio del trazado de una intersección, la determinación del "vehículo tipo" que ha de utilizarla, así como el conocimiento de sus características de maniobra. Los vehículos se pueden agrupar para estos efectos en los siguientes tipos:

- Vehículos livianos (L) (motos, autos, camionetas, combis, etc.)
- Camiones (C) (de una única carrocería, incluyendo ómnibus)
- Vehículos articulados (VA) (hasta 16 m de longitud total: Semirremolque y camiones con acoplado)

La elección del "vehículo tipo" para el trazado depende de la intensidad y características del tránsito que realiza movimientos de giro, y en definitiva del criterio del proyectista, una vez consideradas las circunstancias particulares de cada caso y, especialmente el movimiento e intensidad de los vehículos pesados. en nuestro caso se ha elegido como "vehículo tipo" el Semirremolque WB-19 de AASHTO, cuyas características son las más próximas a las dimensiones máximas permitidas por la "Ley Nacional de Tránsito Nº 24.449", en su Artículo 53, apartado 3.4, del Capítulo III, para "Unidad tractora con semirremolque (articulado) y acoplado".(longitud máxima 20,50 m).

11.3.1 Trazados para Vehículos livianos (L)

Puede usarse sólo donde se permite operar a Vehículos livianos, por ejemplo, en el caso de circulación exclusivamente de vehículos livianos a edificios administrativos.

11.3.2 Trazados para Camiones (C)

Es el realmente recomendado para todas las intersecciones no urbanas, salvo en los casos descriptos anteriormente. cuando los movimientos de giro sean importantes y tengan particularmente un gran porcentaje de camiones, deberán proyectarse dichos movimientos con amplitud, tanto en radios como en carriles de cambio de velocidad, etc.

11.3.3 Trazados para Vehículos Articulados (VA)

Debe elegirse en aquellas intersecciones donde existe o se prevea un porcentaje considerable de "vehículos articulados" o "camiones con acoplado" en los movimientos de giro, como es nuestro caso.

11.4 ELECCIÓN DEL "VEHÍCULO TIPO"

Tres son los factores que deben ser analizados detenidamente, antes de proceder a la elección del dispositivo más adecuado en una intersección:

- Análisis del tránsito
- Movimiento de peatones
- Estudio de accidentes

A continuación, desarrollamos la descripción de dichos factores en nuestro caso.

11.4.1 Análisis del tránsito

El análisis del tránsito que circula por la intersección requiere a su vez el estudio de los siguientes factores que tienen influencia en la selección de la solución:

- Tránsito en la vía principal (RNNº 3)
- Tránsito en la vía incidente (camino de acceso a la Terminal)
- Tiempos de llegada y salida de los vehículos en ambas vías (definición del "intervalo crítico")
- Número de vehículos detenidos en la vía secundaria (camino de acceso a la Terminal).

Como el presente proyecto tiene la característica de "Ingeniería conceptual", en esta etapa sólo se estudiarán los dos primeros factores, dejándose los otros dos factores de estudio para etapas posteriores (Anteproyecto y Proyecto Ejecutivo). Esto significa que si bien se diseñaría la intersección para camiones, lo que se presentará en esta etapa del proyecto, podría ser que hubiera que aumentar la longitud de alguna rama de aceleración y/o deceleración, dársenas, algunas isletas adicionales, que dado la envergadura del proyecto, no tendría una significación importante en las inversiones a realizar.

11.4.2 Movimiento de peatones

Se considera que la instalación de semáforos peatonales en una intersección queda justificada siempre que el movimiento de peatones supere los 150 peatones por día, durante 8 horas cualesquiera de un día normal. Dada la poca población que existe en la región en que se desarrolla este proyecto, se está muy por debajo dicho valor, y se descartará la idea de instalar semáforos peatonales.

11.4.3 Estudio de accidentes

La creencia de que los semáforos reducen materialmente el número de accidentes, rara vez ha sido confirmada por la experiencia. Por lo tanto, si una intersección no cumple con ninguna de las anteriores condiciones que justifica el empleo de semáforos excepto la de los accidentes, se debe tender a no instalarlos. Este es el criterio que adoptamos en este nivel de diseño.

Dado los niveles de tránsito que posee la RNNº 3, y los que va a tener en el futuro el camino de acceso a la Terminal, se ha seleccionado una "intersección canalizada Tipo T", ya que se trata de tres ramas. En la intersección seleccionada cuyo diseño se presenta, pueden circular todo tipo de vehículos, pero por razones de economía los vehículos articulados (VA) podrán operar siempre que no excedan los 15 km/h de velocidad en sus giros. En etapas posteriores (Anteproyecto y Proyecto Ejecutivo), se podrá profundizar este estudio, y ajustar las intersecciones, en el caso que se prevea más de una, a las condiciones específicas que se requieran.

11.4.4 Mención de otras alternativas

Si bien existen varias alternativas de "intersección canalizada Tipo T", en el presente trabajo seleccionamos una de las más adecuada que se ajusta a los datos que se conocen, y los que se puedan recolectar en el breve plazo con que se cuenta.

11.4.5 Diseño Geométrico de la Intersección seleccionada

Se ha elaborado un plano en escala 1:500, de la intersección seleccionada, en el cual se han indicado todos los elementos geométricos que la constituyen. A continuación, se describen brevemente los criterios utilizados para el diseño de dichos elementos.

- Todos los carriles de las 3 ramas, incluidos los carriles de aceleración y desaceleración tienen un ancho óptimo de 3,65 m, excepto los de las curvas de ingreso y egreso de la Terminal a las que se les ha diseñado sobreancho, tal que resultan de 5,50 m de ancho por los vehículos VA, ya que las curvas tienen un radio mínimo de 25 m.
- Se han diseñado 5 isletas para canalizar el tránsito, según el siguiente detalle:
  - 2 isletas separadoras en el eje de la RNNº 3: para proteger a los vehículos que giran a la izquierda, si eventualmente tienen que disminuir la velocidad o detenerse por la existencia de vehículos en la trayectoria que desean realizar.
  - 2 isletas direccionales en el camino de acceso a la Terminal, triangulares con base curva: para canalizar los giros de los vehículos a la derecha y a la izquierda.
  - 1 isleta separadora en el eje del camino de acceso a la Terminal: para canalizar los giros de los vehículos a la derecha y a la izquierda que ingresan o egresan a la Terminal.

Ing. Mauro Campos
Representante Técnico

- Carriles de aceleración y desaceleración en carriles al NE en la RNNº 3: en la parte paralela al eje del trazado, tienen 100 m de largo y las transiciones oblicuas de incorporación o de egreso del tránsito general, de 70 m de largo que aparecen como suficiente, ya que se incorporan al o egresan del tránsito general, a aproximadamente 200 m del eje del acceso a la Terminal.
- Carriles de aceleración y desaceleración en carriles al SO en RNNº 3: en la parte paralela al eje del trazado tienen 45 m de largo y las transiciones oblicuas de incorporación o de egreso de 70 m. Es probable que en estos carriles los vehículos tengan que detenerse antes de iniciar la maniobra de ingresar o egresar, pero dependerá de la intensidad del tránsito, y estas maniobras se pueden mejorar substancialmente con la Señalización Vertical (carteles) con señales de "ceda el paso", reducción de velocidad, etc., que se podrán diseñar en una etapa posterior (Proyecto ejecutivo)
- Curvas de ingreso y egreso a la Terminal de giros a la derecha: están constituidas por arcos circulares, de 25 m de radio y 45º de ángulo al centro, y curvas espirales en los empalmes a los bordes del pavimento que proviene de la Terminal.
- Curva de ingreso a la Terminal, de giro a la izquierda, desde la RNNº 3: la trayectoria de esta curva comienza donde termina el carril SO de desaceleración en la RNNº 3, donde a veces deberá detenerse el vehículo si existiera tránsito en el carril opuesto, y pasa entre las dos isletas direccionales triangulares del camino de acceso a la Terminal, para luego circular entre la isleta separadora del citado camino y el borde derecho del pavimento del carril E, describiendo una trayectoria de 35 a 40 m aproximadamente de radio, dependiendo del conductor del vehículo.
- Curva de egreso de la Terminal de giro a la izquierda a RNNº 3: la trayectoria de esta curva comienza en la parte final del carril O. del camino de acceso a la Terminal, y pasa entre las dos isletas direccionales triangulares y la isleta separadora del camino de acceso a la Terminal, para luego cruzar el eje central de la RNNº 3, llegando al carril de aceleración SO, donde a veces el vehículo deberá disminuir la velocidad o detenerse, si existiera tránsito en el carril al que está intentando ingresar, describiendo una trayectoria de 35 a 40 m aproximadamente de radio, dependiendo del conductor.
- Todos los carriles poseen una banquina de 3 metros de ancho de pasto

11.5 OBRAS A EJECUTAR

Una intersección es una obra vial que siempre tiene cierto grado de complejidad. Sin embargo, hay que reconocer que una Intersección canalizada en "T", es la más simple intersección canalizada. A continuación, se hace una enumeración de las obras que hay que diseñar, para poderla ejecutar:

1) Demoliciones varias (alcantarillas de Hº o de caños, y pavimento existente)
2) Alcantarillas varias a construir.
3) Carpeta tipo concreto asfáltico en caliente para ensanche y refuerzos.
4) Riego de liga con material bituminoso para carpeta y refuerzos.
5) Base con mezcla bituminosa tipo concreto asfáltico en caliente para ensanche.
6) Riego de liga con material bituminoso para base negra en ensanche.
7) Riego con material bituminoso para Base estabilizada granular.

8) Base estabilizada granular para ensanche.
9) Sub-Base estabilizada granular para ensanche.
10) Recubrimiento con suelo seleccionado para ensanche.
11) Terraplén con suelo común con compactación especial.
12) Terraplén con suelo común sin compactación especial.
13) Cordón emergente Tipo 2.
14) Cordón protector para borde de pavimento.
15) Relleno detrás de cordones con Hº H-4.
16) Baranda de defensa cincada para defensa de terraplén
17) Señalización Vertical.
18) Señalización Horizontal con pintura por extrusión.
19) Señalización Horizontal con pintura en frío.
20) Señalización Horizontal para sendas peatonales.
21) Iluminación
22) Semaforización (como mínimo con señal intermitente)

11.6 CRUCE POR ENCIMA DEL GASODUCTO

El camino de acceso a la RNNº 3 que se ha diseñado va a pasar, poco antes de llegar a la ruta, por encima del gasoducto, que está operando la firma Transportadora de Gas del Sur (TGS) que corre sensiblemente paralelo a la misma ruta, en la Zona de camino de la RNNº 3, del lado sur. Por lo expuesto, teniendo en cuenta estas instalaciones en la proximidad de una futura obra, y que cualquier daño directo o indirecto puede ocasionar consecuencias serias, a las vidas humanas y/o a las estructuras de las instalaciones debido a la existencia de este gasoducto, existen Zonas de Restricción, indicadas en el plano cuyo título es: "Layout - PRIMERA ETAPA".

Como la obra de este proyecto contempla la construcción de terraplenes, excavaciones con máquinas y con herramientas manuales, tránsito de vehículos y maquinarias pesadas, el constructor designado estará obligado a cumplimentar las "Pautas Generales para la Prevención de Daños" que figuran en el "Manual de Prevención de Daños".

Además es usual que las operadoras de transporte de gas den las siguientes instrucciones a los que ejecutan obras próximas a instalaciones de gasoductos:

- Pautas a cumplimentar
- Medidas a tener en cuenta en caso de pérdidas o sospecha de la existencia de escape de gas.
- Información sobre Dirección y teléfonos de las Oficinas y Unidad Operativa y de la Dirección Técnica Regional Estatal o Provincial.

Por otra parte como la Jurisdicción de la Zona de Camino de la RNNº 3 pertenece a la DNV, tiene un Plano tipo para construcción de caminos sobre gasoductos que se podrá conseguir o adquirir en esa Repartición.

12 HORMIGÓN PARA LOS PAVIMENTOS

12.1 CARACTERÍSTICAS DEL CEMENTO PORTLAND

El cemento portland para elaborar los hormigones de pavimentos debe ser de Alta Resistencia a los Sulfatos (A.R.S.), y además con un porcentaje de puzzolana que lo haga resistente a la reacción álcali-árido (alrededor del 20 % al 30 %).[11]

12.2 DAÑO POR CONGELAMIENTO Y DESHIELO

Este daño proviene de la acción cíclica del congelamiento y deshielo contenida en la matriz del hormigón. Para su ocurrencia, resulta necesaria la simultaneidad de los siguientes 3 factores:

- la exposición a regímenes de baja temperatura que ocasione el congelamiento de agua en el hormigón
- un grado de saturación del hormigón en agua relativamente elevado (superior al 75 %)
- acción cíclica repetitiva en el tiempo del fenómeno del congelamiento y deshielo (al menos 300 ciclos)

Según lo expresado en Capítulo 5 ESTUDIO DEL CLIMA, de la presente Memoria, todos estos factores se cumplen en el hormigón que se va a utilizar en los pavimentos de este proyecto.

El resultado del daño puede conllevar desde estados de fisuración, hasta un eventual colapso. [12]

12.3 RECOMENDACIÓN DE MEDIDAS PARA EVITAR ESTOS DAÑOS

En condiciones de riesgo de este daño, se recomienda implementar, simultáneamente, las siguientes medidas:

- uso de relaciones agua/cemento no mayores a 0,40
- emplear aditivos incorporadores de aire en el hormigón (en proporciones adecuadas a las condiciones previstas de exposición)
- uso de sales descongelantes[13]
- uso de agregados resistentes al congelamiento

---

[11] La empresa **Petroquímica S.A.,** radicada en Comodoro Rivadavia lo produce.

[12] **"Manual de Pavimentos Urbanos de Hormigón",** Instituto del Cemento Portland Argentino (IPA), Edición 2016.

[13] Consultar **"Reglamento CIRSOC 201-2005", Capítulo 5**.

- prever condiciones de protección del hormigón joven con mantas
- prever adecuados drenajes y eficaz curado del hormigón[14]

12.4 CARACTERÍSTICAS DEL HORMIGÓN

A continuación, se calculan las siguientes características que deberá tener el hormigón que se utilizará en todos los pavimentos, que se han diseñado en el presente proyecto:

- Módulo de rotura del hormigón
- Módulo de elasticidad medio a 28 días

12.4.1 Módulo de rotura del hormigón (S'c)

Debido a que el material de que está compuesto un pavimento de hormigón responde al comportamiento de un sólido rígido, la resistencia que se debe considerar es su Resistencia a la flexión, esto no evita que mediante correlaciones se pueda ejercer un control por su Resistencia la compresión, dado que es un ensayo muy simple, y puede ser ejecutado en un laboratorio de campaña, lo que no ocurre con

El "Pliego de Especificaciones Técnicas Generales para Pavimentos de Hormigón", de la DNV, Edición 2017, actual vigente, establece para el hormigón una "Resistencia mínima efectiva a compresión a 28 días (IRAM 1551)", para estos casos: 30 MPa ≈ 300 kg/cm^2. Por lo tanto el valor medio de la Resistencia a compresión resulta:

$$R_{\text{media a compresión}} = 300 \text{ kg/cm}^2 + Z(SD_R)$$

Donde:

Z: Adoptando una distribución normal, para un 10 % de valores menores al especificado, resulta: Z= 1,282

SD_R: Desviación Estándar. Para una planta de hormigón elaborado con control, se puede adoptar un valor: SDR = 40 kg/cm2

Por lo tanto resulta:

$$R_{\text{media a compresión}} = 300 \text{ kg/cm}^2 + 1{,}282 \times 40 \text{ kg/cm}^2 = 351{,}28 \text{ kg/cm}^2 \approx 35{,}13 \text{ MPa}$$

La relación entre el Módulo de rotura y la Resistencia a compresión, según la Portland Cement Association, es:

$$S'_c \text{ (MPa)} = K\,[R_{\text{media a compresión}} \text{ (MPa)}]^{1/2}$$

[14] Según la experiencia del suscripto, existen localmente mantas geotextiles y fieltros de lana de vidrio revestidos con un film de aluminio, que producen una eficaz cobertura térmica al hormigón, mientras fragua y endurece.

Donde K toma los siguientes valores:

K = 0,7 para agregados zarandeados
K = 0,8 para agregados triturados
Como en este proyecto se prevé utilizar agregados triturados, se adopta Z = 0,8

Reemplazando valores:

S'_c (MPa) = 0,8 [35,13 MPa]$^{1/2}$ = 4,74 MPa ≈ 673 psi ≈ 675 psi[15]

En consecuencia se adopta: S'_c = 675 psi

12.4.2 Módulo de elasticidad medio a 28 días (Ec)

Según el Método AASHTO (apartado 2.3.3, página II-16), se tiene:

$$E_c = 57.000 \, (f'c)^{0,5}$$

Donde:
f'c : Resistencia media a la compresión a 28 días, o sea: f'c = 351,28 kg/cm^2 = 4918 psi

Reemplazando valores:

$$E_c = 57.000 \, (4918 \text{ psi})^{0,5} = 3.997.322 \text{ psi} \approx 4.000.000 \text{ psi}$$

En definitiva se adopta: E_c = 4.000.000 psi

12.4.3 Resumen de características del H°

- Módulo de rotura del hormigón: S'c = 675 psi
- Módulo de elasticidad medio a 28 días: Ec = 4.000.000 psi

[15] **psi**: **p**ound per **s**quare **i**nch

13 DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS

13.1 INTRODUCCIÓN

Se han analizado todos los elementos que tienen influencia en los parámetros de diseño (Clima, Tránsito. Estudios Geotécnicos, Estadísticas de la DNV, parámetros seleccionados por el suscripto según su experiencia, Información del Cliente, recomendaciones de la AASHTO, bibliografía existente, información recabada durante el estudio, etc., etc.), se han llegado a las siguientes conclusiones:

13.2 ANÁLISIS DEL CLIMA

Según se expresó en el Capítulo Nº 3 existen diversas clasificaciones del clima en la región en que se van a construir las obras de este proyecto, como se enumera a continuación.

- "magallánico" (muy frío y muy ventoso)" (Köppen)
- "clima *subpolar oceánico*" (*Cfc*)"
- "clima semifrío subhúmedo" (*C(E)x'*)

Como se observa el clima se ha clasificado en todos los casos como un clima extremo.

Analizando el apartado 3.2.1 "Parámetros climáticos promedio de Río Grande" se llega a las siguientes afirmaciones:

- Las primeras nevadas significativas caen desde fines de abril, cuando el suelo comienza a estar frío, por ello la nieve se funde lentamente y puede acumularse en capas, que dependen de la frecuencia e intensidad de las precipitaciones. Estas nevadas se prolongan hasta principios de octubre.
- Durante los meses de de junio, julio y agosto las "Temperaturas mínimas absolutas" son las siguientes:
  - Junio: -19,0 ºC
  - Julio: - 22,2 ºC
  - Agosto: - 18,4 ºC

  Como se observa, todas son bastante más bajas que 0 Cº

- A fines de agosto o a mediados de septiembre comienza la fusión del manto de nieve, lo que produce un ablandamiento del suelo por el deshielo, lo que produce un descenso muy notable del Valor Soporte de los suelos.

Toda esta información da como resultado lo extremo que resulta el clima en esta región.

Recordemos lo expresado anteriormente en el sentido que "los pavimentos en general tienen que soportar las reiteración de cargas que produce el pasaje de los vehículos, y soportar las distintas temperaturas y amplitudes térmicas de las estaciones del año, y del día y la noche de todos los días. En particular los pavimentos de hormigón sufren deformaciones (alabeos de las losas), que le producen fatiga y le van consumiendo la Vida Útil de los mismos."

O sea que a este aspecto hay que prestar predominantemente atención en el diseño de los paquetes estructurales de los pavimentos

13.3 TRÁNSITO

Según lo expresado en el Capítulo Nº 9, el TMDA existente en la RNNº 3, de acuerdo a la última publicación en Internet de la Dirección Nacional de Vialidad, correspondiente al año 2021, es de 618 vehículos por año, de los cuales el 54,3 % son de tránsito liviano (autos y camionetas) y 45,7 % de tránsito pesado (Buses, camiones sin acoplado camiones con acoplado y semirremolques). Esta estadística ha sido realizada por la Estación Permanente que posee la DNV en el km 2810,40, muy próxima al previsto para los ingresos de los Caminos de acceso Norte y sur a la Terminal.

O sea que el tránsito medio anual de camiones es de:

$TMDA_{camiones}$ = 618 vehículos por año x 45,7 % de tránsito pesado = 282 camiones/día

Con la presencia de la Terminal de Río Grande, es muy probable que el TMDA disminuya, ya que los camiones pasarían desde Tierra del Fuego a Santa Cruz, por agua, transportados por el Ferryboat, y no por la RNNº 3. Esto se confirmaría en una etapa posterior de este proyecto, cuando se haga un Estudio de Tránsito específico en el futuro.

Considerando la "Serie Histórica" publicada entre los años 2013 y 2018 (sin contar los años anormales por la pandemia), resulta una Tasa de crecimiento = 1,1 %, o sea muy aproximada a la Tasa de crecimiento vegetativa actual de la Argentina (0,9 %).

Como conclusión se puede decir que el tránsito en esta región es y va a ser muy bajo, con relación a los valores medios de las Rutas Nacionales.

13.4 MÉTODO DE APLICACIÓN

Por todo lo dicho hasta el momento, se ha llegado a la conclusión que los pavimentos de hormigón a ejecutarse en este proyecto estarán sometidos a las siguientes exigencias:

- Cargas de los vehículos: como todos los camiones que transitarán por las circulaciones internas de la Terminal, cuando salgan del predio de la Terminal, se desplazarán por Rutas Nacionales y/o Provinciales, el peso de sus ejes y dimensiones, deberán cumplir todos los requisitos que exige la Ley Nacional de Tránsito Nº 24.449. O sea se tratará de vehículos similares a los que usualmente transitan por la Red de carreteras existentes en nuestro país.
- Reiteración de las cargas: de acuerdo al estudio de tránsito realizado en el Capítulo Nº 9, los tránsitos que transitarán por las circulaciones internas serán muy bajos, y por lo tanto sólo exigen una calzada que contemple dicha situación.
- Clima: por todo lo expresado hasta aquí el clima es muy extremo, y es el elemento en nuestro caso que debe requerir la mayor consideración en el diseño de los paquetes estructurales de los pavimentos.

