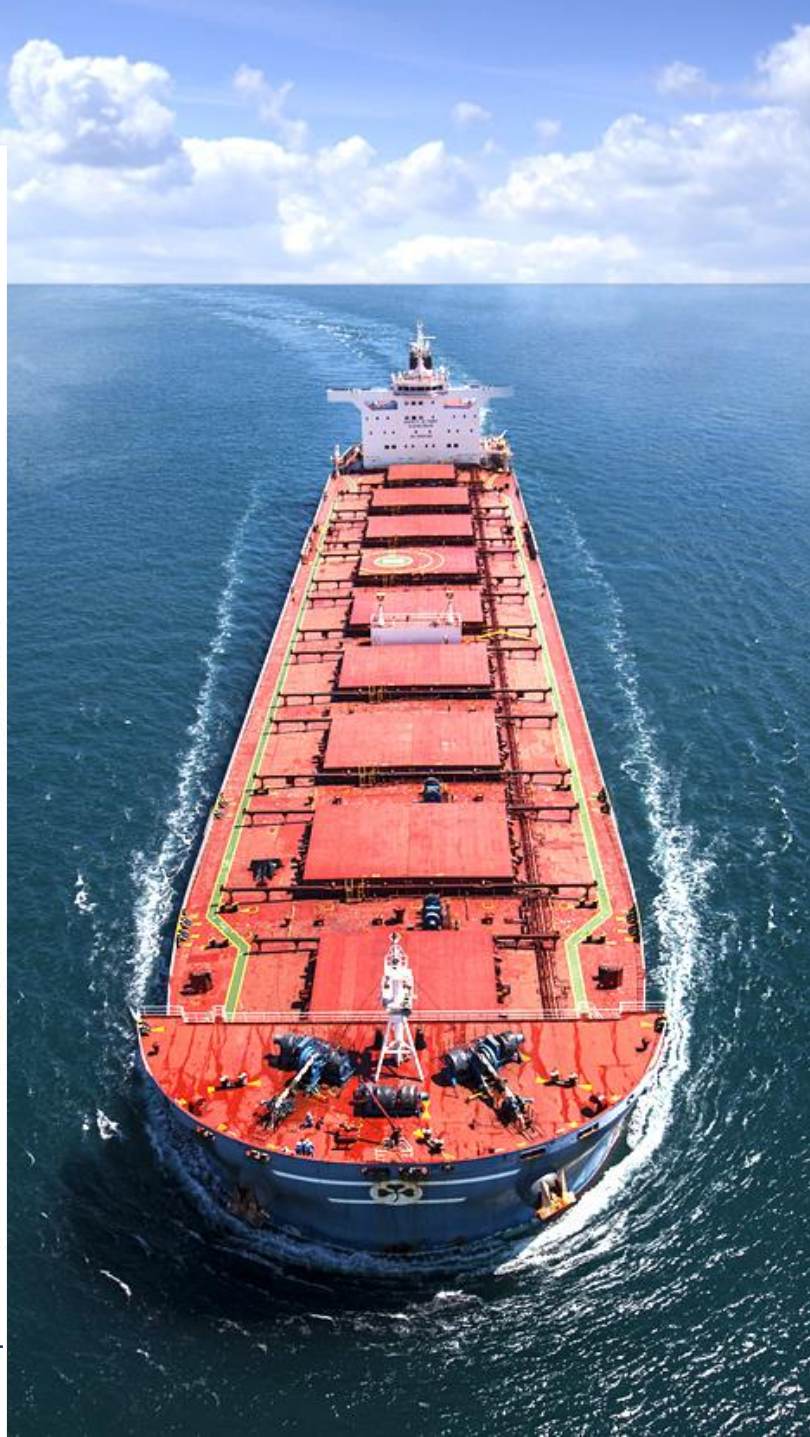


# ESTUDIOS TÉCNICOS Y ECONÓMICOS SOBRE EL CANAL MAGDALENA



Noviembre de 2021  
ING-21-021. REV.3



Sistemas de gestión  
certificados por IRAM

IRAM - ISO 9001:2015  
IRAM - ISO 14001:2015  
IRAM - ISO 45001:2018

## Informe Final



Contenido

1	INTRODUCCION.....	11
1.1	DESAFIOS.....	12
2	BASES PARA EL ESTUDIO.....	13
2.1	DISEÑO.....	13
2.2	Hipótesis de trabajo.....	13
3	ESTUDIOS TECNICOS.....	14
3.1	RECOPIACION Y ANALISIS DE ANTECEDENTES.....	14
3.2	CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA.....	32
3.2.1	ASPECTOS MORFOLÓGICOS Y GEOLÓGICOS-GEOTÉCNICOS.....	32
3.2.2	ASPECTOS SEDIMENTOLÓGICOS E HIDRODINÁMICOS.....	47
3.2.3	ASPECTOS METEOROLÓGICOS.....	56
3.3	ESTUDIOS DE SEDIMENTACION.....	61
3.3.1	Sedimentación en el Canal Punta Indio.....	61
3.3.2	Sedimentación en el Canal Magdalena.....	62
3.4	ANALISIS DEL DISEÑO GEOMETRICO DEL CANAL.....	65
3.4.1	Aspectos generales.....	65
3.4.2	Recomendaciones Generales para el ancho de Canales.....	67
3.4.3	Condiciones para la Navegación.....	71
3.4.4	Señalización.....	71
3.5	VOLUMENES DRAGADO DE APERTURA.....	74
3.5.1	Condiciones de base.....	74
3.5.2	Canal Magdalena.....	74
3.5.3	Canal Punta Indio.....	77
3.5.4	Comparación de volúmenes entre Punta Indio y Canal Magdalena.....	90
3.5.5	Conclusiones.....	93
3.6	INGENIERIA DE DRAGADO.....	93
3.6.1	Volúmenes de cálculo.....	93
3.6.1	Metodologías de trabajo.....	96
3.6.2	Equipamiento de dragado.....	97
3.6.3	Áreas de Vertido.....	115
3.6.4	Rendimientos y producciones.....	117
3.6.5	Costo de las obras.....	120
4	ESTUDIOS AMBIENTALES.....	124
4.1	INTRODUCCION.....	124
4.2	REVISION EIA ANTECEDENTE.....	125