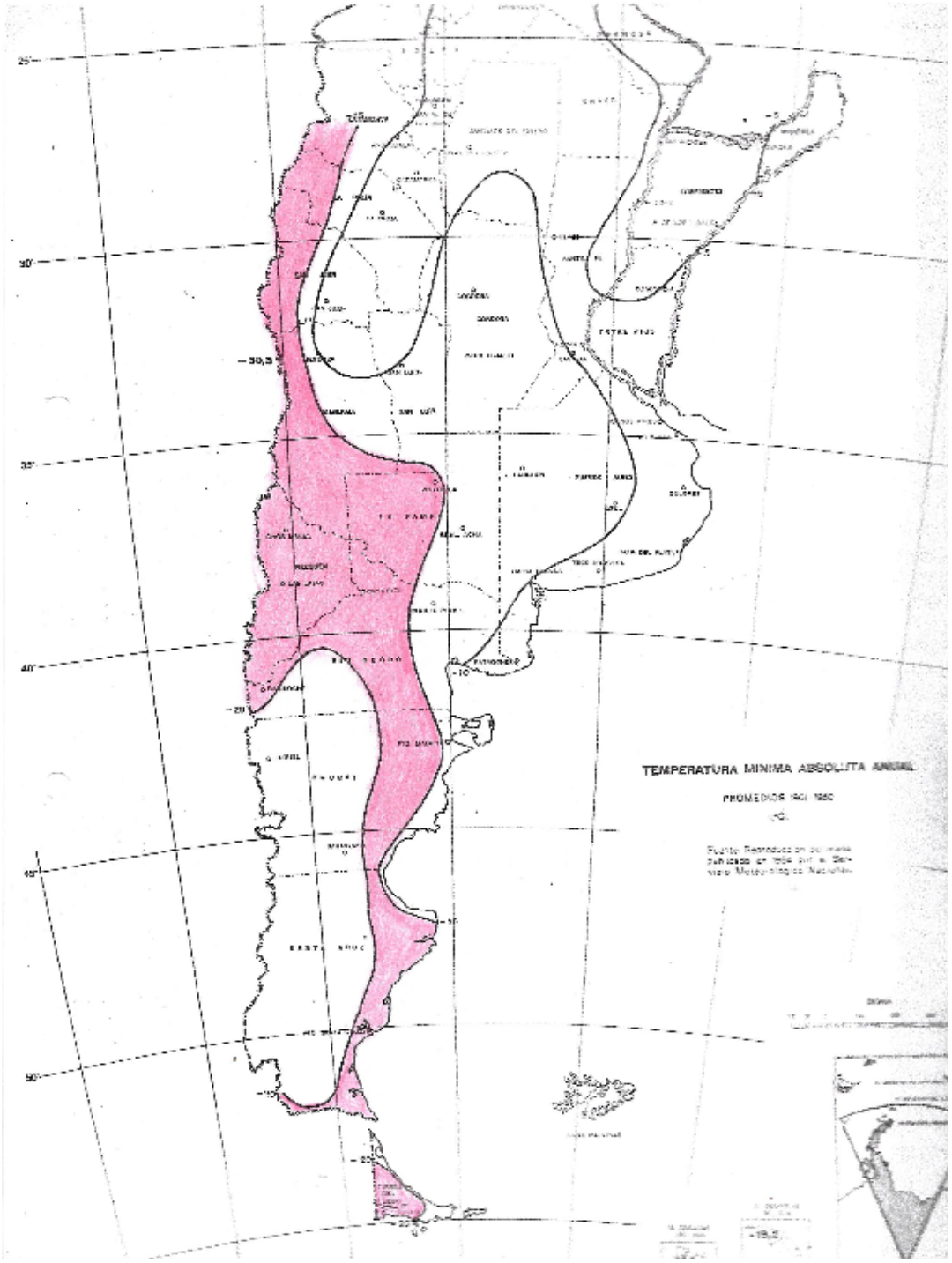
Por todas las razones expresadas, el mejor método a aplicar en este caso es el de buscar una obra de cierta envergadura que haya sido construida en condiciones climáticas similares a las existentes en el presente proyecto, analizar el paquete estructural utilizado, evaluar su performance y adaptar su solución a la necesidad del propio proyecto.

Las condiciones que debería cumplir esa "obra testigo", serían las siguientes:

- Que se haya diseñado y construido un Pavimento de hormigón
- Que se haya utilizado Cemento Portland fabricado en Argentina
- Que la región donde se haya ejecutado la "obra testigo" tenga un clima similar.
- Que haya sido construida como mínimo 25 años antes (Vida Útil de diseño)
- Que su performance haya sido satisfactoria después de ese período
- Que se hayan realizado evaluaciones técnicas, y se hayan presentados informes para confirmar dicha performance.

La Metodología utilizada para la búsqueda de la "obra testigo", y sus resultados se presentan a continuación.;

- Delimitar la zona de nuestro país que se encuentra entre las isotermas de "Temperatura Mínima Absoluta Anual" entre los - 15ºC y - 20ºC. En la hoja de la página siguiente se muestra como se ha hecho esta tarea.


TEMPERATURA MINIMA ABSOLUTA ANUAL
PROMEDIOS

La zona comprendida es la siguiente:[16]

- Gran parte de Tierra del Fuego, comprendiendo la mayor parte del Departamento de Río Grande (12.181 km^2)
- Gran parte de la costa este de la Patagonia.
- El oeste de la Pcia. de La Pampa.
- Totalmente la Pcia. del Neuquén
- Sudoeste y oeste de la Pcia. de Mendoza
- Oeste de San Juan y La Rioja
- Sudoeste de la Pcia. de Catamarca.

- :Luego se ha hecho una búsqueda en los trabajos técnicos presentados en los "Congresos de Vialidad y Tránsito", de nuestro país (que se realizan cada 4 años), de informes sobre obras de pavimento de hormigón, con condiciones climáticas similares, y que se hayan realizado antes de 1998, para tener una evaluación de la performance del pavimento, como mínimo de 25 años, (Vida Útil mínima que solicita la DNV, para diseño de pavimentos de hormigón), y que se encuentren dentro de la zona delimitada, como se explicó en el apartado anterior.

13.5 RESULTADO DE LA BÚSQUEDA

El trabajo que se encontró fue el siguiente:

- "El pavimento de hormigón de Ruta 7 a Chile en Alta Cordillera - Su construcción", Ings. Luis A. Ariza, Víctor V. Galfione y Justo Pedro Gascón, IX Congresos de Vialidad y Tránsito",1981.

Este trabajo se refiere a la construcción de pavimento de hormigón que cumple todas las condiciones que debería cumplir la "obra testigo" que estábamos buscando. A continuación fundamentamos esa afirmación.

En este trabajo se describe el clima, el tránsito, la construcción, el paquete estructural, etc., de la obra que se ejecutaron entre 1980 y 1981 en la Provincia de Mendoza, en la Alta Cordillera, en el Tramo denominado: "Ruta Nacional Nº 7 - Tramo: Punta de Vacas - Cristo Redentor", el cual estaba dividido en dos Secciones, a saber:

- 1a. Sección: "Punta de Vacas - Horcones"(17 km)
- 2a. Sección: " Horcones - Túnel Internacional" (14 km)

La situación planimétrica, indicada por los mojones kilométricos, y las alturas sobre el nivel del mar de los lugares extremos de cada Sección, son las que se describen a continuación.

- Punta de Vacas: km 1204,84; 2436 m.s.n.m.

- [16] **"Mapas y Estadísticas de la República Argentina",** Presidencia de la Nación, Consejo Nacional de Desarrollo.

- Horcones:[17] km 1220;00; 2800 m.s.n.m.
- Túnel Internacional km 1236,71; 3185 m.s.n.m.

Las condiciones climáticas más similares son las de la 1a. Sección, o sea la que se desarrolla entre los 2436 m.s.n.m. y los 2800 m.s.n.m., cuya pendiente media es de 2,4 %.

En la 2a. Sección las condiciones climáticas son bastante más agresivas que las de la 1a. Sección, ya que en esa Sección aparece el fenómeno del "viento blanco", producción de aludes y rodadas, y es una región de alta sismicidad, En esta Sección aparecieron problemas no previstos durante el proyecto del mismo, y hubo que utilizar distintos paquetes estructurales, y otros tipos de soluciones, mientras se ejecutaba. Por lo tanto, vamos a tomar como "obra testigo" en consideración exclusivamente la experiencia hecha en la 1a Sección.

13.6 CARACTERÍSTICAS DEL PAQUETE ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO DE LA "OBRA TESTIGO"

A continuación se describen cada una de las capas constituyentes del paquete estructural del pavimento de la "obra testigo", textualmente como se ha presentado en el informe respectivo.[18]

"La calzada central está constituida por una losa de hormigón simple de 20 cm de espesor y las banquinas por losas de hormigón simple y espesor variable entre 20 cm sobre la calzada y 15 cm sobre el borde exterior, sin cordones".

"Ambas asientan sobre una subbase estabilizada de agregado pétreo de 20 cm de espesor, previa una imprimación bituminosa de E.M.1 en todo el ancho del terraplén".

"A su vez la subbase anterior asienta sobre una segunda subbase de 20 cm de espesor, denominada "anticongelante" por prevenir los diversos efectos de las bajas temperaturas"

"Tanto la subbase estabilizada, como las "anticongelantes" y drenantes están constituidas por materiales zarandeados, y se extendieron en todo el ancho del terraplén, de talud o entre muros de contención cuando correspondió.'

"El tamaño máximo del agregado era, para los dos primeros tipos de 2 1/2 pulgadas y los porcentajes de finos inferiores a 3 % y 5 %, respectivamente".

[17] En este paraje se encuentra el **"Complejo Fronterizo de Los Horcones"**

[18] **"El pavimento de hormigón de la Ruta 7 a Chile en Alta Cordillera - Informes sobre servicios y conservación",** Ings. Mariano Pombo (DNV), Víctor V. Galfione (Jefe Seccional Mendoza DNV) y Justo Pedro Gascón (ICPA), X Congreso de Vialidad y Tránsito, 1985

13.7 EVALUACIONES TÉCNICAS REALIZADAS DURANTE LA VIDA ÚTIL DE LA "OBRA TESTIGO"

13.7.1 Evaluación realizada en 1985 (a 5 años de la vida de la "obra testigo")

En 1985, los Ings. Ings. Mariano Pombo (DNV), Víctor V. Galfione (Jefe Seccional Mendoza DNV) y Justo Pedro Gascón (ICPA), presentaron el **informe de evaluación de la "obra testigo", en el X Congreso de Vialidad y Tránsito, 1985.** Aquí se hará referencia en forma textual solamente a las evaluaciones realizadas por los autores para la **1a Sección: "Punta de Vacas - Horcones",** que es la Sección que hemos tomado como "obra testigo"

"Estado del Pavimento"

"Superficie"

En su superficie o capa de rodamiento la losa de hormigón está sometida a la acción erosiva de las orugas metálicas de las topadoras y a los neumáticos con cadenas de los restantes equipos. Por la presencia de la nieve estos equipos se afirman y resbalan, frotan e impactan esa superficie y cuando hay arena y fragmentos pétreos esas acciones se multiplican".

"La acción abrasiva de este conjunto de factores es de difícil evaluación cuantitativa, por ejemplo, espesor".

"En el tramo Punta de Vacas - Horcones vale para este aspecto .lo dicho para el tramo anterior[19] *, de que se mantiene en el estado que fue construida".*
"Esta superficie presenta el rasgo peculiar de que en dirección longitudinal está surcada por franjas distanciadas 50 cm,. Son de 1 a 1,5 mm de profundidad, y 2 a 3 cm de ancho y dejan ver el agregado fimo limpio e la pasa de cemento. Pareciera que estas franjas están causadas por los chorros de los picos de distribución del líquido de curado"
"El tipo de superficie que quedó definitivo al terminar la construcción, por su planitud, lisura, textura y uniformidad admite algunas observaciones desde el punto de vista de las exigencias de la Vialidad Invernal"

"Juntas"
"NO se observa en general nada atribuible a causas naturales en este tramo de 17 km."
"Hemos apreciado una anormal separación de la junta entre banquina y calzada en su sector cerca de Horcones. Allí la junta del lado del valle (al sur) se ha abierto más de 5 cm en unos 50 m. Aquí no lleva barra de unión . En otro lugar hemos observado un hecho similar pero la abertura es de 2 cm.

[19] Se refiere al tramo Horcones -Túnel Internacfional.

"Fisuras y grietas"

"Como en el caso anterior.[20] hemos encontrado fisuras, paralelas a la junta longitudinal y también fisuras transversales. Parecen estar originadas en la contracción de fragüe y en relación al aserrado de juntas. No presentan efectos atribuibles al frío, al hielo, a arena introducida en ellas, etc."
"También existen fisuras plásticas en la superficie, sin aspectos de degradación".

"Concepto General"

"La gran complejidad de las circunstancias ambientales afecta de mayor a menor incertidumbre a todas las soluciones aplicables en el diseño. En consecuencia las evaluaciones pueden ser sólo cualitativas. Así podemos afirmar que este pavimento y su estructura de fundación parecen estar pasando las pruebas sin mayores problemas. Pero los autores son conscientes de la lentitud de ciertos procesos que necesitan años para manifestarse, en especial las de naturaleza físico-química. Por tal motivo debe hacerse reserva sobre posibles efectos en curso"

"De todo lo registrado y examinado en esta obra se impone destacar los siguiente:"

1. *El pavimento de hormigón no ha sufrido a la fecha alteraciones importantes o significativas frente a los agentes climáticos y fenómenos naturales que lo agreden en forma permanente .*
2. *Las condiciones propias de este pavimento han permitido realizar en forma intensiva todas las labores de la conservación invernal y hacerlo sin daños para él. Ello ha traído aparejado un aumento de los días de tránsito abierto para los usuarios, lo que implica un aumento de los beneficios de explotación de los cuantiosos fondos involucrados,"*
3. *La experiencia cumplida hasta la fecha certifica la aptitud técnica del pavimento de hormigón como solución para los servicios extraduros a que se ve sometido en este tramo de alta montaña de la Ruta 7 a Chile.*

13.7.2 Evaluaciones hechas en el período 2008/2009 (a 28 ó 29 años de vida de la "obra testigo")

En el período 2008/2009 el suscripto fue contratado como Especialista de Infraestructura, por SERMAN y Asociados, para el proyecto denominado: "Estudio de Optimización del Paso de Frontera Sistema Cristo Redentor, Regional (ATN/OC=10620)", financiado por el BID, en el Programa: "Iniciativa para la Integración de la Infraestructura Regional Sudamericana" (IIRSA). Entre las tareas realizadas se hizo un Informe Técnico sobre la Evaluación Física del estado de los pavimentos de todo el "Corredor Terrestre: Mendoza (Argentina) - Los Andes (Chile)", en el cual se hallaba comprendido la "obra testigo" que se ha seleccionado para este proyecto. A continuación se transcribe lo expresado en dicho informe.

[20] Se refiere a la **Sección Horcones -Túnel Internacional**.

"Mantenimiento del Corredor Mendoza - Túnel Internacional del Cristo Redentor"

"El mantenimiento de rutina del corredor del lado argentino se realiza mediante un "Contrato de Recuperación y Mantenimiento" (C.Re.Ma.) con la Empresa GREEN S.A. Este contrato que comprende la R.N. Nº 7 desde su empalme con la R.N. Nº 40 hasta el Límite con Chile, dividido en 12 Secciones, que constituyen lo que se denomina Malla Nº 330. En este contrato se realizaban tareas de Mantenimiento de Rutina, Tareas de Recuperación y Otras Intervenciones Obligatorias, cuyas tareas principales se comentan a continuación."

"Los trabajos de "Mantenimiento de Rutina" eran los siguientes":

- *"Limpieza de la zona de camino, cunetas revestidas y alcantarillas.*
- *"Limpieza, remoción, reposición y reparación de señales verticales y defensas camineras.*
- *"Limpieza y mantenimiento de túneles.*
- *"Retiro de derrumbes.*
- *"Reparación de baches en la calzada pavimentada.*
- *"Pintado y reposición de pretiles de hormigón y barandas de puentes.*

"También dentro del contrato hay algunas "Tareas de Recuperación" en las secciones que van desde el km 1149 hasta el km 1205, entre el Puente sobre el Arroyo Uspallata y el comienzo del pavimento de hormigón en las proximidades de Punta de Vacas, consistente en los siguientes trabajos":

- *"Bacheos y sellados tipo puente de fisuras y grietas.*
- *"Bases para Restitución de gálibo y Carpetas de concreto asfáltico de espesor mínimo 0,05 m.*
- *"Escarificado y retiro de pavimento existente en zona de túneles con preparación de superficie de apoyo con aporte de material granular.*
- *"Reacondicionamiento de las banquinas.*

"En Otras Intervenciones Obligatorias pueden destacarse las siguientes:"

- *"Construcción de cruce a distinto nivel de la R.N. Nº 7 sobre la R.P. Nº 84.*
- *"Ejecución de microaglomerado en frío entre Potrerillos y el Puente sobre Aº Uspallata.*
- *"Construcción de pavimento de hormigón con armadura para el control de la fisuración.*
- *"Pavimentación de accesos, dársenas de espera, de giro y circulación del Sistema de Control de pesos y dimensiones del puesto fijo Punta de Vacas.*
- *"Demolición y reconstrucción de losas de hormigón con armadura para control de fisuración.*
- *"Saneamiento de la base de asiento del pavimento de hormigón."*
- *"Renovación y readecuación del sistema de iluminación existente, mantenimiento sistema de iluminación, sistemas eléctricos y de elementos de seguridad en el falso túnel y túnel del Cristo Redentor.*

- *"Mantenimiento del sistema de video del túnel del Cristo Redentor y túnel Caracoles.*
- *"Construcción de pavimento intertrabado de hormigón y reparación losetas del túnel del Cristo Redentor."*

Debido a que este Corredor, que es muy importante desde el punto de vista del Intercambio Comercial Internacional, la Supervisión de la DNV era muy estricta con su cumplimiento, y la obra seleccionada para este proyecto como "obra testigo" estaba en muy buenas condiciones, aunque ya hubiera pasado la vida Útil prevista de 25 años. Ocurre que, dada las características del hormigón: que si bien sufre fatiga con el pasaje de los vehículos, ello puede ser compensado con un muy buen mantenimiento.[21]

13.8 PAQUETES ESTRUCTURALES DE LOS PAVIMENTOS DE HORMIGÓN DE LA PRESENTE OBRA

A continuación, basado en la experiencia realizada en la "obra testigo" se proponen los paquetes estructurales para la Terminal de Río Grande, que se describen a continuación.

13.8.1 Paquete estructural de los pavimentos de hormigón para Tránsito Pesado[22]

CAPA ESTRUCTURAL	ESPESOR	ANCHO
---	(m)	(m)
Calzada de Hormigón simple tipo H-30, con juntas arma	0,20	7,30
Base anticongelante estabilizada de agregado pétreo za Tamaño máximo 2 1/2 pulgadas; Pasa Tamiz Nº 200 ≤ 3	0,20	Todo el ancho del terraplén
Sub-Base drenante estabilizada de agregado pétreo zar Tamaño máximo 2 1/2 pulgadas; Pasa Tamiz Nº 200 ≤ 5	0,20	Todo el ancho del terraplén

[21] La **"Vida Máxima Media Máxima Posible"** de un grupo de pavimentos de hormigón de la Pcia. de Bs. As. es de 54,3 años. Ver el estudio completo en la publicación**: "Los Antiguos Pavimentos de Hormigón de la Provincia de Buenos Aires: un testimonio irrefutable de extraordinaria Durabilidad - Informe Progresivo",** Ings. Carlos A. Rodó Serrano, Juan W. Sleet Juan F. García Balado, (todos del ICPA), presentado en el **X Congreso de Vialidad y Tránsito**, 1985

[22] **Tránsito Pesado:** son aquellos **vehículos de 6 ó mas ruedas** (camione semirremolques, camiones sin acoplado, camiones con acoplado, ómnibus de dos pisos de 6 ruedas, etc.).

13.8.2 Banquinas

En la "obra testigo" las banquinas estaban formadas por losas de hormigón simple y espesor variable entre 20 cm sobre la calzada y 15 cm sobre el borde externo sin cordones. En el caso de la "obra testigo" esto era imprescindible, ya que parte de los equipos que despejaban la nieve después de una nevada, como los Barrenieves ROLBA modelo MONOFORCE que tienen cuchillas de corte que permiten limpiar espesores de nieve de hasta 1,30 m y Topadoras con orugas dañarían significativamente las banquinas si no fueran así. Ese tipo de banquinas tienen una muy buena performance. Pero en nuestro caso, que los espesores de la nevada son bastante inferiores, se propone que este tema se postergue por ahora, y se defina en etapas posteriores en las que se deberá profundizar los estudios climáticos, fundamentalmente con respecto a las nevadas, y se podrá definir los equipos que se utilizarán para despejar la nieve Por ahora se prevén banquinas de césped.[23]

13.8.3 Circulaciones para tránsito pesado

El paquete estructural para tránsito pesado que se ha diseñado, se aplicará a los pavimentos de las circulaciones que se detallan a continuación:

- Camino de acceso a la RNNº 3
- Rotonda (Intersección rotacional)
- Camino de acceso al Edificio de Administración, Explanada para contenedores y Feeder
- Camino de acceso a Terminal de Pasajeros
- Empalme desde el Camino de acceso a Terminal de Pasajeros a la Playa de estacionamiento de la misma
- Playa de estacionamiento de la Terminal de Pasajeros (para vehículos pesados y livianos)
- Empalme desde Playa de estacionamiento de la Terminal de Pasajeros (para vehículos pesados y livianos) al Ferryboat

[23] El suscripto, que por razones profesionales, realizó trabajos durante 3 años consecutivos en el **Aeropuerto Internacional de Yerevan, capital de Armenia**, que en invierno nieva, el despeje de las nevadas, que no eran de gran espesor, se hacía mediante un pequeño tractor que arrastraba una turbina que producía aire caliente, y que fundía la nieve, y la misma escurría en estado líquido por la superficie de los pavimentos. O sea que no se utilizaban equipos con orugas.

13.8.4 Paquete Estructural de los pavimentos de hormigón para Tránsito Liviano[24]

CAPA ESTRUCTURAL	ESPESOR	ANCHO
---	(m)	(m)
Calzada de Hormigón simple tipo H-30, con juntas arma	**0,17**	**7,30**
Base anticongelante estabilizada de agregado pétreo za **Tamaño máximo 2 1/2 pulgadas; Pasa Tamiz Nº 200 ≤ 3**	**0,20**	**Todo el ancho del terraplén**
Sub-Base drenante estabilizada de agregado pétreo zar **Tamaño máximo 2 1/2 pulgadas; Pasa Tamiz Nº 200 ≤ 5**	**0,20**	**Todo el ancho del terraplén**

Con respecto a las banquinas, vale lo dicho en el apartado anterior.

13.8.5 Circulaciones para Tránsito Liviano

El paquete estructural para tránsito liviano que se ha diseñado, se aplicará a los pavimentos de las circulaciones que se detallan a continuación:

- Playa de estacionamiento del Edificio Administrativo
- Circulación exclusiva para vehículos livianos de la Terminal de Pasajeros (parciamente rulo ovalado)
- Playa de estacionamiento de la Terminal de Pasajeros exclusiva para vehículos livianos

14 EXPLANADA PARA LA OPERACIÓN DE CONTENEDORES

14.1 MÉTODO DE DISEÑO

Para realizar este diseño se hará uso de la publicación: *"Heavy Duty Pavements - The Structural Design of Heavy Duty Pavements for Ports and other Industries",* 4a edición, 2004 publicada por *"Interpave - The Precast Concrete Paving and Kerb Association".* En el presente informe cuando se haga referencia a esta publicación, se la denominará: "Manual".

[24] **Tránsito Liviano:** son aquellos **vehículos de no mas de 4 ruedas** (motos, autos, camionetas, combis, ómnibus de 4 ruedas, etc.).

Este método está basado en Normas Británicas *("British Standars")* por lo que se adaptarán los resultados finales a la nomenclatura y normas usuales en nuestro país.

14.2 DISEÑOS CONVENCIONALES

Si bien el método que se encuentra en el Manual es aplicable para un ancho rango de combinación de materiales, a continuación se presentan dos diseños convencionales que han sido comúnmente usados, y que han tenido una performance exitosa, a saber:

- Pavimento intertrabado sobre bases cementadas, que comprende los siguientes elementos:
  - Bloques de hormigón de 80 mm de espesor
  - Capa de apoyo de arena de 30 mm de espesor
  - Base cementada
  - Sub-base de agregado triturado o cementada
  - Capa de recubrimiento (para subrasantes de CBR menor que 5 %}
- Pavimento de hormigón "in situ", que comprende los siguientes elementos:
  - Pavimento de hormigón simple o reforzado
  - Sub-base de agregado triturado o cementada
  - Capa de recubrimiento (para subrasantes de CBR menor que 5 %)

14.3 TABLA DE FACTORES DE EQUIVALENCIA DE MATERIALES

Este Manual posee una Tabla de Factores de Equivalencia de Materiales ("Tabla 13" en el Manual); que permite intercambiar los espesores de materiales de las distintas capas del paquete estructural mediante Factores de Equivalencia, denominados MEF *("Materials Equivalent Factors").*

14.4 CÁLCULO DEL PAQUETE ESTRUCTURAL

Para el cálculo del paquete estructural del Pavimento intertrabado de bloques de hormigón *("cobblestones"+),* es necesario conocer los siguientes datos:

- Carga máxima soportada por el pavimento
- CBR de la subrasante
- Equipo y forma de operación para el movimiento y apilado de los contenedores
- Vida útil del pavimento, expresada en años y números de repeticiones de la carga máxima
- Ábacos de diseño

14.5 DISEÑO DEL PAQUETE ESTRUCTURAL PARA UN EQUIPO "REACH-STACKER"

Los datos que se han adoptado en este capítulo son los siguientes:

- CBR de la subrasante: 5 %.
- Apilado de 5 contenedores en altura.
- Vida útil: 25 años; número de repeticiones diarias: 200 veces por día; resultan 1.825.000 repeticiones durante la Vida útil del pavimento.
- Se ha seleccionado un equipo: *"reach stacker"* de 45 toneladas de capacidad; peso descargado: 69.840 kg. Este equipo tiene en el eje frontal dos ruedas neumáticas de cada lado y la separación entre los centros de ambas ruedas es de 660 mm; la separación entre los pares de ruedas es de 2.540 mm.
- Máximo peso de un contenedor cargado: 22.000 kg

Cuando el equipo transporta un contenedor cargado, el peso estático que debe soportar el pavimento es de 91.840 kg (69.840 kg + 22.000 kg). El 80 % de la carga está en el eje frontal, por lo que la carga que soporta cada rueda frontal es:

$$91.840 \text{ kg} \times 0.80/4 = 18.368 \text{ kg} \approx 18.415 \text{ kg}.$$

Cuando dos o más ruedas están próximas entre sí, la tensión radial que se produce debajo de las ruedas debe ser incrementada por existir dos o más tensiones tangenciales que contribuyen entre sí. El factor de incrementación del valor, depende de la proximidad entre las ruedas y del espesor efectivo *("Effective Depth")*, que representa el espesor teórico de la losa que debe ser construida desde la subrasante. El espesor efectivo se calcula aproximadamente con la siguiente fórmula:

$$\text{Espesor efectivo} = 300\ (35.000 / \text{CBR} \times 10)^{1/3} = 300\ (35.000 / 5 \times 10) = 2.664 \text{ mm}$$

Considerando la carga del eje frontal como carga crítica, y calculando las distancias a que se encuentran las ruedas, que son: 660 mm; 2.540 mm y 3.200 mm y entrando en la "*Table 19: Wheel proximity factors"* del Manual *("Table 2.1. Factors for proximity of the wheels 1",* de la Memoria), por interpolación se obtienen los factores: 1,84; 1,14 y 1,06.
Sumando los efectos de las ruedas se obtiene:

$$1 + 0{,}84 + 0{,}14 + 0{,}06 = 2{,}04 \approx 2{,}02$$

Por lo tanto el efecto de la carga efectiva estática de la rueda que era 18.415 kg, se convierte en:

$$18.415 \text{ kg} \times 2{,}02 = 37.198 \text{ kg}$$

Además debe considerarse que la carga es dinámica. Los efectos dinámicos son causados por el equipo cuando gira *("cornering"),* acelera *("acceleration")* y frenado *("braking")*, y debido a cuando circula sobre irregulares del pavimento. Es conveniente utilizar sumados los efectos de giro y frenado simultáneo, que son los efectos más críticos para el pavimento.
Los factores para los efectos dinámicos (f_d) se encuentran en la Tabla 17 del Manual *("Table of dynamic load factors fd", page 38*).
Considerando que el frenado tiene un f_d = 30 % y el giro f_d = 40 %, el efecto dinámico total será:

$$f_d = 1 + 0,3 + 0,4 = 1,7$$

Por lo tanto la carga crítica dinámica equivalente *(SEWL: Single Equivalent Wheel Load"),* será de:

$$SEWL = 1,7 \times 37.198 \text{ kg} = 63.237 \text{ kg} \approx 634 \text{ kN}$$

El próximo paso es obtener el espesor de la base cementada en función de la carga crítica dinámica equivalente (SEWL = 634 kN) del equipo seleccionado, y el número de pasadas del equipo durante la Vida útil del pavimento (25 años), que ya ha sido calculada de 1.825.000 pasadas. Esto se realiza entrando en el ábaco del Manual denominado: *"Base Thickness Design Chart" (page 84*) con ambos valores, con lo que se obtiene el siguiente espesor:

Espesor de la Base cementada $C_{8/10}$ = 650 mm

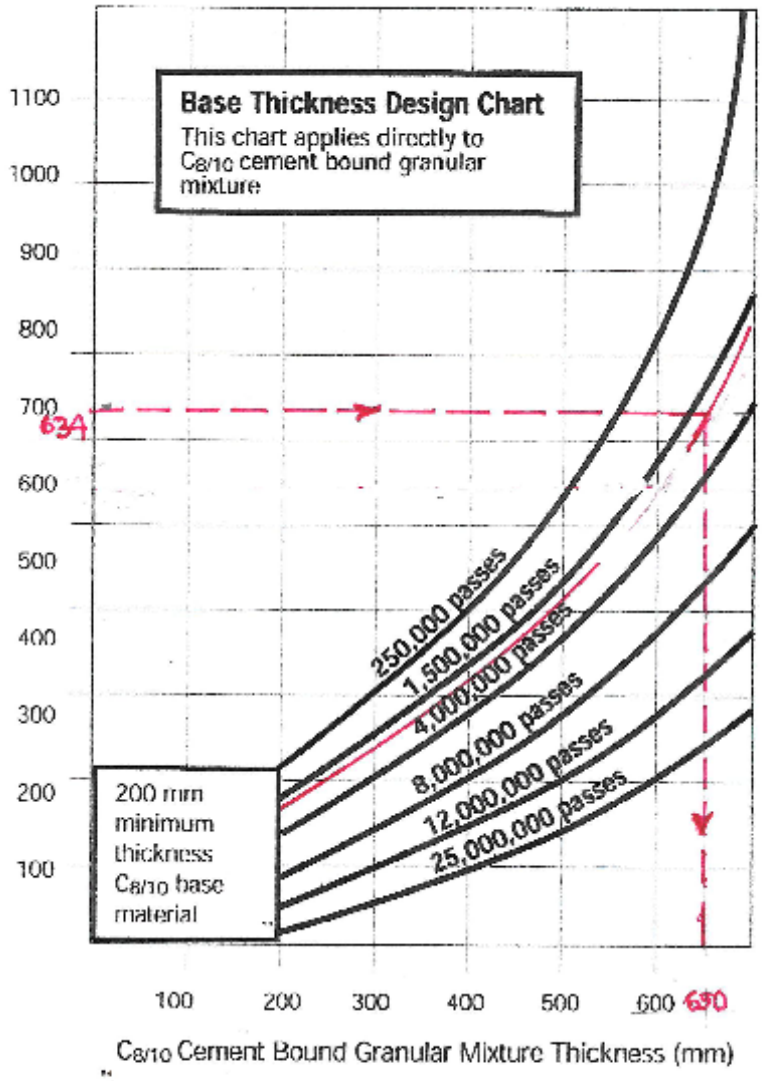
Se adjunta en la página siguiente el ábaco, con la determinación del espesor 650 mm de la Base cementada $C_{8/10}$.

El símbolo $C_{8/10}$ corresponde a la denominación de la *"British Standard BS EN14227 Parts 1, 2 & 3, 2004 Edition, "Hydraucally Bound Mixtures - Specifications".* Una mezcla referida $C_{8/10}$ significa que el material tiene a 28 días una resistencia característica a la compresión con probetas cilíndricas de esbeltez h/d = 2/1 de 8 N/mm^2 y una resistencia característica a la compresión con probetas cúbicas de 10 N/mm^2. Esta mezcla $C_{8/10}$ se toma como referencia para los espesores que se determinan en el ábaco utilizado últimamente.

Posteriormente con los valores de la Tabla de Factores de Equivalencia de Materiales ("Tabla 13" en el Manual), se podrán determinar los espesores para la utilización de otros materiales, como se verá más adelante.

heavy duty pavements

Single Equivalent Wheel Load (kN)



14.6 DISEÑO DE ESPESOR PARA EL APILADO DE CONTENEDORES

Como se ha dicho en el apartado 13.5 en los datos, se trabajará con apilado de 5 contenedores en altura. Para conocer la carga que será soportada por el pavimento con este esquema de apilado, se debe entrar en el Manual en la *"Table 18: Pavement loads from stacking full containers".*

Los contenedores se pueden apilar en filas individuales, o en bloques. A continuación damos los valores de carga en al pavimento en ambos casos:

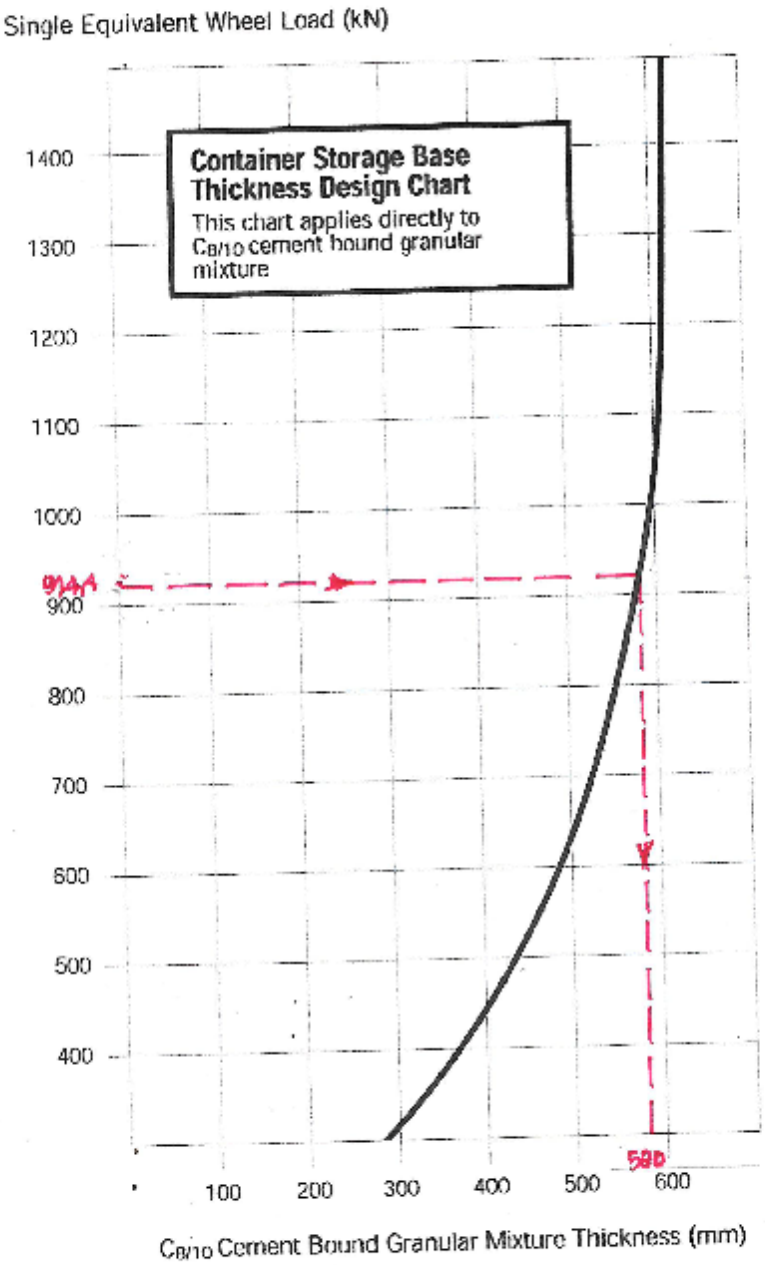
- Apilando en filas individuales: 457,2 kN
- Apilando en bloques: 914,4 kN

Adoptamos el apilado en bloques para tener una mayor flexibilidad, y dado que es la situación más crítica. Entrando en el ábaco designado en el Manual: *"Container Storage Base Thickness Design Chart"* se obtiene el siguiente espesor de la Base cementada:

Espesor de la Base cementada $C_{8/10}$ = 580 mm

Como se observa, este espesor es inferior que el calculado anteriormente en el apartado 13.2 para la operación de un equipo *"reach stacker":* 580 mm < 650 mm. Por lo tanto el espesor de la Base cementada $C_{8/10}$ = 650 mm determinado anteriormente, es el crítico, y por lo tanto es lo que adoptamos. En la página siguiente se muestra el ábaco respectivo.

14. DESIGN CHARTS



Downloaded from http://www.paving.org.uk

14.7 DISEÑO DE ESPESOR DE LA SUB-BASE GRANULAR CBR ≥ 80 %

Para determinar este espesor debe hacerse uso de la *"Table 20: Unbound sub base and capping thicknesses for various subgrade CBR values"* del Manual, entrando con el CBR de la subrasante que se ha fijado en 5 %.

Con ese valor de CBR se obtiene un espesor de 150 mm. Además la tabla indica que no es requerido recubrimiento *("capping")* de la subrasante.

14.8 PAQUETE ESTRUCTURAL INTERTRABADO CON BLOQUES DE Hº

Con la primera configuración indicada en el apartado 1.2 de Diseños convencionales, denominada: "Pavimento intertrabado sobre bases cementadas", se obtiene el siguiente paquete estructural:

- 80 mm Bloques de hormigón de 200 mm x 100 mm
- 30 mm Capa de apoyo de arena
- 650 mm Base cementada $C_{8/10}$
- 150 mm Sub-base de agregado triturado CBR ≥ 80 %

14.9 PAQUETE ESTRUCTURAL CON CALZADA Hº TIPO H=30 SEGÚN CIRSOC 201-2005

Con la solución calculada en el apartado anterior, queremos diseñar el pavimento con Hº tipo H=30 según CIRSOC 201-2005, aplicando los Factores de equivalencia *(MEFs),* de la *"Table 13: Material Equivalence Factors relating $C_{8/10}$ CBGM[25] to other materials"* en el Manual *("Table 3-1. Table of MEF"* [26]), mencionada anteriormente.

Usando esta Tabla de factores de equivalencia se asigna al Hº tipo H=30 (30 Mpa) un factor de equivalencia de 0,61. Entonces los 650 mm de Base cementada $C_{8/10}$ son equivalentes a 650 mm x 0,61 = 396,5 mm de Hº tipo H-30. Por lo tanto 80 mm de bloques de Hº, 30 mm de arena y 650 mm equivalen aproximadamente a 45 cm de Hº tipo H-30. Por lo tanto una primera alternativa sería:

- 45 cm Hº tipo H-30
- 15 cm Base granular CBR ≥ 80 %

[25] ***CBGM: C**ement **B**ound **G**ranular **M**ixture*

[26] ***MEF**: **M**aterial **E**quivalence **F**actor*

- Subrasante CBR ≥ 5 %

Si se agregan 5 cm de Base granular CBR ≥ 80 %, 5 cm de Base granular CBR ≥ 80 % equivalen a 5 cm x 0,61/3 = 1,02 cm de Hº tipo H-30

Una segunda alternativa sería:

- 44 cm Hº tipo H-30
- 20 cm Base cementada $C_{3/4}$
- 20 cm Base granular CBR ≥ 80 %
- Subrasante CBR ≥ 5 %

15 CONCLUSIONES

En el presente informe se ha realizado el cálculo del paquete estructural de la Terminal de contenedores Puerto Río Grande, solicitado por el Grupo MIRGOR

Para realizar este diseño se ha hecho uso de la publicación: *"Heavy Duty Pavements - The Structural Design of Heavy Duty Pavements for Ports and other Industries",* 4a edición, 2004 publicada por *"Interpave - The Precast Concrete Paving and Kerb Association".*

Primeramente se ha verificado el cálculo del paquete estructural para la operación de un equipo "reach stacker". Luego se ha verificado el cálculo del pavimento para el apilado de una altura de 5 contenedores.

El paquete estructural que se presenta a continuación es la alternativa de mayor Capacidad estructural de todas las que se han calculado, por lo tanto será la alternativa definitiva que se utilizará en el presente proyecto;

- 44 cm Hº tipo H-30
- 20 cm Base cementada $C_{3/4}$
- 20 cm Base granular CBR ≥ 80 %
- Subrasante CBR ≥ 5 %

BIBLIOGRAFÍA

- **"Mapa de Climas",** Atlas Geográfico de la República Argentina, Edición Didáctica 2017, Instituto Geográfico Nacional,
- **EARG - Estación Astronómica Río Grande** (enero de 2010).
- **"Manual de Diseño y Construcción de Pavimentos de Hormigón", Instituto del Cemento Portland Argentino"(ICPA), Edición 2014.**
- **"Manual de Pavimentos Urbanos de Hormigón",** Instituto del Cemento Portland Argentino (IPA), Edición 2016.
- **"Reglamento CIRSOC 201-2005",** Capítulo 5.
- ***"Heavy Duty Pavements - The Structural Design of Heavy Duty Pavements for Ports and other Industries",*** 4a edición, 2004 publicada por *"Interpave - The Precast Concrete Paving and Kerb Association".*
- **"Ley Nacional de Tránsito Nº 24.449",** en su Artículo 53, apartado 3.4, del Capítulo III,
- ***"A Policy of Geometric Design on Highways and Streets", AASHTO,*** *Edition 2018.*
- **"Recomendaciones para el proyecto de Intersecciones", MOPU, Dirección General de Carreteras,** Madrid, 1075.
- **"Caminos",** Tomo III, Ing. Juan M. Corvalán, Universidad Nacional de la Plata, 1979.
- **"El Hormigón y el Suelo-cemento en las Obras Viales - Su Construcción, Durabilidad y Economía",** Instituto del Cemento Portland Argentino (ICPA), 1985.
- **"Mapas y Estadísticas de la República Argentina",** Presidencia de la Nación, Consejo Nacional de Desarrollo.

ESTUDIOS NÁUTICOS BÁSICOS E INGENIERÍA CONCEPTUAL PUERTO RÍO GRANDE, PROVINCIA DE TIERRA DEL FUEGO



Serman & asociados s.a. Consultora
SOLUCIONES QUE GENERAN CONFIANZA

Mirgor

METODOLOGÍA CONSTRUCTIVA Y CRONOGRAMA DE OBRA PRELIMINAR

22044-PRG-IF-013-Rev.B

Enero 2023

Ing. Mauro Campos
Representante Técnico

Ing. Sandra Acuña
Directora del Proyecto

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN 5

2 LAYOUT GENERAL 5

3 SECUENCIA CONSTRUCTIVA 6

4 1° ETAPA DE EXCAVACIÓN PARA RELLENO DE LA ZONA DE OBRADORES. 8

5 2° ETAPA DE EXCAVACIÓN PARA CONFORMACIÓN DEL MATERIAL DEL NÚCLEO DE LAS OBRAS DE ABRIGO 10

6 OBRAS DE ABRIGO 12

6.1 CÓMPUTO DE MATERIALES NECESARIOS PARA LAS OBRAS DE ABRIGO 19

7 3° ETAPA DE EXCAVACIÓN DEL RECINTO PORTUARIO 20

8 CONSTRUCCIÓN DEL MUELLE CORRIDO 21

8.1 CÓMPUTO DE MATERIALES NECESARIOS PARA EL MUELLE 24

9 CONFORMACIÓN DE RECINTOS PARA REFULADO 24

10 OBRAS DE DRAGADO 26

11 OBRAS VIALES E INSTALACIONES EN TIERRA 27

12 INSTALACIONES PARA EL OBRADOR 29

13 CONSUMO TOTAL DE MATERIALES 30

14 FUENTE DE OBTENCIÓN DE MATERIALES 31

15 CRONOGRAMA DE OBRA 32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Layout general de la terminal portuaria. 6
Figura 3: Excavación preliminar para extracción de material de elaboración de bloques de suelo cemento para el núcleo de las obras de abrigo. 7
Figura 4: Construcción de las obras de abrigo. 7
Figura 5: Ejecución de obras de dragado 8
Figura 2: Relleno de la zona de obradores 9
Figura 6: Superficies a excavar. 10
Figura 7: Fabricación de subcapa artificial a pie de obra 13
Figura 8: Izaje y colocación de subcapa artificial 13
Figura 9: Subcapa artificial para obras de abrigo. 14
Figura 10: Fabricación y acopio de acrópodos 15
Figura 11: Elemento premoldeado tipo Acrópodo 16
Figura 12: Verificación sub-acua de colocación del acrópodo. Fuente: Clas certification 16
Figura 13: Sección transversal del tronco 17
Figura 14: Sección transversal del morro 18
Figura 15: Zonas de relleno 21
Figura 16: Herramientas de perforación 22
Figura 17: Recintos de refulado 25
Figura 18: Layout general de las áreas náuticas a dragar 26
Figura 19: Intersección con la RN°3 e instalaciones en tierra 28
Figura 20: Superficie destinada al obrador. 29

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tiempos de excavación para el relleno del área del obrador 9
Tabla 1: Tiempos de excavación para la conformación del núcleo 11
Tabla 2: Materiales necesarios para el núcleo. 12
Tabla 3: Volumen de núcleo y superficies de obras de abrigo. 19
Tabla 4: Unidades de acrópodos necesarios. Contienen un 10% de desperdicios. 19
Tabla 5: Consumo de hormigón para la subcapa artificial 19
Tabla 6: Volumen de 3° etapa de excavación. 20
Tabla 7: Rendimiento de excavación del recinto portuario 20
Tabla 8: Cómputo de materiales necesarios para el muelle 24
Tabla 9: Volúmenes a dragar 24
Tabla 10: Rendimientos promedio y tiempos de dragado netos (días) 27
Tabla 11: Tiempos de dragado considerando un 50% de aumento por tiempos muertos (días) 27

Tabla 12: Cómputo de hormigón necesario para las obras viales.....28
Tabla 13: Consumo de hormigón y acero.....30
Tabla 14: Materiales necesarios para dosificación típica de hormigón H-30.....30
Tabla 15: Materiales necesarios para la conformación del núcleo de las obras de abrigo 31
Tabla 16: Materiales necesarios para dosificación típica H-40 31
Tabla 17: Cantidades totales de materiales.....31
Tabla 18: Cronograma de obra.....33

ESTUDIOS NÁUTICOS BÁSICOS E INGENIERÍA CONCEPTUAL PUERTO RÍO GRANDE

1 INTRODUCCIÓN

La empresa privada Mirgor, con sedes en Buenos Aires y Río Grande (Tierra del Fuego) y dedicada a la fabricación y distribución de productos tecnológicos (entre otros), ha encarado el estudio de una terminal portuaria al norte de la ciudad de Río Grande. Se trata de un puerto para operación de buques portacontenedores ubicado en los predios adquiridos por la empresa, a 25 km de dicha ciudad fueguina. En consecuencia, se realizan los estudios de base para el desarrollo de la ingeniería conceptual de la terminal.

El presente informe tiene el objetivo describir las principales tareas a realizar durante la etapa constructiva, el consumo general estimado de materiales y el cronograma preliminar de las obras.

2 LAYOUT GENERAL

El layout general de la terminal a construir se observa en la Figura 1. El proyecto se desarrolla en un predio de 224 Ha, parte del cual será dragado / excavado para conformar el recinto portuario.

Las **obras portuarias** comprenden en primer lugar un canal de acceso de 160 m de ancho y 1120 m de longitud, dragado a cota -8 m respecto al cero del Servicio de Hidrografía Naval. Este canal de acceso se encuentra protegido por dos obras de abrigo. La obra norte posee una longitud aproximada de 1250 m y la obra sur, de 1150 m. El canal de acceso finaliza en una zona de maniobras de forma elipsoidal, de 310 m por 400 m cada uno de sus ejes. Finalizadas las maniobras de giro, el buque se traslada al muelle sobre pilotes de 250 m de longitud y 32 m de ancho.

Las **obras viales** incluyen la intersección con la RN N°3 para el acceso a la terminal y el pavimento de la playa de contenedores. Como parte de las instalaciones en tierra también se considera de manera preliminar, un edificio administrativo y un estacionamiento para el personal operativo.

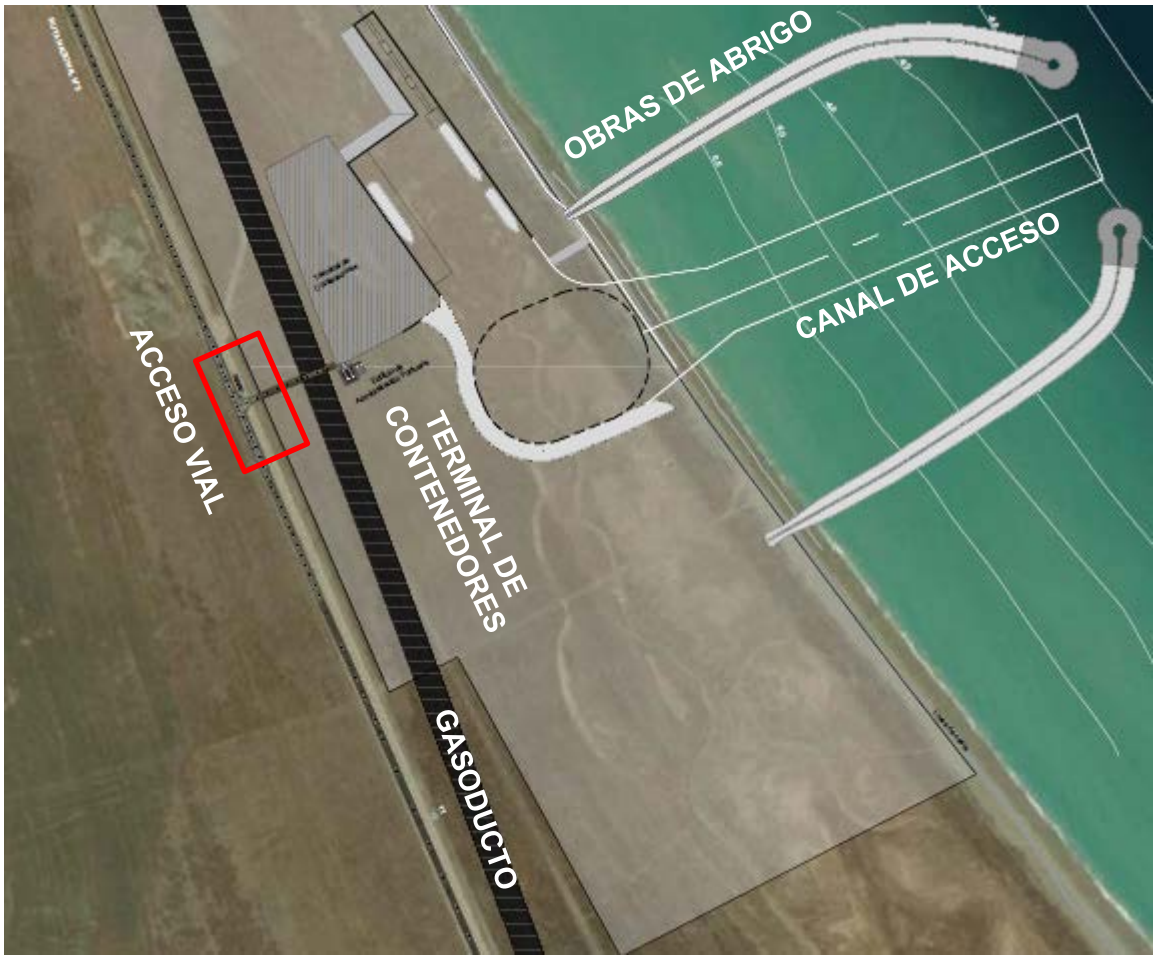


Figura 1: Layout general de la terminal portuaria.

3 SECUENCIA CONSTRUCTIVA

La secuencia constructiva de las obras se observa en las imágenes siguientes. El desarrollo de las tareas se ha pensado de manera tal que la movilización de la draga se realice luego de finalizada la construcción de las escolleras, a fin de tener el reparo suficiente ante el oleaje.

a) En primer lugar, se realiza una excavación en seco de aproximadamente 1 m para nivelar el área destinada a la implantación de los obradores y zonas de acopio.

b) En segundo lugar, se excava la zona de maniobras y dársena con el fin de extraer el material necesario para la conformación de bloques de suelo cemento para el núcleo de las obras de abrigo. La cota del terreno natural promedio es de +8 m. Se ha definido una profundidad de excavación de 2,6 m con el objetivo de evitar la presencia de la napa freática en esta primera instancia, llegando a una cota de +5,40 m.



Figura 2: Excavación preliminar para extracción de material de elaboración de bloques de suelo cemento para el núcleo de las obras de abrigo.

c) La construcción de las obras de abrigo se prevé con un avance desde tierra y empleando equipos viales y grúas convencionales.



Figura 3: Construcción de las obras de abrigo.

d) En simultáneo con la construcción de las obras de abrigo, se continúa excavando el recinto portuario hasta la cota definitiva de solera, definida en -8m.

e) Se construye el muelle corrido, de 250 m de longitud por 32 m de ancho, en seco.

f) En paralelo se construyen los albardones de cierre que conformarán los recintos que recibirán posteriormente, el material dragado bombeado. Estos albardones serán taludes conformados con el mismo suelo local.

g) Construidos los albardones de cierre, se comienzan las tareas de dragado al abrigo de las escolleras, dragando el canal de acceso y comunicando el recinto portuario con la cota de solera del mismo.

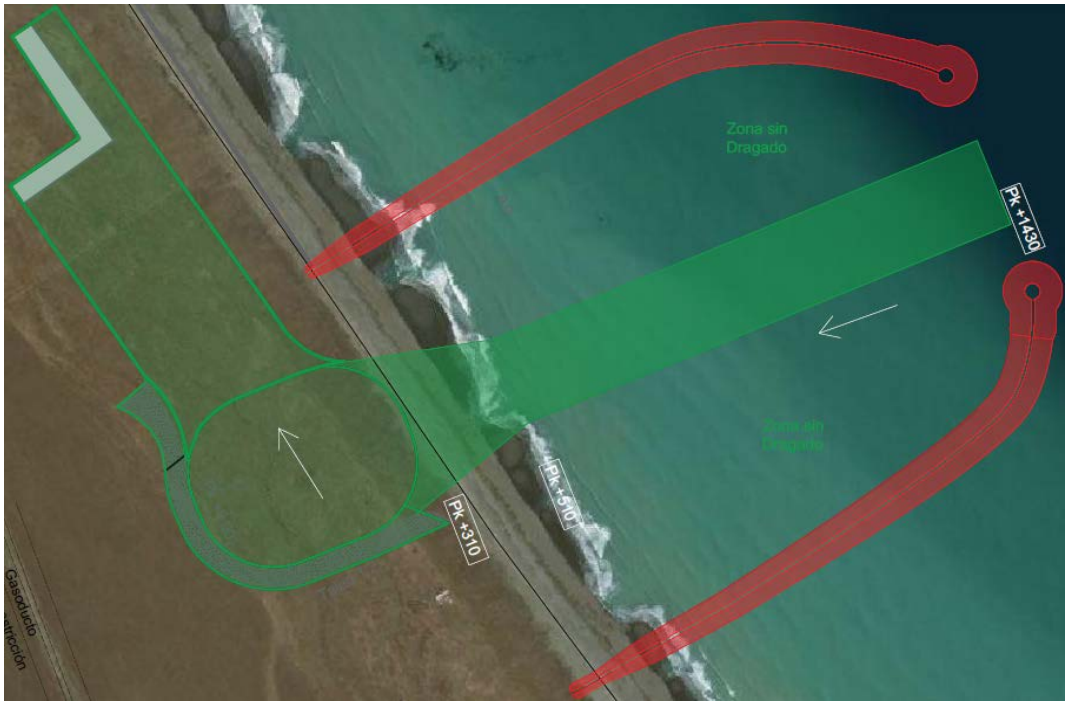


Figura 4: Ejecución de obras de dragado

A continuación, se describe secuencialmente las tareas a ejecutar.

4 1° ETAPA DE EXCAVACIÓN PARA RELLENO DE LA ZONA DE OBRADORES.

En primer lugar, se realizará una excavación inicial para rellenar el área destinada a la zona de obradores de 50 Ha, como se observa en la figura siguiente. El espesor de excavación es de 1 m y las áreas a excavar y rellenar se observan en la imagen a continuación. El volumen total trasladado dentro del predio es de aproximadamente 1.100.000 m^3. La cota del terreno natural es en promedio +8 m, con lo cual se llegaría a una cota de +7 m.



Figura 5: Relleno de la zona de obradores

La necesidad de excavar superficialmente responde a aprovechar los primeros metros de suelo de buena calidad para el relleno del obrador y para la conformación del núcleo de las obras de abrigo. La excavación se realizará con máquinas retroexcavadoras de 3 a 5 m3 de capacidad de cuchara, valor promedio de un equipo de porte importante. Se ha adoptado un rendimiento promedio de 1750 m3/h para esta primera instancia, en donde se tendrán suelos relativamente blandos.

Excavación para relleno del obrador		
Rendimiento retroexcavadora	350	m3/h
Cantidad equipos	5	u
Rendimiento total	1.750	m3/h
Volumen total a excavar	1.100.000	m3
Horas totales necesarias	628	h
Horas de trabajo por día	8	h
Días de trabajo necesarios	78	días
Meses de trabajo necesarios	2,5	Meses

Tabla 1: Tiempos de excavación para el relleno del área del obrador

Se considera también la utilización de 3 camiones para el movimiento de suelo interno.

5 2° ETAPA DE EXCAVACIÓN PARA CONFORMACIÓN DEL MATERIAL DEL NÚCLEO DE LAS OBRAS DE ABRIGO

En segundo lugar, se excavará la dársena norte y zona de giros para extraer el material necesario para la conformación del núcleo de las obras de abrigo. El volumen necesario de suelo es de 775.289 m^3. Las superficies a excavar requieren una profundidad de 2,6 m. Considerando la cota del terreno natural promedio de +8, m la cota de excavación para esta segunda etapa es de +5,4 m.



Figura 6: Superficies a excavar.

				EXCAVACIÓN PARA CONFORMACIÓN DEL NÚCLEO			
Zona	**Volumen total**	**Suelo Duro (m3) (A)**	**Suelo Blando m3 (B)**	**Superficie (m2) (C)**	**Profundidad (m) a cota +5,4 m (D)**	**Excavación para conformación del núcleo(m3) (E) CxD=E**	**Suelo blando restante (m3) (F). B-E=F**
Dársena	2.297.218	1.859.083	438.135	158.621,17	2,60	412.415,04	25.719,96
Zona de Giro	1.929.038	1.547.243	381.795	141.125	2,60	366.925	14.870,00
Canal de Acceso	1.538.098	250.696	1.287.402				1.287.402
Volúmenes totales (m3)	**5.764.354**	**3.657.022**				**779.340,04**	**1.327.992**
Volumen total restante para la 2° etapa de excavación (m3)						**4.985.013,96**	
Suelo Duro						**3.657.022**	
Suelo Blando						**1.327.992**	

Al igual que en la etapa anterior, la excavación se realizará con máquinas retroexcavadoras de 3 a 5 m3 de capacidad de cuchara, valor promedio de un equipo de porte importante. Se ha adoptado un rendimiento promedio de 350 m3/h para esta segunda instancia, en donde se continuará teniendo suelos relativamente blandos.

Excavación para el núcleo		
Rendimiento retroexcavadora	350	m3/h
Cantidad equipos	5	u
Rendimiento total	1.750	m3/h
Volumen total núcleo	779.340	m3
Horas totales necesarias	445	h
Horas de trabajo por día	8	h
Días de trabajo necesarios	55	días
Meses de trabajo necesarios	2	Meses

Tabla 2: Tiempos de excavación para la conformación del núcleo

Se considera también la utilización de 3 camiones para el movimiento de suelo interno.

El ritmo de excavación y producción de bloques de suelo – cemento deberá acompañar el ritmo de volcado de material y conformación del núcleo, considerando los tiempos de elaboración y fragüe de los bloques.

La tabla a continuación resume los principales materiales necesarios para la elaboración de los bloques de suelo cemento, adoptando una dosificación estándar de 12% de cemento en volumen y una relación agua/cemento de 0.3. La dosificación luego deberá ajustarse de acuerdo con la humedad natural del suelo y las características físicas de los agregados naturales.

Para el núcleo		
Cemento	12%	
Volumen necesario	779.340	m3
	93.521	m3
	1,91	t/m3
	178.625	t
Relación a/c	0,3	
	53.587,4	m3 agua

Tabla 3: Materiales necesarios para el núcleo.

6 OBRAS DE ABRIGO

El perfil transversal de las obras de abrigo se observa en la Figura 12 y Figura 13.

Se ha definido una cota de coronamiento de +15,5 al cero SHN, y un nivel superior del núcleo en +11 m con el objetivo de que puedan circular los equipos y permitir el avance desde tierra. Teniendo en cuenta que la pleamar máxima de sicigias es de +9,70 m, sólo se tendrían dificultades constructivas en el caso de pleamares de sicigias en combinación con la incidencia del oleaje, en cuyo caso se deberá paralizar la obra. En condiciones normales, este nivel no se ve superado en ningún momento.

El ancho del núcleo se ha adoptado en 4 m con el fin de que puedan circular los equipos viales: camiones volcadores y retroexcavadoras perfiladoras que irán conformando el núcleo de ambas obras de abrigo. El mismo estará compuesto por bloques de suelo cemento, que se realizarán con suelo local excavado.

Por otra parte, la subcapa será artificial para prescindir de la extracción de grandes bloques de roca, recurso que escasea en la Isla. La implementación de subcapas artificiales es un concepto relativamente nuevo, que nace a raíz del interés cada vez mayor que existe en la mitigación de los impactos medioambientales que producen las obras de abrigo. En este sentido, el alto consumo de material de enrocado que conllevan estas estructuras sin dudas genera un impacto durante su extracción y transporte, más aún en lugares ambientalmente sensibles como el que se analiza. De esta manera, se conformarán bloques de hormigón simple que se colocarán en dos capas. La primera de ellas se hormigonará sobre un geotextil especial, de polipropileno tejido con bucles del mismo material incorporados como se observa en las imágenes a continuación.



Figura 7: Fabricación de subcapa artificial a pie de obra

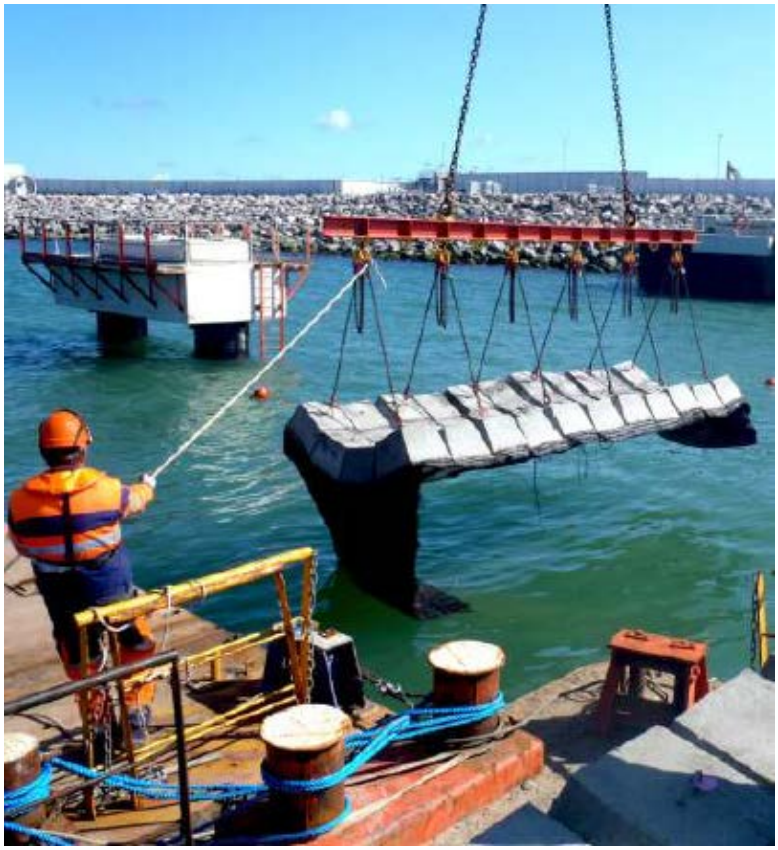


Figura 8: Izaje y colocación de subcapa artificial

Sobre esta capa de bloques de hormigón se colocan otros bloques de mayores dimensiones, unidos mediante cables y que conformarán la segunda subcapa completando el espesor total necesario para la colocación de los acrópodos. Un esquema tentativo de esta solución puede observarse en la imagen a continuación:

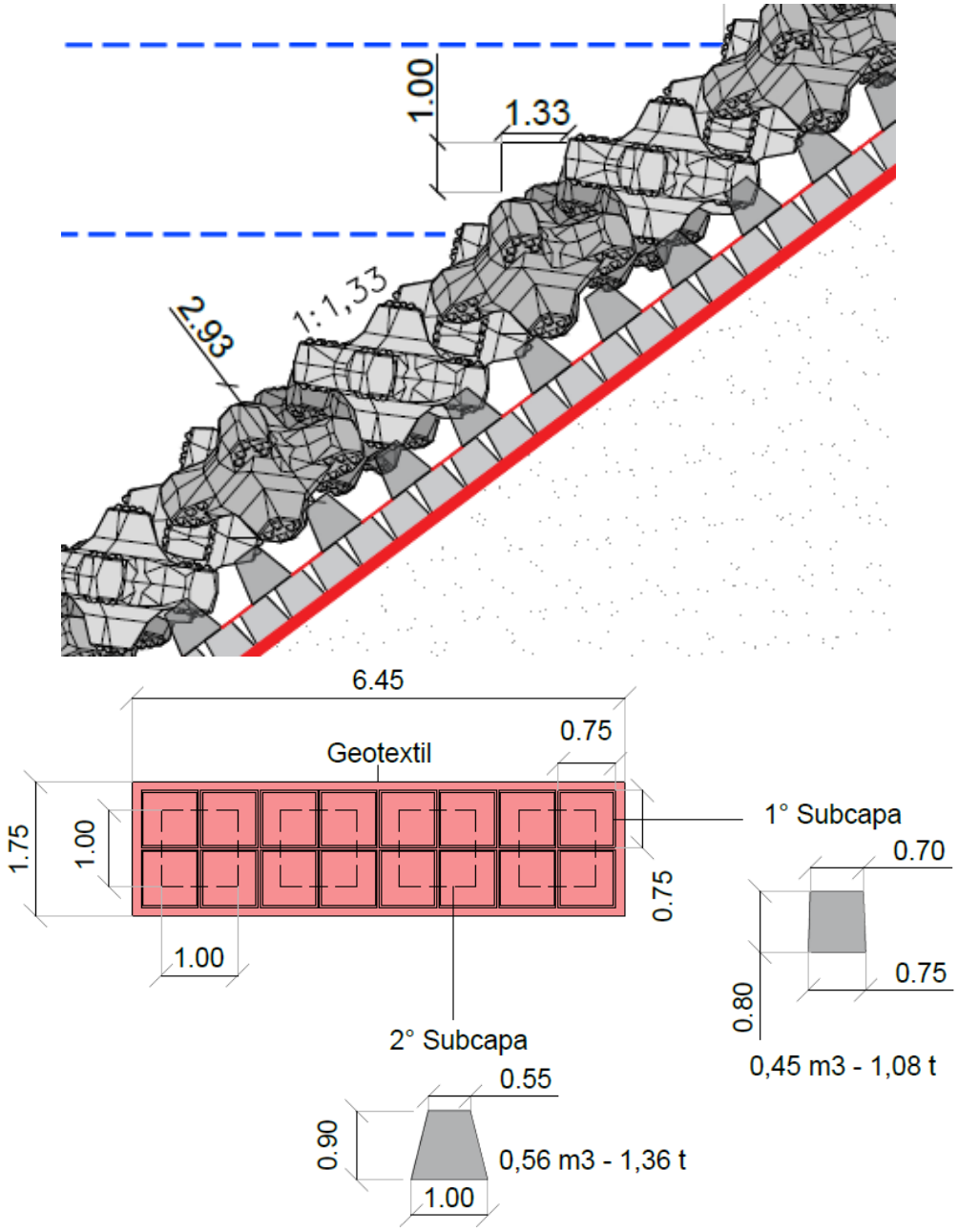


Figura 9: Subcapa artificial para obras de abrigo.

La fabricación de los acropodos se realiza a pie de obra, con encofrado metálico especialmente diseñado para tal fin. El hormigonado y la verificación de calidad se realiza in situ y una vez fraguado, se traslada por el coronamiento de la obra de abrigo hasta el lugar de colocación. La colocación se realiza con grúa excavadora con cabezal giratorio, y el rendimiento esperado es

de 8 unidades bien colocadas por hora. La verificación de la ubicación sub-acua se realiza con buzos especializados, como se observa en la siguiente imagen:



Figura 10: Fabricación y acopio de acrópodos

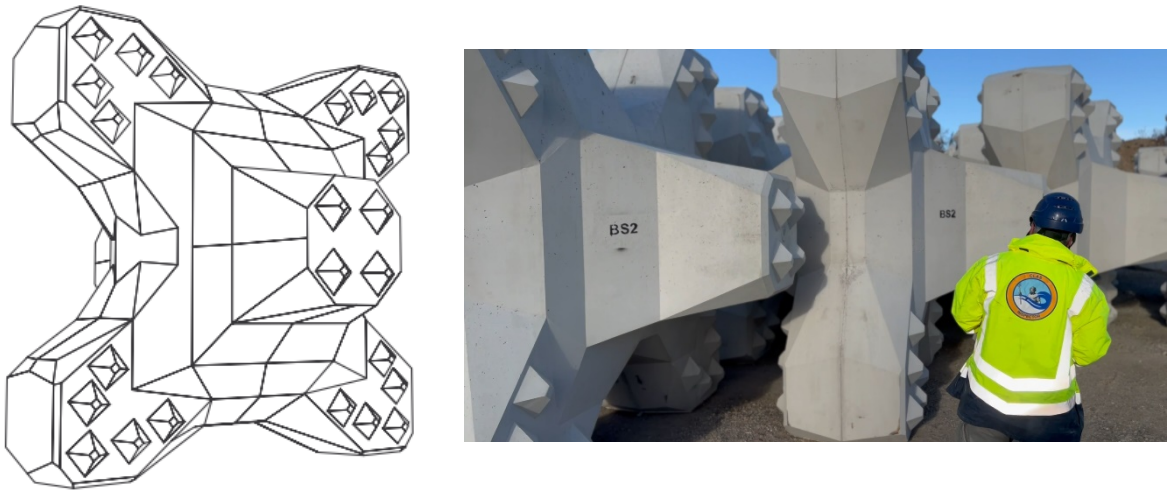


Figura 11: Elemento premoldeado tipo Acrópodo



Figura 12: Verificación sub-acua de colocación del acrópodo. Fuente: Clas certification

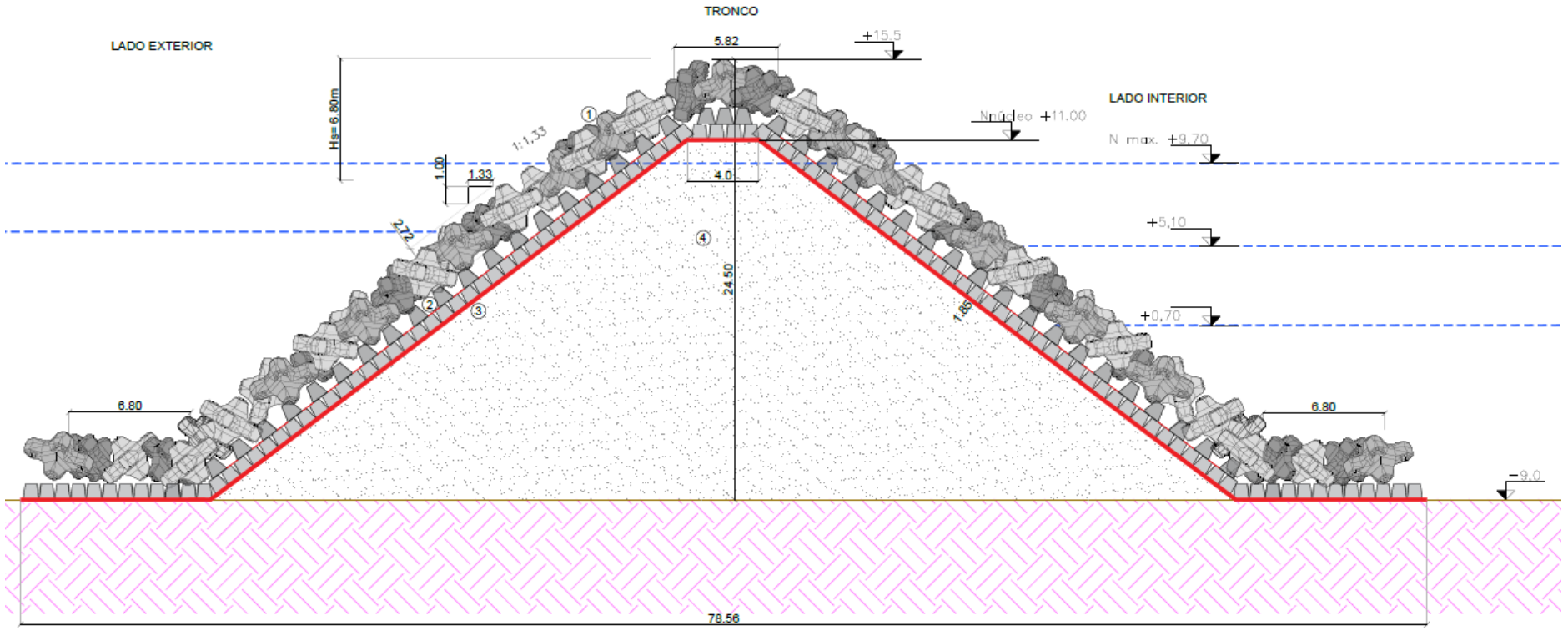


Figura 13: Sección transversal del tronco

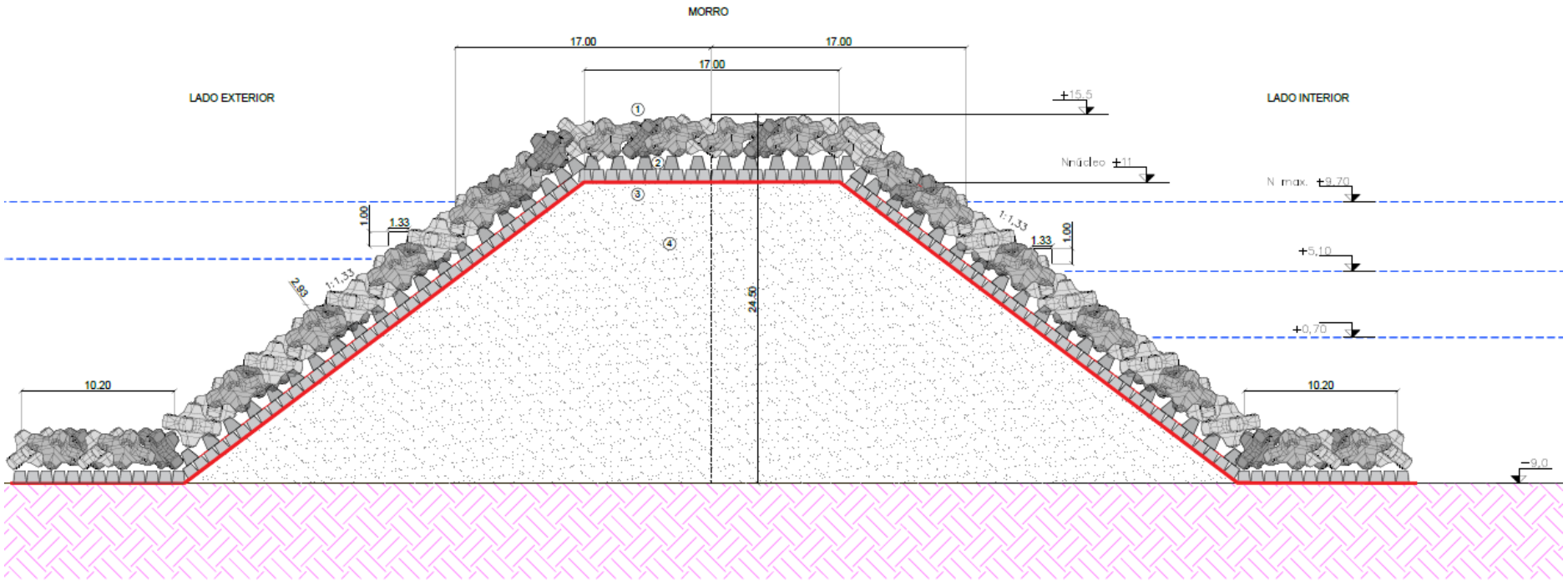


Figura 14: Sección transversal del morro

6.1 CÓMPUTO DE MATERIALES NECESARIOS PARA LAS OBRAS DE ABRIGO

De acuerdo a las características geométricas definidas en los perfiles transversales de la Figura 12 y Figura 13, se obtuvieron los siguientes volúmenes y superficies:

Volumen Núcleo (m3)		
	Tramo	**Morro**
Norte	365.919	66.726
Sur	284.787	57.857
Superficie (m2)		
	Tramo	**Morro**
Norte	72.659	9.264
Sur	62.145	8.897

Tabla 4: Volumen de núcleo y superficies de obras de abrigo.

Las unidades de acrópodos necesarios para la coraza son las siguientes:

CORAZA					H° (m3)
ACRÓPODOS (Tronco)	8 m^3	0,156 u/m2	23.133	ud	185.064
ACRÓPODOS (Morro)	10 m^3	0,134 u/m2	2.678	ud	26.774
			Volumen total de hormigón (m3)		211.838

Tabla 5: Unidades de acrópodos necesarios. Contienen un 10% de desperdicios.

De acuerdo a la disposición de la subcapa planteada en la Figura 8, se computa el siguiente consumo de hormigón por metro cuadrado:

SUBCAPA ARTIFICIAL		
1° subcapa		
0,45	m3 por bloque	
16	bloques	
7,2	m3	
2° Subcapa		
0,56	m3 por bloque	
4	bloques	
2,24	m3	
Volumen total	9,44	m3
Superficie geotextil	11,29	m2
	0,84	m3/m2
Superficie total	152.965	m2
Volumen total	153.514	m3 de H° para ambas obras de abrigo

Tabla 6: Consumo de hormigón para la subcapa artificial

El volumen total calculado anteriormente contiene un 20% de desperdicio. El volumen total entre el hormigón necesario para los acrópodos y el necesario para la subcapa es de 365.352 m3.

Se ha estimado que la construcción de las dos obras de abrigo demandará un plazo total de 2 años, considerando tiempos inoperativos por oleaje y vientos.

7 3° ETAPA DE EXCAVACIÓN DEL RECINTO PORTUARIO

Una vez extraído todo el suelo necesario para la conformación del núcleo y mientras se construyen las obras de abrigo, los equipos continúan realizando la excavación del recinto portuario desde la cota +5,4 m hasta la cota definitiva del recinto, es decir una profundidad vertical de excavación de aproximadamente 13 m. El volumen restante se puede observar en la tabla siguiente.

	Volumen total (en 2da etapa)	Suelo Duro (m3) (A)	Suelo blando restante (m3)
Volumen Dársena	1.884.803	1.859.083	25.719,96
Volumen Zona de Giro	1.562.113	1.547.243	14.870,00
Volumen total 3ra etapa (m3)		**3.446.916**	

Tabla 7: Volumen de 3° etapa de excavación.

La tabla a continuación informa los rendimientos adoptados para la excavación del recinto portuario. Como en esta etapa restan remover mayormente los suelos duros (los suelos blandos se extrajeron para la conformación del núcleo y nivelación del obrador), se ha adoptado un rendimiento menor, de 200 m3/h y 7 retroexcavadoras para el movimiento de suelos (2 adicionales a las que se tenían en la primera etapa). De esta manera, la tercera etapa de excavación requerirá aproximadamente un año, incluyendo las tareas de transporte y compactación del material en el resto de la superficie del predio.

Excavación recinto portuario		
Rendimiento retroexcavadora	200	m3/h
Cantidad equipos	7	u
Rendimiento total	1.400	m3/h
Volumen total recinto	3.446.916	m3
Horas totales necesarias	2462,1	h
Horas de trabajo por día	8	h
Días de trabajo necesarios	307,8	días
Meses de trabajo necesarios	10,2	Meses

Tabla 8: Rendimiento de excavación del recinto portuario

El volumen extraído de la excavación se utilizará para rellenar el resto del predio. Las áreas a rellenar se observan en la siguiente figura.



Figura 15: Zonas de relleno

El volumen total de 3.446.916 m^3 se dispone en un área de 110 Ha, lo que resulta en un espesor promedio de relleno de 3,13 m. Considerando que de la excavación de la primera etapa resulta una cota de terreno de +7m, la cota de relleno resultante en esta etapa es de +10,15 m.

8 CONSTRUCCIÓN DEL MUELLE CORRIDO

La construcción del muelle corrido se realizará en seco, previamente a las tareas de dragado. En la imagen siguiente se observa un esquema preliminar de las obras.

El planteo preliminar de las obras se realizó considerando un muelle de 250 m de largo y 32 m de ancho, fundado sobre pórticos de 6 pilotes de 1,4 m de diámetro, distanciados una longitud de 12 m. La longitud de los pilotes será de aproximadamente 36m, llegando a una cota de punta de -25 m. Estos pilotes serán de hormigón armado, encamisados, perforados y hormigonados in situ. Para esto, se utilizarán los siguientes equipos:

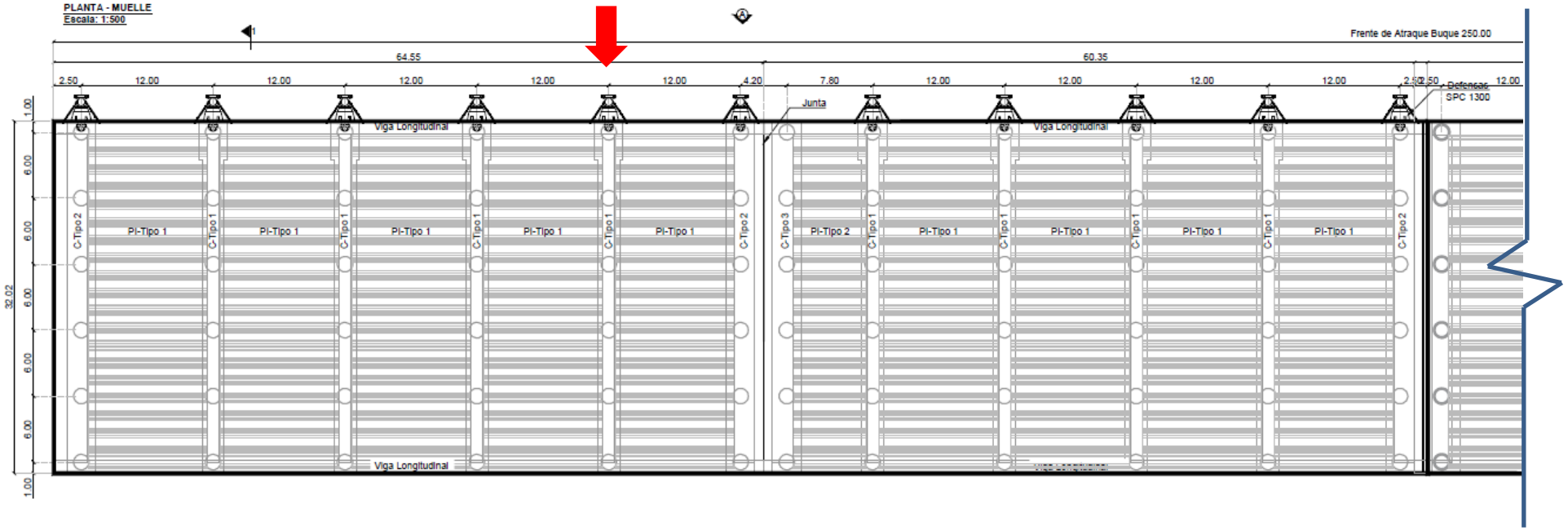
- Grúas sobre orugas de 100t, para izaje de camisas metálicas, jaula de armadura y premoldeados.
- Martillo hidráulico para hincado de camisas metálicas
- Perforadora vertical con cabezal para excavar pilotes de diámetro 1,40 m



Figura 16: Herramientas de perforación

Superiormente estos pilotes se vincularán mediante un cabezal de hormigón armado. Sobre estos, apoyarán las vigas longitudinales tipo Pi que conformarán la superestructura, junto con el tablero superior de 10cm de espesor. El frente de atraque se completará con el sistema de defensas y de amarre. Se dispondrá una defensa y un bolardo en cada pórtico.





Serman & asociados s.a. Consultora

Ing. Mauro Campos
Representante Técnico

Ing. Sandra Acuña
Directora del Proyecto

8.1 CÓMPUTO DE MATERIALES NECESARIOS PARA EL MUELLE

La tabla a continuación resume los principales materiales necesarios para la construcción del muelle, de acuerdo al layout preliminar de las obras:

ÍTEM		
Pilotes de Hormigón Armado Ø 1.40m con encamisado metálico	ml	5.184,00
Cabezal - Tipo 1 de Hormigón Armado	m3	1.214,40
Cabezal - Tipo 2 de Hormigón Armado	m3	381,80
Cabezal - Tipo 3 de Hormigón Armado	m3	190,90
Viga Pi -Tipo 1 de Hormigón Armado	m3	2.156,40
Viga Pi -Tipo 2 de Hormigón Armado	m3	146,40
Viga Longitudinal de Hormigón Armado	m3	600,00
Tablero de Hormigón Armado	m3	800,50
Bolardo 100 tn	ud	22,00
Defensa SPC1300	ud	22,00
Cantonera Corrida	ml	580,00
Volumen total H° H-40 muelle	**13.470,55**	**m3**
Acero	**1915,45**	**t**

Tabla 9: Cómputo de materiales necesarios para el muelle

9 CONFORMACIÓN DE RECINTOS PARA REFULADO

A medida que se realiza la tercera etapa de excavación del recinto portuario, se conforman los recintos para contención del material refulado que se generará cuando comience a operar la draga.

Los volúmenes a dragar se observan en la siguiente tabla:

Zona	Volumen total (m3)	Suelo Duro (m3)	Suelo Blando (m3)
Canal de Acceso	1.538.098	250.696	1.287.402

Tabla 10: Volúmenes a dragar

El material dragado se dispondrá en recintos. Estos recintos se ubicarán en el predio como se ilustra en la Figura 16, estarán rodeados por albardones o terraplenes de contención de la hidromezcla bombeada, y permitirán que el agua fluya y decante el material sólido. Estos terraplenes serán excavados lateralmente con el empleo de retroexcavadoras y suelo local. La cota de coronamiento se ha fijado en esta instancia en +12,5 m con taludes de pendiente tal que aseguren la estabilidad.

En la imagen a continuación también se observan los puntos de descarga del agua de refulado que vuelve hacia el mar, una vez decantado los sólidos.



Figura 17: Recintos de refulado

El volumen total de material necesario para rellenar el predio de 110 Ha desde la cota del terreno natural existente hasta la cota +12 resulta de 3.422.753 m3. A este valor hay que sumarle el total de 1.100.000 m3 que se extraen al inicio de las obras para nivelar las 50 Ha destinadas al obrador, resultando un total de volumen para el relleno de 4.522.753 m3, mientras que el volumen total disponible para rellenar (considerando el material extraído de dársena, zona de giro y canal de acceso) es de 5.764.354 m3. Los 462.261 m3 restantes serán utilizados, en parte como áridos para la elaboración de hormigón, y otra parte podrá utilizarse para rellenar la zona de obradores una vez retirado el equipamiento necesario para la obra. Puede considerarse también su empleo para elevar la cota de relleno en todo el predio, teniendo en cuenta que los 462.261 m3 distribuidos en el área de 110 Ha resulta en un espesor promedio de 40 cm adicionales. En cualquier circunstancia podrá aprovecharse el material resultante en las obras internas, de manera de no disponer material por fuera del predio de la obra.

10 OBRAS DE DRAGADO

Las tareas de dragado se realizarán en el canal de acceso. En la imagen a continuación se observa el layout general de las áreas náuticas. Se trata de un canal de acceso de 160 m de ancho entre las progresivas +1430 y +510. Entre las progresivas +510 y +310 se tiene una zona de transición entre el canal de acceso y la zona de giro, que se va ensanchando hasta un valor de 270 m a partir del cual se desarrolla la zona de maniobras.

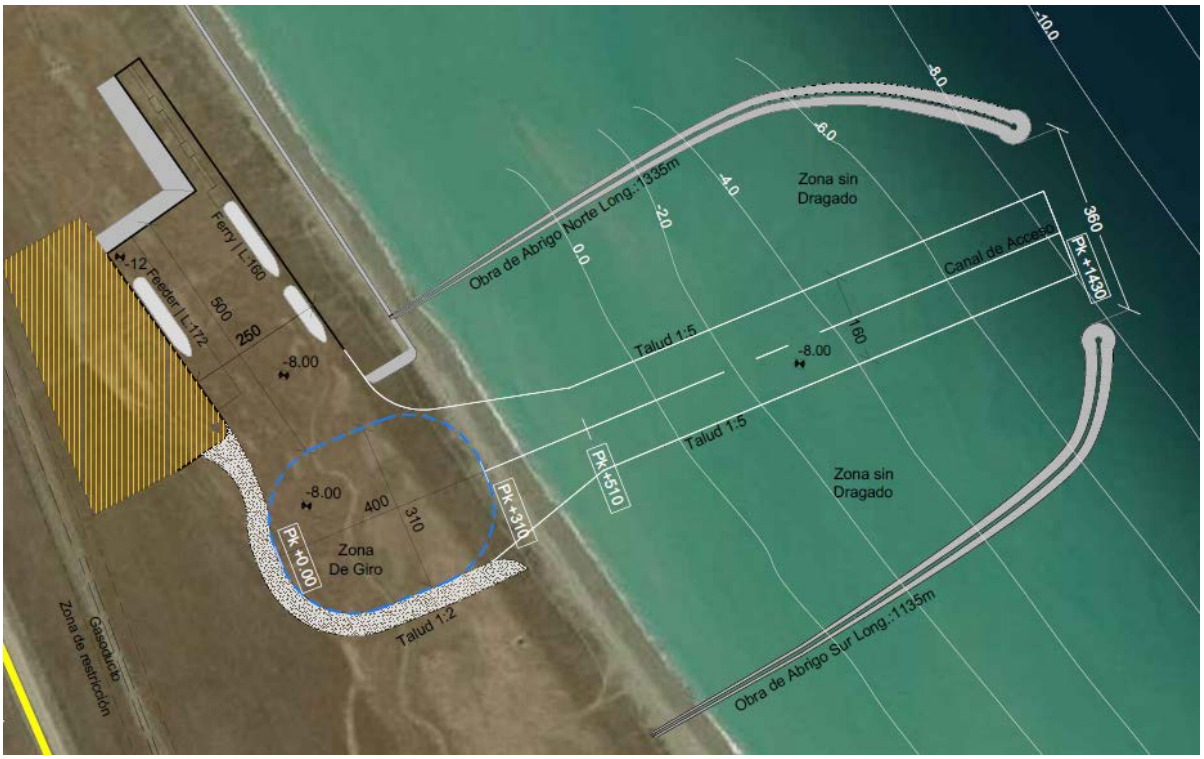


Figura 18: Layout general de las áreas náuticas a dragar

La presencia de suelo duro requiere la utilización de dragas de succión con cortador y vertido por bombeo a gran distancia. Este tipo de dragas es indicado para suelos de mucha dureza, triturando los estratos a través de un cabezal de corte giratorio con dientes de diversas formas. A su vez, este equipo es ideal para la realización de rellenos, como requiere este proyecto, ya que el material es aspirado por bombas y descargado por bombeo a través de tuberías al lugar que se requiera.

El equipo a utilizar en las obras deberá ser de gran porte, para soportar el clima oceánico local. Se definen las siguientes características mínimas:

- Eslora: entre 135m y 140 m
- Manga: Entre 25 m y 30 m
- Profundidad de dragado: Entre 8 m y 25 m
- Potencia total instalada: Entre 23.000 kW y 28.000 kW
- Diámetro de la tubería de dragado: entre 900 mm y 1000 mm.
- Distancia de bombeo del material: Entre 1000 m y 2500 m.
- Potencia mínima de la bomba sumergida: 4000 kW

- Potencia mínima del cortador: 7000 kW.
- El cabezal deberá ser apto para el dragado de material arcilloso.
- La embarcación podrá ser autopropulsada o mediante el movimiento de pilones

La metodología de vertido será por bombeo hacia los recintos de relleno. La distancia de bombeo desde la boca del canal de acceso hasta los recintos no supera los 2,5 km.

Zona	Volumen Total (m3)	Suelo Duro a Dragar (m3)	Producción Nominal (m3/h)	Tiempo Parcial (h)	Suelo Blando a Dragar (m3)	Producción Nominal (m3/h)	Tiempo Total (días)
Canal de Acceso	1.538.098	250.696	1000	250,70	1.287.402	3000	28

Tabla 11: Rendimientos promedio y tiempos de dragado netos (días)

Las condiciones más severas de dragado se tendrán en el canal de acceso, disminuyendo significativamente a medida que la draga se acerca a la zona de maniobras. Por este motivo, conservadoramente se adoptará un aumento en los plazos del 50% considerando condiciones climáticas adversas, recambio de dientes del cabezal, tiempos inoperativos por cuestiones logísticas, aprovisionamiento, etc.

Zona	Volumen Total (m3)	Tiempo Total (días)	Tiempo Conservador (considerando un 50% de tiempos muertos) (días)
Canal de Acceso	1.538.098	28	42

Tabla 12: Tiempos de dragado considerando un 50% de aumento por tiempos muertos (días)

De esta manera, las obras podrían ejecutarse en un plazo de aproximadamente 2 meses.

11 OBRAS VIALES E INSTALACIONES EN TIERRA

Las obras viales e instalaciones en tierra consisten en:

- Intersección con la Ruta N°3
- Camino de acceso a terminal de contenedores
- Edificio de administración
- Estacionamiento para personal de la terminal

Estas obras se realizan una vez terminadas las tareas de relleno y refulado del predio a las cotas establecidas. A continuación, se observa un layout general de las instalaciones en tierra.

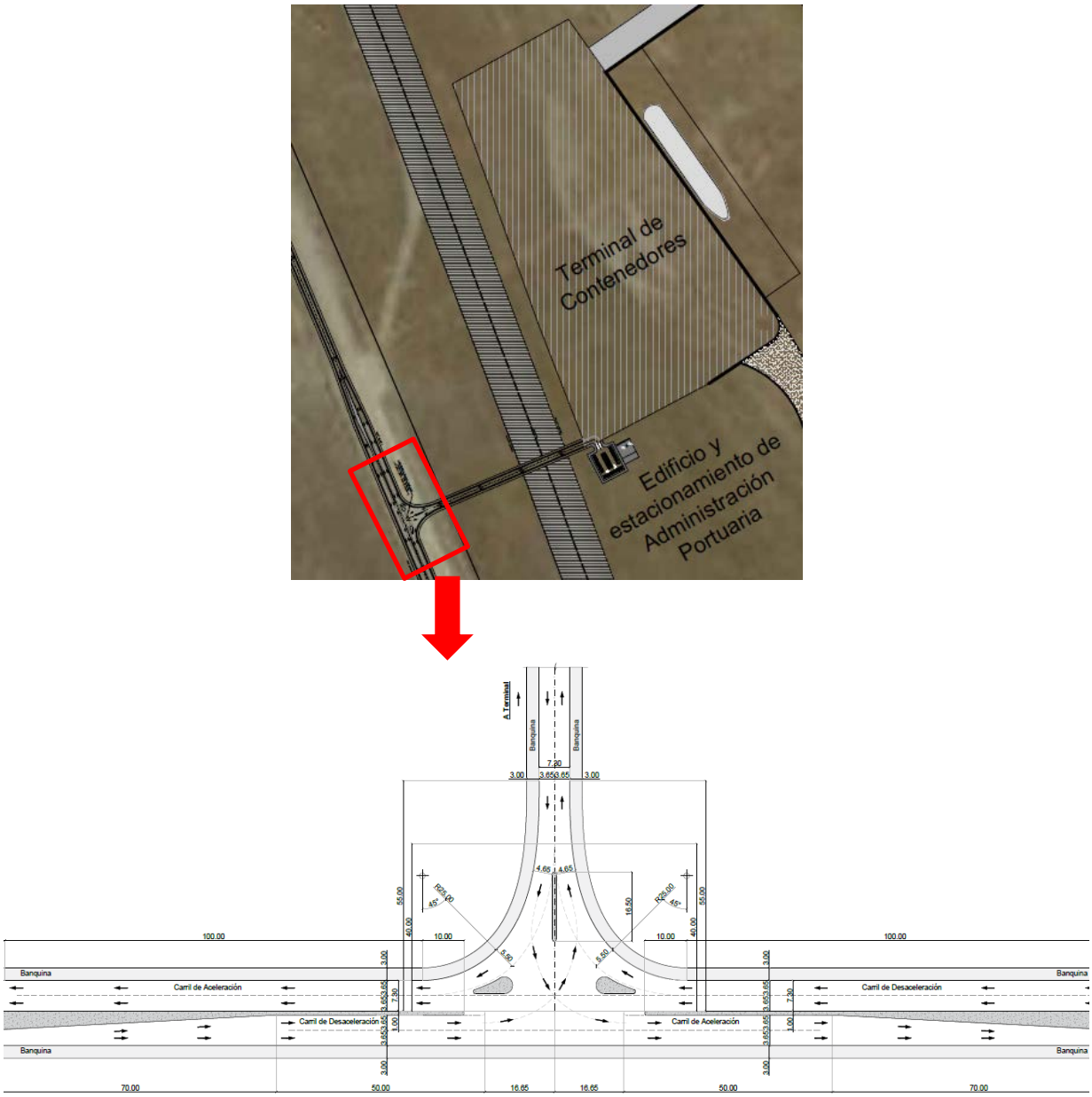


Figura 19: Intersección con la RN°3 e instalaciones en tierra

A continuación, se computa el volumen de hormigón necesario para las obras viales

Área (m2)	
Terminal de contenedores	100.871,03
Calle de acceso	1.392,00
Intersección	6.840,30
Total	109.103,33
Espesor (m)	0,22
Volumen (m3)	24.002,7

Tabla 13: Cómputo de hormigón necesario para las obras viales

12 INSTALACIONES PARA EL OBRADOR

El obrador se desarrollará sobre el límite sur del predio, con el fin de alejar los ruidos e interferencias del barrio El Murtillar, ubicado hacia el norte. El área total para destinar a este uso es de 50 Ha y se observa en la siguiente imagen.



Figura 20: Superficie destinada al obrador.

Se consideran los siguientes sectores:

- Oficinas para la Dirección de Obra con capacidad para 60 personas, área total de 300 m2 incluyendo servicios de enfermería, comedor, sanitarios, vestuarios y lockers. Se incluye un área de estacionamientos para las oficinas.

- Vestuarios para el personal que trabaja en cada empresa, comedor para cada contratista, sanitarios, cocina para calentar comidas, área de separación de residuos en función de su origen.

- Espacio cubierto para elaboración y fraguado controlado de acrópodos y bloques de hormigón de la subcapa artificial de las obras de abrigo.

- Espacio cubierto para la elaboración y fraguado controlado de elementos premoldeados de hormigón armado para el muelle.

- Pañol para almacenamiento de equipos y herramientas

- Planta de hormigón elaborado con capacidad de producción de 90 t/h.

- Para el tratamiento de las aguas grises se prevé una planta de procesamiento de estas, tanto para la etapa de construcción como así también para la de operación.

La fuente de provisión de energía eléctrica durante la etapa constructiva estará dada por equipos generadores a diésel. Por otro lado, se prevé la construcción de una planta reductora de gas para la generación eléctrica de 350 kva a consumir durante la etapa de operación.

13 CONSUMO TOTAL DE MATERIALES

El consumo total de hormigón y acero, de acuerdo a lo descripto en los puntos anteriores se observa en la siguiente tabla.

Consumo total		
Hormigón H30	389.351,84	m3
Obras viales	24.000,00	m3
Obra de abrigo	365.351,84	m3
Hormigón H40 (Muelle)	13.470,55	m3
Acero (Muelle)	1.915,45	t

Tabla 14: Consumo de hormigón y acero

Adoptando dosificaciones típicas para hormigones H-30 y H-40, se calcula la cantidad de áridos y cemento necesario:

OBRAS VIALES Y OBRAS DE ABRIGO				
H-30			Cantidades	
Relación a/c	0,40		(t)	
Cemento CPP40-ARS	410	kg/m3	159.634,3	
Agua	165	kg/m3	64.243,1	m3
Arena gruesa	778	kg/m3	302.915,7	
Piedra	1026	kg/m3	399.475,0	
Aditivo	4,8	kg/m3	1.868,9	

Tabla 15: Materiales necesarios para dosificación típica de hormigón H-30

Bloques de suelo – cemento para el núcleo		
Cemento	12%	
Volumen necesario	775.289	m3
	93.035	m3
Densidad Cemento	1,91	t/m3
	177.696	t
Relación a/c	0,3	
	53.308,9	m3 agua

Tabla 16: Materiales necesarios para la conformación del núcleo de las obras de abrigo

MUELLE				
H-40			Cantidades	
Relación a/c	0,38		(t)	
Cemento CPP40-ARS	430	kg/m3	5.792,3	
Agua	165	kg/m3	2.222,6	m3
Arena gruesa	773	kg/m3	10.412,7	
Piedra	1019	kg/m3	13.726,5	
Aditivo	5,2	kg/m3	70	

Tabla 17: Materiales necesarios para dosificación típica H-40

Material	**Cantidades totales**	**ud**	**20% + (desperdicios)**
Cemento CPP40-ARS	343.122,8	**t**	411.747,4
Agua	119.774,6	**m3**	143.729,5
Agregado fino (Arena)	313.328,5	**t**	375.994,2
Agregado grueso (Piedra)	413.201,5	**t**	495.841,8
Aditivo	1938,9	**t**	2.326,7
Acero	1915,45	**t**	2298,5

Tabla 18: Cantidades totales de materiales

14 FUENTE DE OBTENCIÓN DE MATERIALES

Se tendrán distintas fuentes de obtención de materiales para la obra.

- Cemento: El cemento se trasladará desde el continente (provincia de Santa Cruz), parte por barco hacia el puerto de Ushuaia, y un porcentaje vía terrestre. El acopio se realizará en tolvas dentro del predio destinado a la obra.
- Agua: Se evaluará la capacidad del acuífero para la extracción de agua a través de perforaciones a la napa freática. La salinidad será un punto a evaluar, dado que influye mucho en las propiedades del hormigón fraguado. Para los hormigones estructurales (muelle, edificios administrativos), el agua podrá trasladarse a la obra en camiones cisternas a fin de asegurar la calidad final de los hormigones, que en estos elementos es más exigentes que, por ejemplo, en los elementos premoldeados de la obra de abrigo. La tercera alternativa radica en la instalación de una planta de ósmosis inversa.

- Agregados: Los agregados se extraerán de canteras habilitadas ubicadas en las cercanías del predio, ya que poseen características típicas habitualmente disponibles en cualquier cantera. Otra parte de los agregados necesarios se extraerá de la excavación a realizar, mediante un proceso de lavado y tamizado. Estos últimos podrán emplearse en la elaboración de acrópodos, bloques de hormigón para la subcapa y conformación del núcleo de las obras de abrigo.
- Acero y aditivos: Se trasladarán por camión desde el continente y/o buque al puerto de Ushuaia.

15 CRONOGRAMA DE OBRA

En la tabla a continuación se observa el cronograma de ejecución de las tareas principales. Se han resaltado en color rojo las tareas críticas y que condicionan el plazo total de las obras.

ÍTEM	MESES																															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
Movilización de obra																																
1° Etapa de excavación para relleno y conformación del obrador																																
Montaje del Obrador																																
2° Etapa de excavación y conformación del núcleo de las obras de abrigo																																
Construcción de las obras de abrigo																																
3° Etapa de excavación para relleno y nivelación del recinto portuario																																
Construcción del muelle corrido																																
Conformación de recintos para refulado																																
Obras de dragado																																
Obras viales e instalaciones en tierra																																

Tabla 19: Cronograma de obra

LAYOUT | ALTERNATIVA PUERTO RIO GRANDE

Escala: 1:5.000



UBICACIÓN GENERAL



Tierra del Fuego



Coordenadas Límites Predio

	ESTE	NORTE	Longitud	Latitud
P1	25.686.431.642	40.575.296.360	W67° 57' 45.22"	S53° 37' 22.16"
P2	25.691.946.018	40.577.815.126	W67° 57' 15.43"	S53° 37' 13.76"
P3	25.694.459.954	40.556.737.417	W67° 57' 00.06"	S53° 38' 21.80"
P4	25.696.033.870	40.557.547.616	W67° 56' 51.56"	S53° 38' 19.11"
P5	25.699.805.182	40.550.631.192	W67° 56' 30.48"	S53° 38' 41.30"
P6	25.707.998.957	40.554.849.054	W67° 55' 46.23"	S53° 38' 27.26"

NOTAS

Nº	DESCRIPCIÓN
1.	COORDENADAS PLANAS GAUSS KRUGER WGS 84 FAJA 2.
2.	MEDIDAS EXPRESADAS EN METROS

REVISIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN	EJECUTÓ	REVISÓ	APROBÓ
C	05/01/2023	EMISIÓN PARA APROBACIÓN	CSJ	FPC	SAC
B	9/11/2022	EMISIÓN PARA APROBACIÓN	CSJ	FPC	SAC
A	4/11/2022	EMISIÓN PARA APROBACIÓN	CSJ	FPC	SAC

Serman & asociados s.a. Consultora

Mirgor

Ing. Mauro Campos
Representante Técnico

PROYECTO: ING-22-044-MIRGOR-Puerto Río Grande

TITULO: Ubicación General-Etapa 1

TIPO DE DOCUMENTO: Civil

ESCALA:	ARCHIVO:	DOCUMENTO Nº:	FORMATO:	HOJA:01	REV.:
1:5000	22044-PRG-PL-020-RevB.DWG	22044-PRG-PL-020-RevB	A1(594X841)	DE:03	C

LAYOUT | ALTERNATIVA PUERTO RIO GRANDE

Escala: 1:5.000



UBICACIÓN GENERAL



Tierra del Fuego



Coordenadas Límites Predio

	ESTE	NORTE	Longitud	Latitud
P1	25.686.431.642	40.575.296.360	W67° 57' 45.22"	S53° 37' 22.16"
P2	25.691.946.018	40.577.815.126	W67° 57' 15.43"	S53° 37' 13.76"
P3	25.694.459.954	40.556.737.417	W67° 57' 00.06"	S53° 38' 21.80"
P4	25.696.033.870	40.557.547.616	W67° 56' 51.56"	S53° 38' 19.11"
P5	25.699.805.182	40.550.631.192	W67° 56' 30.48"	S53° 38' 41.30"
P6	25.707.998.957	40.554.849.054	W67° 55' 46.23"	S53° 38' 27.26"

NOTAS

Nº	DESCRIPCIÓN
1.	COORDENADAS PLANAS GAUSS KRUGER WGS 84 FAJA 2.
2.	MEDIDAS EXPRESADAS EN METROS

REVISIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN	EJECUTÓ	REVISÓ	APROBÓ
B	9/11/2022	EMISIÓN PARA APROBACIÓN	CSJ	FPC	SAC
A	4/11/2022	EMISIÓN PARA APROBACIÓN	CSJ	FPC	SAC

Serman & asociados s.a. Consultora

Ing. Mauro Campos
Representante Técnico

Mirgor

PROYECTO: ING-22-044-MIRGOR-Puerto Río Grande

TITULO: Ubicación General-Etapa 1

TIPO DE DOCUMENTO: Civil

ESCALA:	ARCHIVO:	DOCUMENTO Nº:	FORMATO:	HOJA:01	REV.:
1:5000	22044-PRG-PL-020-RevB.DWG	22044-PRG-PL-020-RevB	A1(594X841)	DE:03	B

LAYOUT | ALTERNATIVA PUERTO RIO GRANDE

Escala: 1:5.000



UBICACIÓN GENERAL



Tierra del Fuego



Coordenadas Límites Predio

	ESTE	NORTE	Longitud	Latitud
P1	25.686.431.642	40.575.296.360	W67° 57' 45.22"	S53° 37' 22.16"
P2	25.691.946.018	40.577.815.126	W67° 57' 15.43"	S53° 37' 13.76"
P3	25.694.459.954	40.556.737.417	W67° 57' 00.06"	S53° 38' 21.80"
P4	25.696.033.870	40.557.547.616	W67° 56' 51.56"	S53° 38' 19.11"
P5	25.699.805.182	40.550.631.192	W67° 56' 30.48"	S53° 38' 41.30"
P6	25.707.998.957	40.554.849.054	W67° 55' 46.23"	S53° 38' 27.26"

NOTAS

N°	DESCRIPCIÓN
1.	COORDENADAS PLANAS GAUSS KRUGER WGS 84 FAJA 2.
2.	MEDIDAS EXPRESADAS EN METROS

REVISIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN	EJECUTÓ	REVISÓ	APROBÓ
B	9/11/2022	EMISIÓN PARA APROBACIÓN	CSJ	FPC	SAC
A	4/11/2022	EMISIÓN PARA APROBACIÓN	CSJ	FPC	SAC

Serman & asociados s.a. Consultora

Ing. Mauro Campos
Representante Técnico

Mirgor

PROYECTO: ING-22-044-MIRGOR-Puerto Río Grande

TITULO: Ubicación General

TIPO DE DOCUMENTO: Civil

ESCALA:	ARCHIVO:	DOCUMENTO N°:	FORMATO:	HOJA:03	REV.:
1:5000	22044-PRG-PL-020-RevB.DWG	22044-PRG-PL-020-RevB	A1(594X841)	DE:03	B

LAYOUT | ALTERNATIVA PUERTO RIO GRANDE PRIMERA ETAPA

Escala: 1:5.000

RUTA NACIONAL N°3

Zona de restricción

Gasoducto

Zona de restricción

Feeder | L:172

-8.00

-11.50

-8.00

Zona
De Giro

Talud 1:2

Obra de Abrigo Norte Long.:1335m

-16.0

-14.0

-12.0

-10.0

-8.0

-6.0

-4.0

-2.0

0.0

-8.00

Obra de Abrigo Sur Long.:1135m

Gasoducto

Zona de restricción

Límite Predio

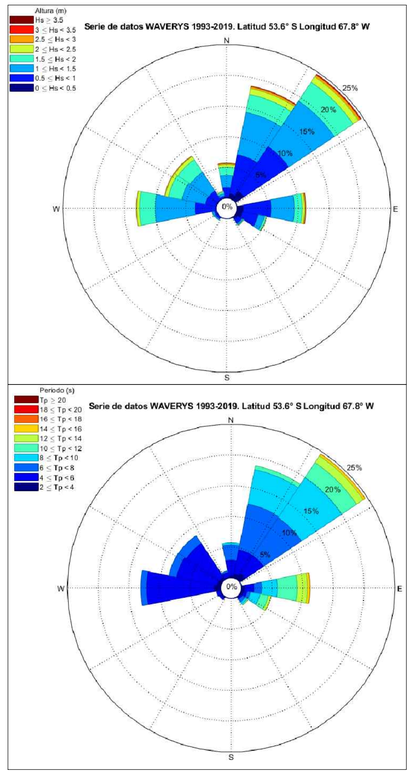
Gasoducto

Línea de costa

Tierra del Fuego

UBICACIÓN GENERAL





REFERENCIAS

BUQUES DE DISEÑO

PORTACONTENEDORES TIPO "FEEDER" L:172 B:28m

Logística Contenedores

Ing. Mauro Campos
Representante Técnico

NOTAS

Nº	DESCRIPCIÓN
1.	COORDENADAS PLANAS GAUSS KRUGER WGS 84 FAJA 2.
2.	COTAS BATIMÉTRICAS REFERIDAS AL NIVEL DE REDUCCIÓN UBICADO, SEGUN MONOGRAFÍA DE HIDROGRAFÍA NAVAL, A 10 METROS POR DEBAJO DE LA MÉNSULA M.O.P. NI 24, INSTALADA EN EL EDIFICIO DE PREFECTURA NAVAL ARGENTINA EN EL PUERTO DE RÍO GRANDE.
3.	MEDIDAS EXPRESADAS EN METROS
4.	BATIMETRÍA EXTRAIDA DEL PLANO TG-221013B

REVISIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN	EJECUTÓ	REVISÓ	APROBÓ
C	09/01/2022	EMISIÓN PARA APROBACIÓN	CSJ	FPC	SAC
B	9/11/2022	EMISIÓN PARA APROBACIÓN	CSJ	FPC	SAC
A	4/11/2022	EMISIÓN PARA APROBACIÓN	CSJ	FPC	SAC

Serman & asociados s.a. Consultora

Mirgor

PROYECTO: ING-22-044-MIRGOR-Puerto Río Grande

TITULO: Layout General-Etapa 1

TIPO DE DOCUMENTO: Civil

ESCALA:	ARCHIVO:	DOCUMENTO N°:	FORMATO:	HOJA:01	REV.:
1:5000	22044-PRG-PL-021-RevC.dwg	22044-PRG-PL-021-RevC	A1(594X841)	DE:03	C

LAYOUT | ALTERNATIVA PUERTO RIO GRANDE PRIMERA ETAPA

Escala: 1:5.000

RUTA NACIONAL N°3

Zona de restricción

Gasoducto

Zona de restricción

Ferry L:160

Feeder L:172

-8.00

-11.50

-8.00

Zona
De Giro

Talud 1:2

Obra de Abrigo Norte Long.:1335m

-8.0

-6.0

-4.0

-2.0

-0.0

-10.0

-12.0

-14.0

-16.0

-8.00

Obra de Abrigo Sur Long.:1135m

Gasoducto

Zona de restricción

Límite Predio

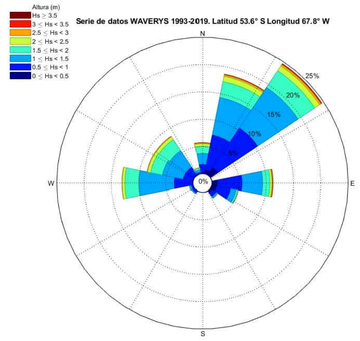
Gasoducto

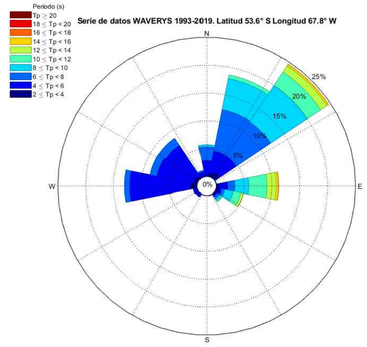
Línea de costa

Tierra del Fuego

UBICACIÓN GENERAL







REFERENCIAS

BUQUES DE DISEÑO

PORTACONTENEDORES TIPO "FEEDER" L:172 B:28m

FERRY L:160m B:25m

Logística Contenedores

Ing. Mauro Campos
Representante Técnico

NOTAS

Nº	DESCRIPCIÓN
1.	COORDENADAS PLANAS GAUSS KRUGER WGS 84 FAJA 2.
2.	COTAS BATIMÉTRICAS REFERIDAS AL NIVEL DE REDUCCIÓN UBICADO, SEGUN MONOGRAFÍA DE HIDROGRAFÍA NAVAL, A 10 METROS POR DEBAJO DE LA MÉNSULA M.O.P. NI 24, INSTALADA EN EL EDIFICIO DE PREFECTURA NAVAL ARGENTINA EN EL PUERTO DE RÍO GRANDE.
3.	MEDIDAS EXPRESADAS EN METROS
4.	BATIMETRÍA EXTRAIDA DEL PLANO TG-221013B

REVISIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN	EJECUTÓ	REVISÓ	APROBÓ
C	09/01/2022	EMISIÓN PARA APROBACIÓN	CSJ	FPC	SAC
B	9/11/2022	EMISIÓN PARA APROBACIÓN	CSJ	FPC	SAC
A	4/11/2022	EMISIÓN PARA APROBACIÓN	CSJ	FPC	SAC

Serman & asociados s.a. Consultora

Mirgor

PROYECTO: ING-22-044-MIRGOR-Puerto Río Grande

TITULO: Layout General-Etapa 1

TIPO DE DOCUMENTO: Civil

ESCALA:	ARCHIVO:	DOCUMENTO N°:	FORMATO:	HOJA:	REV.:
1:5000	22044-PRG-PL-021-RevC.dwg	22044-PRG-PL-021-RevC	A1(594X841)	01 DE:03	C

LAYOUT | ALTERNATIVA PUERTO RIO GRANDE

Escala: 1:5.000

Límite Predio

Gasoducto

Zona de restricción

Zona de restricción

Ferry | L:160

Feeder | L:172

+12.00

-10.50

Obra de Abrigo Norte Long.:1335m

-16.0

-14.0

-12.0

-10.0

-8.0

-6.0

-4.0

-2.0

0.0

Zona
De Giro

-10.50

Gasoducto
Zona de restricción

+12.00

Obra de Abrigo Sur Long.:1135m

Gasero / Portacontenedores
Panamax L:290-315

-14.00

-10.50

+12.00

Gasoducto

Límite Predio

Límite Predio

Línea de costa

E2570500

N4057500

E2570000

E2569500

N4056000

N4055500

E2569000

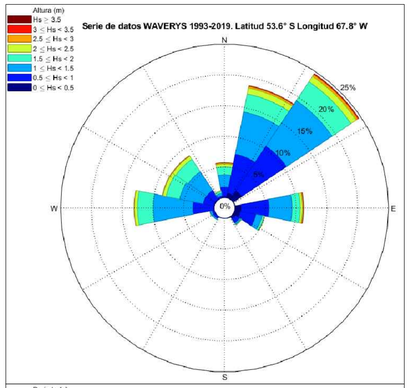
E2568500

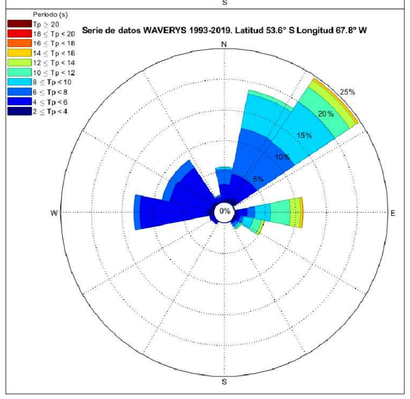
N4055000

Tierra del Fuego

UBICACIÓN GENERAL







REFERENCIAS

BUQUES DE DISEÑO

PANAMAX L:290m B:32m

FERRY L:160m B:25m

Ing. Mauro Campos
Representante Técnico

- Futura Expansión
- Aministración Portuaria
- Logística Contenedores
- Usos Múltiples
- Secciones Transversales

NOTAS

Nº	DESCRIPCIÓN
1.	COORDENADAS PLANAS GAUSS KRUGER WGS 84 FAJA 2.
2.	COTAS BATIMÉTRICAS REFERIDAS AL NIVEL DE REDUCCIÓN UBICADO, SEGUN MONOGRAFÍA DE HIDROGRAFÍA NAVAL, A 10 METROS POR DEBAJO DE LA MÉNSULA M.O.P. NI 24, INSTALADA EN EL EDIFICIO DE PREFECTURA NAVAL ARGENTINA EN EL PUERTO DE RÍO GRANDE.
3.	MEDIDAS EXPRESADAS EN METROS
4.	BATIMETRÍA EXTRAIDA DEL PLANO TG-221013B

REVISIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN	EJECUTÓ	REVISÓ	APROBÓ
C	9/01/2022	EMISIÓN PARA APROBACIÓN	CSJ	FPC	SAC
B	9/11/2022	EMISIÓN PARA APROBACIÓN	CSJ	FPC	SAC
A	4/11/2022	EMISIÓN PARA APROBACIÓN	CSJ	FPC	SAC

Serman & asociados s.a. Consultora

Mirgor

PROYECTO: ING-22-044-MIRGOR-Puerto Río Grande

TITULO: Layout General

TIPO DE DOCUMENTO: Civil

ESCALA:	ARCHIVO:	DOCUMENTO N°:	FORMATO:	HOJA:03	REV.:
1:5000	22044-PRG-PL-021-RevC.dwg	22044-PRG-PL-021-RevC	A1(594X841)	DE:03	C

LAYOUT | ALTERNATIVA PUERTO RIO GRANDE PRIMERA ETAPA

Escala: 1:5.000

RUTA NACIONAL N°3

Zona de restricción

Gasoducto

Zona de restricción

Ferry | L:160

-12 Feeder | L:172

500

250

-8.00

-8.00

400

310

Zona
De Giro

PK +0.00

PK +310

PK +510

Talud 1:5

Talud 1:5

Talud 1:2

Obra de Abrigo Norte Long.:1335m

Canal de Acceso

360

PK +1430

160

-8.00

Zona sin
Dragado

Zona sin
Dragado

-16.0

-14.0

-12.0

-10.0

-8.0

-6.0

-4.0

-2.0

0.0

Dirección Olas NE

Dirección Vientos Predominantes O

Obra de Abrigo Sur Long.:1135m

Línea de costa

Límite Predio

Gasoducto

Zona de restricción

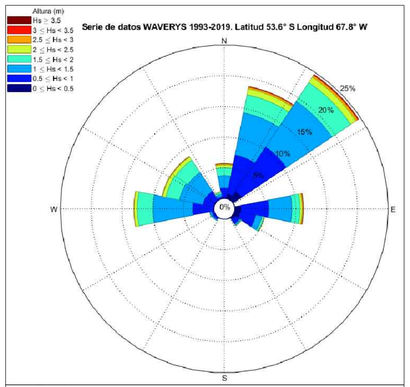
Gasoducto

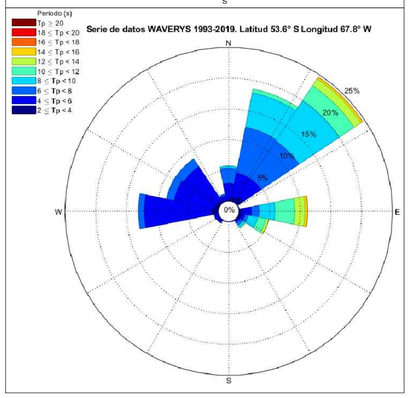
Zona de restricción

Tierra del Fuego

UBICACIÓN GENERAL







REFERENCIAS

BUQUES DE DISEÑO

PORTACONTENEDORES TIPO "FEEDER" L:172 B:28m

FERRY L:160m B:25m

Logística Contenedores

NOTAS

Nº	DESCRIPCIÓN
1.	COORDENADAS PLANAS GAUSS KRUGER WGS 84 FAJA 2.
2.	COTAS BATIMÉTRICAS REFERIDAS AL NIVEL DE REDUCCIÓN UBICADO, SEGUN MONOGRAFÍA DE HIDROGRAFÍA NAVAL, A 10 METROS POR DEBAJO DE LA MÉNSULA M.O.P. NI 24, INSTALADA EN EL EDIFICIO DE PREFECTURA NAVAL ARGENTINA EN EL PUERTO DE RÍO GRANDE.
3.	MEDIDAS EXPRESADAS EN METROS
4.	BATIMETRÍA EXTRAIDA DEL PLANO TG-221013B

REVISIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN	EJECUTÓ	REVISÓ	APROBÓ
C	06/01/2023	EMISIÓN PARA APROBACIÓN	CSJ	FPC	SAC
B	29/22/2022	EMISIÓN PARA APROBACIÓN	CSJ	FPC	SAC
A	4/11/2022	EMISIÓN PARA APROBACIÓN	CSJ	FPC	SAC

Serman & asociados s.a. Consultora

Ing. Mauro Campos
Representante Técnico

Mirgor

PROYECTO: ING-22-044-MIRGOR-Puerto Río Grande

TITULO: Canal de acceso y zonas náuticas - Planta- Etapa 1

TIPO DE DOCUMENTO: Civil

ESCALA:	ARCHIVO:	DOCUMENTO N°:	FORMATO:	HOJA:01	REV.:
1:5000	22044-PRG-PL-022-RevB.dwg	22044-PRG-PL-022-RevB	A1(594X841)	DE:02	C

LAYOUT | ALTERNATIVA PUERTO RIO GRANDE

Escala: 1:5.000

-16.0
-14.0
-12.0
-10.0
-8.0
-6.0
-4.0
-2.0
0.0

Dirección Olas NE

Escollera Norte Long.:1335m

Zona sin Dragado

360
220

Canal de Acceso Long.:1250m

Talud 1:5

Zona de Frenado

-10.50

Ferry | L:160

-15.00

Feeder | L:172

397
250

Zona De Giro

570
730

-10.50

Talud 1:5

Zona sin Dragado

Escollera Sur Long.:1135m

ción Vientos Predominantes O

-14.00

Gasero ó Portacontenedores Panamax | L:290-315

-10.50

435
335

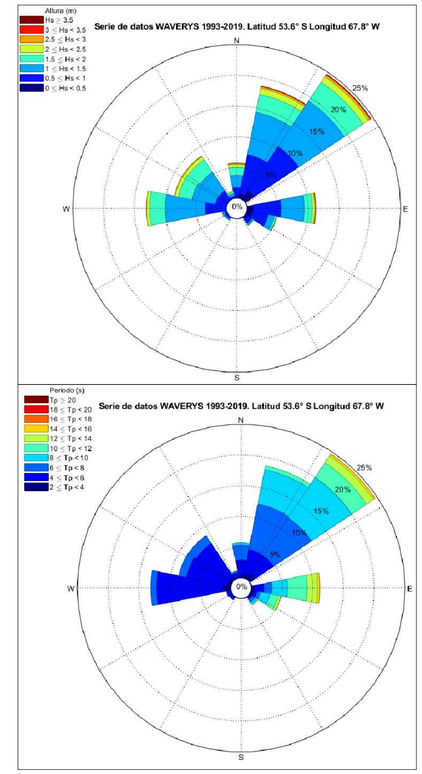
Límite Predio

Línea

Tierra del Fuego

UBICACIÓN GENERAL





REFERENCIAS

BUQUES DE DISEÑO

PANAMAX L:290m B:32m

FERRY L:160m B:25m

NOTAS

Nº	DESCRIPCIÓN
1.	COORDENADAS PLANAS GAUSS KRUGER WGS 84 FAJA 2.
2.	COTAS BATIMÉTRICAS REFERIDAS AL NIVEL DE REDUCCIÓN UBICADO, SEGUN MONOGRAFÍA DE HIDROGRAFÍA NAVAL, A 10 METROS POR DEBAJO DE LA MÉNSULA M.O.P. NI 24, INSTALADA EN EL EDIFICIO DE PREFECTURA NAVAL ARGENTINA EN EL PUERTO DE RÍO GRANDE.
3.	MEDIDAS EXPRESADAS EN METROS
4.	BATIMETRÍA EXTRAIDA DEL PLANO TG-221013B

REVISIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN	EJECUTÓ	REVISÓ	APROBÓ
C	06/01/2023	EMISIÓN PARA APROBACIÓN	CSJ	FPC	SAC
B	29/22/2022	EMISIÓN PARA APROBACIÓN	CSJ	FPC	SAC
A	4/11/2022	EMISIÓN PARA APROBACIÓN	CSJ	FPC	SAC

Serman & asociados s.a. Consultora

Ing. Mauro Campos
Representante Técnico

Mirgor

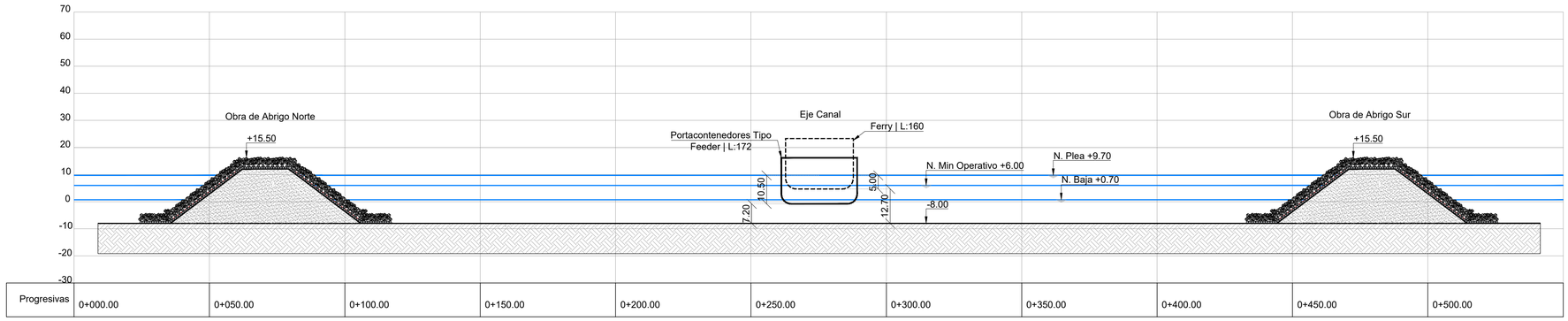
PROYECTO: ING-22-044-MIRGOR-Puerto Río Grande

TITULO: Canal de acceso y zonas náuticas - Planta- Etapa 2

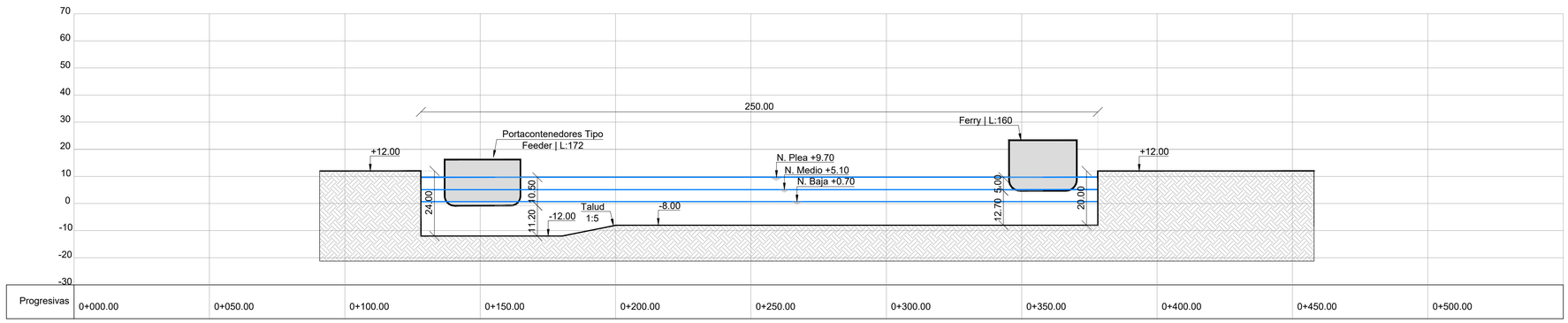
TIPO DE DOCUMENTO: Civil

ESCALA:	ARCHIVO:	DOCUMENTO N°:	FORMATO:	HOJA:02	REV.:
1:5000	22044-PRG-PL-022-RevB.dwg	22044-PRG-PL-022-RevB	A1(594X841)	DE:02	C

Sección Canal de Acceso 1-1



Sección Dársena Norte 2-2



Tierra del Fuego

UBICACIÓN GENERAL



REFERENCIAS

BUQUES DE DISEÑO

PORTACONTENEDORES TIPO "FEEDER" L:172 B:28m

FERRY L:160m B:25m

Ing. Mauro Campos
Representante Técnico

NOTAS

Nº	DESCRIPCIÓN
1.	COORDENADAS PLANAS GAUSS KRUGER WGS 84 FAJA 2.
2.	COTAS BATIMÉTRICAS REFERIDAS AL NIVEL DE REDUCCIÓN UBICADO, SEGUN MONOGRAFÍA DE HIDROGRAFÍA NAVAL, A 10 METROS POR DEBAJO DE LA MÉNSULA M.O.P. NI 24, INSTALADA EN EL EDIFICIO DE PREFECTURA NAVAL ARGENTINA EN EL PUERTO DE RÍO GRANDE.
3.	MEDIDAS EXPRESADAS EN METROS
4.	BATIMETRÍA EXTRAIDA DEL PLANO TG-221013B

REVISIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN	EJECUTÓ	REVISÓ	APROBÓ
C	06/01/2023	EMISIÓN PARA APROBACIÓN	CSJ	FPC	SAC
B	9/11/2022	EMISIÓN PARA APROBACIÓN	CSJ	FPC	SAC
A	4/11/2022	EMISIÓN PARA APROBACIÓN	CSJ	FPC	SAC

Serman & asociados s.a. Consultora

Mirgor

PROYECTO: ING-22-044-MIRGOR-Puerto Río Grande

TITULO: Canal de acceso y zonas náuticas - Secciones transversales

TIPO DE DOCUMENTO: Civil

ESCALA:	ARCHIVO:	DOCUMENTO N°:	FORMATO:	HOJA:01	REV.:
1:1000	22044-PRG-PL-023-RevB.Dwg	22044-PRG-PL-023-RevB	A1(594X841)	DE:01	C

LAYOUT | ALTERNATIVA PUERTO RIO GRANDE PRIMERA ETAPA

Escala: 1:5.000

RUTA NACIONAL N°3

Zona de restricción

Gasoducto

Zona de restricción

Ferry L:160

Feeder L:172

-8.00

500

250

-11.50

-8.00

400

310

Zona
De Giro

Talud 1:2

Talud 1:5

Acrópodos 8m3

Acrópodos 10m3

Obra de Abrigo Norte Long.:1335m

70

48

-8.0

-6.0

-4.0

-2.0

-0.0

Zona sin
Dragado

Canal de Acceso
Long.:1120m

160

350

Talud 1:5

Zona de Frenado

-8.00

Zona sin
Dragado

81

Acrópodos 10m3

-16.0

-14.0

-12.0

-10.0

Obra de Abrigo Sur Long.:1135m

Acrópodos 8m3

Gasoducto

Zona de restricción

Límite Predio

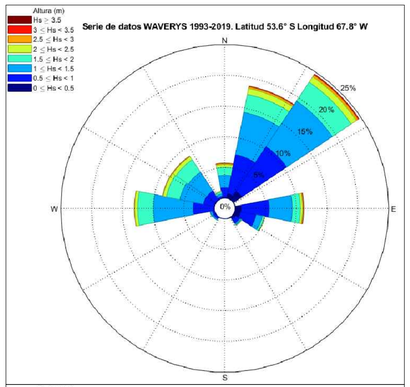
Gasoducto

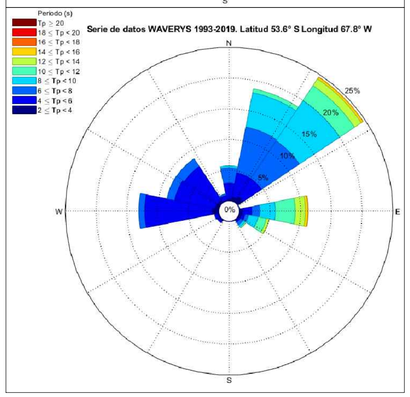
Línea de costa

Tierra del Fuego

UBICACIÓN GENERAL







REFERENCIAS

BUQUES DE DISEÑO

PORTACONTENEDORES TIPO "FEEDER" L:172 B:28m

FERRY L:160m B:25m

Logística Contenedores

NOTAS

Nº	DESCRIPCIÓN
1.	COORDENADAS PLANAS GAUSS KRUGER WGS 84 FAJA 2.
2.	COTAS BATIMÉTRICAS REFERIDAS AL NIVEL DE REDUCCIÓN UBICADO, SEGUN MONOGRAFÍA DE HIDROGRAFÍA NAVAL, A 10 METROS POR DEBAJO DE LA MÉNSULA M.O.P. NI 24, INSTALADA EN EL EDIFICIO DE PREFECTURA NAVAL ARGENTINA EN EL PUERTO DE RÍO GRANDE.
3.	MEDIDAS EXPRESADAS EN METROS
4.	BATIMETRÍA EXTRAIDA DEL PLANO TG-221013B

REVISIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN	EJECUTÓ	REVISÓ	APROBÓ
A	29/11/2022	EMISIÓN PARA APROBACIÓN	CSJ	FPC	SAC

Serman & asociados s.a. Consultora

Ing. Mauro Campos
Representante Técnico

Mirgor

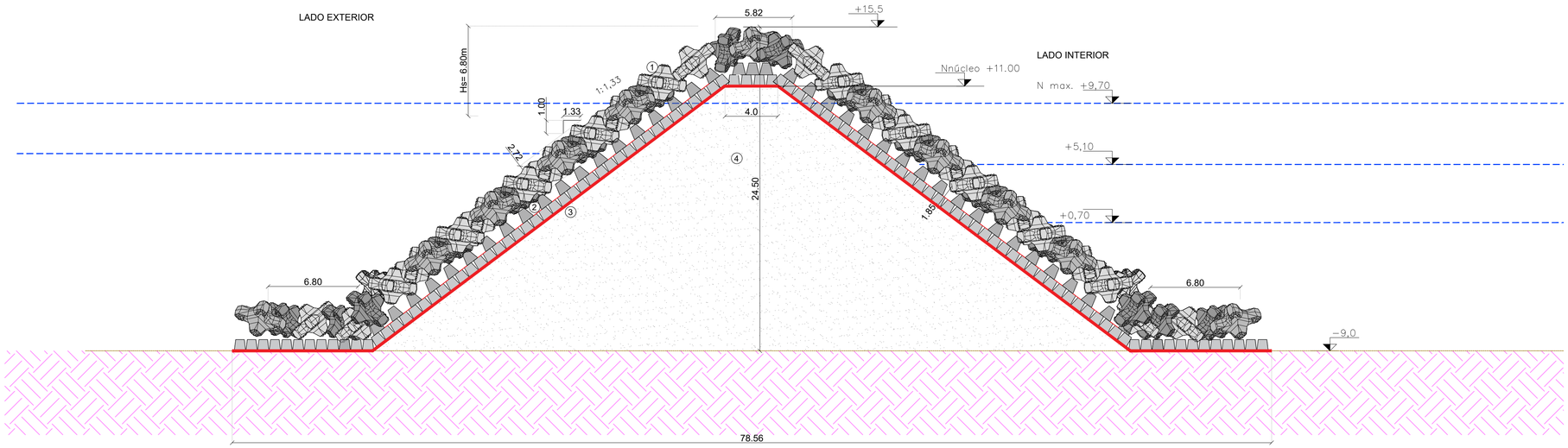
PROYECTO: ING-22-044-MIRGOR-Puerto Río Grande

TITULO: Obras de abrigo - Planta

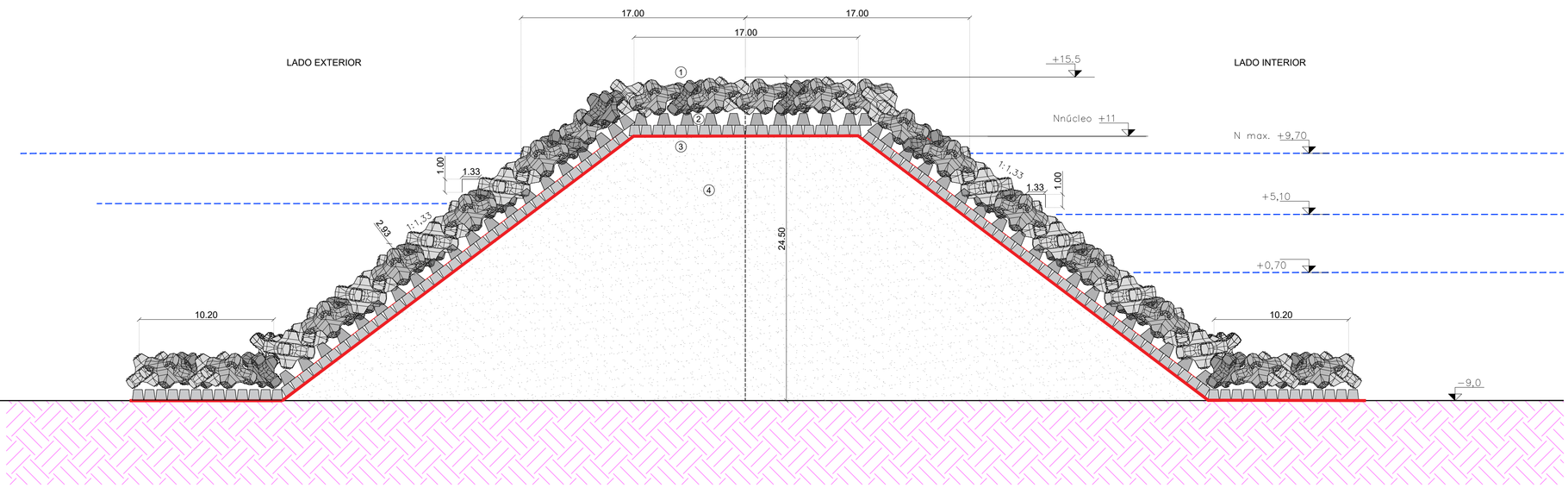
TIPO DE DOCUMENTO: Civil

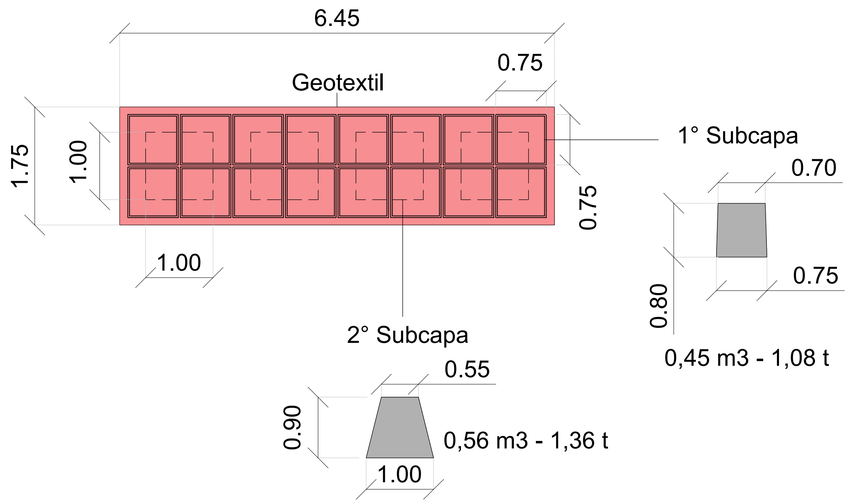
ESCALA:	ARCHIVO:	DOCUMENTO N°:	FORMATO:	HOJA:01	REV.:
1:5000	22044-PRG-PL-024-RevA.dwg	22044-PRG-PL-024-RevA	A1(594X841)	DE:01	A

TRONCO

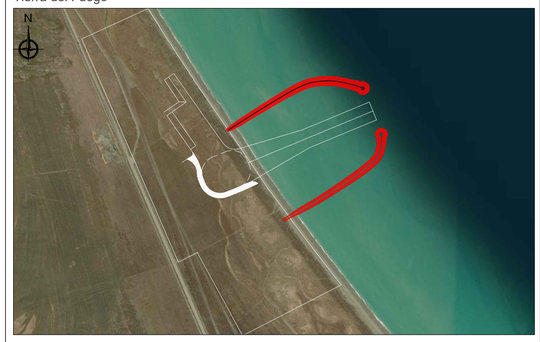


MORRO





Tierra del Fuego



NOTAS

Nº	DESCRIPCIÓN
1.	COORDENADAS PLANAS GAUSS KRUGER WGS 84 FAJA 2.
2.	COTAS BATIMÉTRICAS REFERIDAS AL NIVEL DE REDUCCIÓN UBICADO, SEGUN MONOGRAFÍA DE HIDROGRAFÍA NAVAL, A 10 METROS POR DEBAJO DE LA MÉNSULA M.O.P. NI 24, INSTALADA EN EL EDIFICIO DE PREFECTURA NAVAL ARGENTINA EN EL PUERTO DE RÍO GRANDE.
3.	MEDIDAS EXPRESADAS EN METROS
4.	BATIMETRÍA EXTRAIDA DEL PLANO TG-221013B

REVISIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN	EJECUTÓ	REVISÓ	APROBÓ
B	05/01/2022	EMISIÓN PARA APROBACIÓN	CSJ	FPC	SAC
A	4/11/2022	EMISIÓN PARA APROBACIÓN	CSJ	FPC	SAC

Serman & asociados s.a. Consultora

Ing. Mauro Campos
Representante Técnico

Mirgor

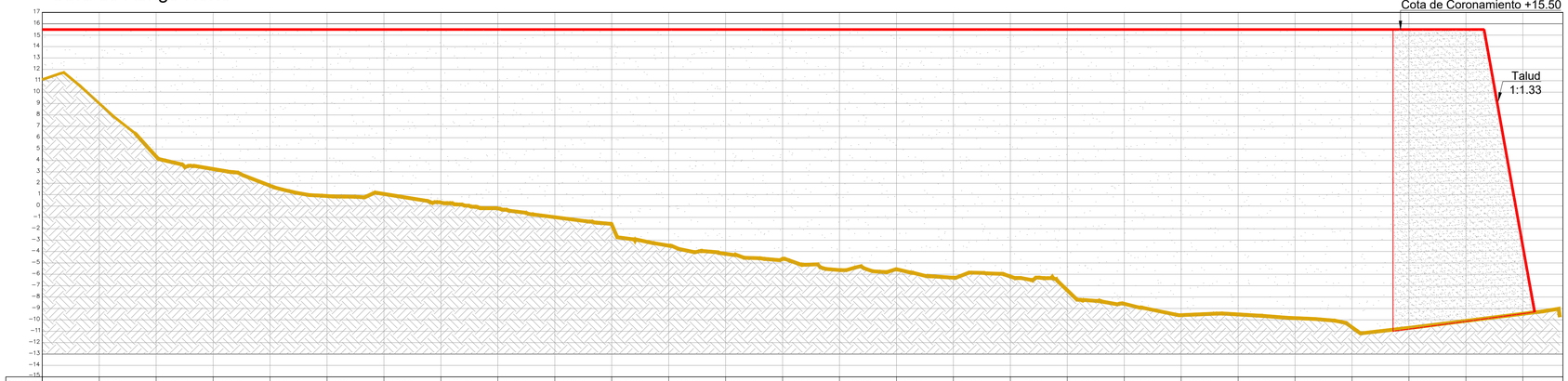
PROYECTO: ING-22-044-MIRGOR-Puerto Río Grande

TITULO: Obras de abrigo - Secciones transversales

TIPO DE DOCUMENTO: Civil

ESCALA:	ARCHIVO:	DOCUMENTO N°:	FORMATO:	HOJA:01	REV.:
1:200	22044-PRG-PL-025-RevA.Dwg	22044-PRG-PL-025-RevA	A1(594X841)	DE:02	B

Obra de Abrigo Norte



Progresivas	0+000.00	0+050.00	0+100.00	0+150.00	0+200.00	0+250.00	0+300.00	0+350.00	0+400.00	0+450.00	0+500.00	0+550.00	0+600.00	0+650.00	0+700.00	0+750.00	0+800.00	0+850.00	0+900.00	0+950.00	1+000.00	1+050.00	1+100.00	1+150.00	1+200.00	1+250.00	1+300.00
CotaTN	11.10	9.01	4.34	3.24	1.78	0.87	1.06	0.30	−0.22	−1.47	−1.62	−3.49	−4.20	−4.64	−5.63	−5.56	−6.30	−6.19	−7.41	−8.59	−8.91	−9.52	−9.84	−10.66	−10.70	−10.09	−9.47

Obra de Abrigo Sur



Progresivas	0+000.00	0+050.00	0+100.00	0+150.00	0+200.00	0+250.00	0+300.00	0+350.00	0+400.00	0+450.00	0+500.00	0+550.00	0+600.00	0+650.00	0+700.00	0+750.00	0+800.00	0+850.00	0+900.00	0+950.00	1+000.00	1+050.00	1+100.00	1+150.00	1+200.00
CotaTN	9.70	11.11	8.50	4.16	2.48	1.80	1.27	0.48	−0.18	−0.76	−1.34	−2.06	−6.41	−3.22	−5.39	−6.24	−4.80	−5.26	−6.34	−7.02	−7.82	−9.36	−11.11	−12.76	−12.16

Tierra del Fuego



REFERENCIAS

BUQUES DE DISEÑO

PORTACONTENEDORES TIPO "FEEDER" L:172 B:28m

FERRY L:160m B:25m

NOTAS

Nº	DESCRIPCIÓN
1.	COORDENADAS PLANAS GAUSS KRUGER WGS 84 FAJA 2.
2.	COTAS BATIMÉTRICAS REFERIDAS AL NIVEL DE REDUCCIÓN UBICADO, SEGUN MONOGRAFÍA DE HIDROGRAFÍA NAVAL, A 10 METROS POR DEBAJO DE LA MÉNSULA M.O.P. NI 24, INSTALADA EN EL EDIFICIO DE PREFECTURA NAVAL ARGENTINA EN EL PUERTO DE RÍO GRANDE.
3.	MEDIDAS EXPRESADAS EN METROS
4.	BATIMETRÍA EXTRAIDA DEL PLANO TG-221013B

REVISIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN	EJECUTÓ	REVISÓ	APROBÓ
A	24/11/2022	EMISIÓN PARA APROBACIÓN	CSJ	FPC	SAC

Serman & asociados s.a. Consultora

Ing. Mauro Campos
Representante Técnico

Mirgor

PROYECTO: ING-22-044-MIRGOR-Puerto Río Grande

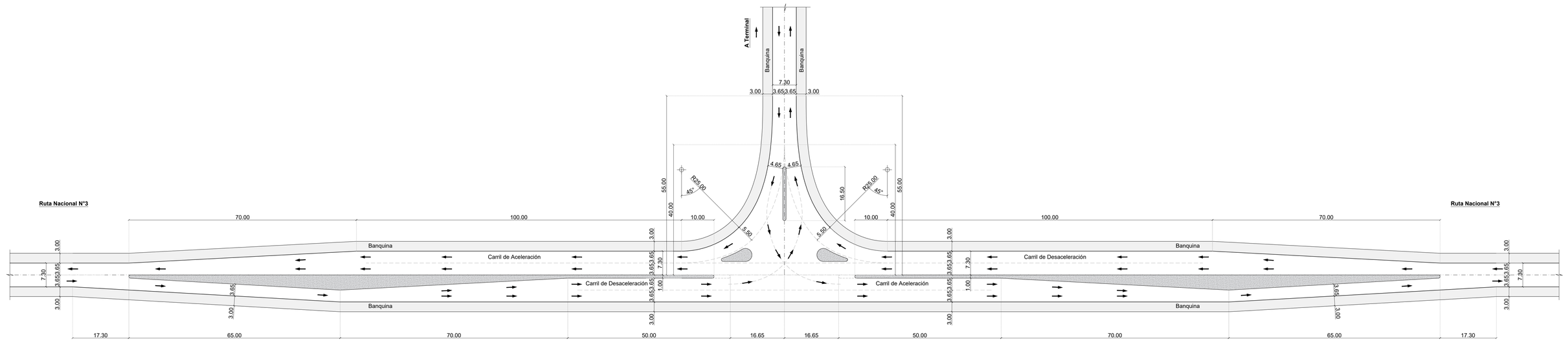
TITULO: Obras de abrigo - Secciones transversales

TIPO DE DOCUMENTO: Civil

ESCALA:	ARCHIVO:	DOCUMENTO N°:	FORMATO:	HOJA:02	REV.:
1:2500	22044-PRG-PL-025-RevA.Dwg	22044-PRG-PL-025-RevA	A1(594X841)	DE:02	B

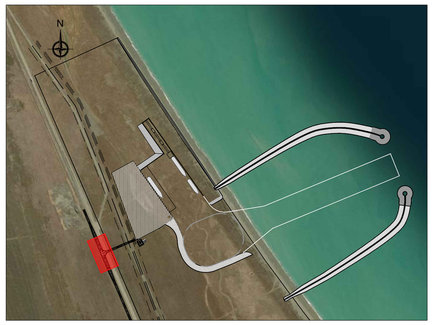
PLANIMETRÍA DE INTERSECCIÓN

Escala:1:500



UBICACIÓN GENERAL





REFERENCIAS	
Nº	PLANO
	Pavimento Asfáltico.
	Banquinas de Pasto.
	Isletas con relleno de H°A° (e: 0.15m) detras de cordones emegentes.
	Dirección vehicular posible según carril.
	Ejes de caminos.

NOTAS	
Nº	DESCRIPCIÓN
1.	Coordenada Planas Gauss-Kruger – Faja 2 – Datum WGS'84
2.	Todas las medidas están indicadas en metros, salvo indicación contraria.

REVISIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN	EJECUTÓ	REVISÓ	APROBÓ
B	05/01/2022	EMISIÓN PARA APROBACIÓN	CAA/MDS	MAA	MAA
A	25/11/2022	EMISIÓN PARA APROBACIÓN	CAA / MDS	MAA	MAA

Serman & asociados s.a. Consultores

Ing. Mauro Campos
Representante Técnico

Mirgor

PROYECTO: ING-22-044-MIRGOR-Puerto Río Grande

TITULO: INTERSECCIÓN CON LA RN3

TIPO DE DOCUMENTO: PLANIMETRÍA

ESCALA:	ARCHIVO:	DOCUMENTO N°:	FORMATO:	HOJA:01	REV.:
1:500	22044-PRG-PL-032-RevA.dwg	22044-PRG-PL-032-RevA	A1+1m(594x1026)	DE: 01	B

LAYOUT GENERAL DEL PUERTO RÍO GRANDE

Escala: 1:5000



UBICACIÓN GENERAL



REFERENCIAS	
Nº	DOCUMENTO
1. 22044-PRG-PL-032-RevA - Intersección con la RN3	
2. PLANO	

NOTAS	
Nº	DESCRIPCIÓN
1. Coordenada Planas Gauss-Kruger – Faja 2 – Datum WGS'84	
2. Todas las medidas están indicadas en metros, salvo indicación contraria.	

REVISIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN	EJECUTÓ	REVISÓ	APROBÓ
B	05/01/2023	EMISIÓN PARA APROBACIÓN	CSJ / MDS	FPC	SAC
A	29/11/2022	EMISIÓN PARA APROBACIÓN	CSJ / MDS	FPC	SAC

Serman & asociados s.a. Consultora

Ing. Mauro Campos
Representante Técnico

PROYECTO: ING-22-044-MIRGOR-Puerto Río Grande

TITULO: Ubicación General

TIPO DE DOCUMENTO: PLANIMETRÍA

ESCALA:	ARCHIVO:	DOCUMENTO N°:	FORMATO:	HOJA:01	REV.:
1:5000	22044-PRG-PL-020-RevA.DWG	22044-PRG-PL-020-RevA	A1(594X841)	DE: 02	B

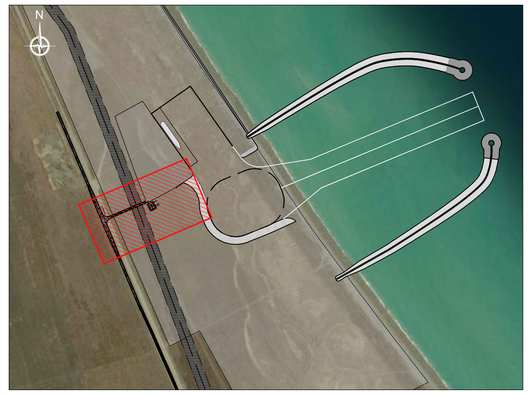
LAYOUT - ZONA DE EDIFICIO DE ADMINISTRACIÓN Y TERMINAL DE CONTENEDORES

Escala: 1.750



UBICACIÓN GENERAL





REFERENCIAS

Nº	DOCUMENTO
1.	22044-PRG-PL-032-RevA - Intersección con la RN3

NOTAS

Nº	DESCRIPCIÓN
1.	Coordenada Planas Gauss-Kruger – Faja 2 – Datum WGS'84
2.	Todas las medidas están indicadas en metros, salvo indicación contraria.

REVISIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN	EJECUTÓ	REVISÓ	APROBÓ
A	29/11/2022	EMISIÓN PARA APROBACIÓN	CSJ / MDS	MAA	MAA

Serman & asociados s.a. Consultora

Ing. Mauro Campos
Representante Técnico

PROYECTO: ING-22-044-MIRGOR-Puerto Río Grande

TITULO: ZONA DE EDIFICIO DE ADMINISTRACIÓN Y TERMINAL DE CONTENEDORES

TIPO DE DOCUMENTO: PLANIMETRÍA

ESCALA:	ARCHIVO:	DOCUMENTO N°:	FORMATO:	HOJA:02	REV.:
1:750	22044-PRG-PL-033-RevA.DWG	22044-PRG-PL-033-RevA	A1(594X841)	DE: 02	B