4.2.1	Principales Impactos Ambientales.....	125
4.2.2	Clasificación del material a dragar.....	126
4.2.3	Análisis de las plumas de sedimentos en suspensión .....	127
4.3	ACTUALIZACIÓN DE LA NORMATIVA AMBIENTAL .....	128
4.4	REQUERIMIENTOS RES. SAYDS 416/2015 .....	129
4.4.1	PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL DEL CANAL DE NAVEGACIÓN MAGDALENA .....	130
4.4.2	CONCLUSIONES AL ANALISIS DEL EIA .....	135
5	ESTUDIOS DE DEMANDA Y TRÁFICO .....	136
5.1	Tráficos actuales.....	136
5.2	Densidad de tráfico .....	137
5.3	Rutas y tiempos de viaje .....	141
5.3.1	Caso 1: Buques Graneleros.....	141
5.3.2	Caso 2: Buques Tanques.....	143
5.3.3	Caso 3: Buques Portacontenedores .....	144
5.3.4	Caso 4: Cruceros .....	145
6	ESTUDIOS ECONOMICOS Y FINANCIEROS.....	147
6.1	Alternativas analizadas .....	147
6.2	Estimación de los beneficios .....	147
6.2.1	Proyección de las cargas.....	147
6.2.2	Movimiento de buques clasificados por origen y destino .....	149
6.2.3	Tiempos de navegación en las situaciones sin y con proyecto.....	152
6.2.4	Costos de navegación en las situaciones sin y con proyecto.....	153
6.2.5	Costo medio diario del buque según el destino .....	156
6.2.6	Ahorro de costos de navegación .....	157
6.2.7	Proyección del beneficio .....	158
6.3	Estimación de los costos .....	158
6.3.1	Inversión y mantenimiento del Canal Punta Indio .....	158
6.3.2	Inversión y mantenimiento del Canal Magdalena .....	158
6.4	Flujo de Fondos .....	159
6.4.1	Escenario 1: Reemplazo del Canal Punta Indio por el Canal Magdalena.....	159
6.4.2	Escenario 2: Existencia de Canal Punta Indio y Canal Magdalena .....	160
6.5	Conclusión.....	161
6.6	TARIFA DE EQUILIBRIO .....	164
6.6.1	Criterio de distribución del costo total entre los diferentes usuarios (el concepto de TRN equivalente (TRNe) 164	
6.6.2	Estructura tarifaria .....	165
6.6.3	Estimación del TRN equivalente a partir de la base del movimiento de buques suministrada .....	166
6.6.4	Proyección del TRN equivalente (TRNe) .....	166

6.6.5	Estimación del peaje de equilibrio financiero .....	167
6.6.6	Flujo de fondos para Canal Magdalena en 34 pies finales .....	168
7	ESTUDIOS LEGALES .....	171
7.1	Objetivo y alcance .....	171
7.2	Antecedentes .....	171
8	CONCLUSIONES.....	175
8.1	Diseño .....	175
8.2	Enfoque técnico .....	176
8.3	Análisis económico.....	177
APENDICE 1 .	FLUJO DE FONDOS.....	178
APENDICE 2 .	ANALISIS DE DISTRIBUCIÓN DE CARGAS, DIFERENCIANDO GRANOS DE HARINAS .....	180
APENDICE 3 .	AHORRO DE TIEMPO DE NAVEGACION .....	188
APENDICE 4 .	AHORRO DE COSTO DE NAVEGACION .....	191

## TABLA DE FIGURAS

<i>Figura 1: Mapa geológico –morfológico regional del Río de la Plata, delta del Paraná y ambientes asociados</i>	
<i>Fuente: tomado de: Violante, Cavallotto y Kandus, 2008.</i>	33
<i>Figura 2: Unidades morfológicas del Río de la Plata</i>	
<i>Fuente: tomado de: FREPLATA, 2004</i>	35
<i>Figura 3: Registro acústico que muestra la expresión morfológica de la Barra del Indio y la superposición de los niveles transparentes que convergen en el borde de la misma sobreponiéndose a las arenas transgresivas</i>	
<i>Fuente: tomado de: Parker y López Laborde, 1989.</i>	36
<i>Figura 4: Perfiles estratigráfico “Delta del Paraná – Barra Del Indio” y “Punta Piedras – Barranca de San Gregorio”.</i>	
<i>Fuente: Parker, 1985, 1990.</i>	37
<i>Figura 5: Traza del relevamiento sismo – batimétrico.</i>	
<i>Fuente: Ezcurra &amp; Schmidt SA (2015)</i>	38
<i>Figura 6: Puntos de muestro de suelos (“Vibrocorer”), planificados y realizados.</i>	
<i>Fuente: Ezcurra &amp; Schmidt SA (2015).</i>	39
<i>Figura 7: Ubicación de los puntos de muestreo de suelos (“Piston corer”).</i>	
<i>Fuente: Ezcurra &amp; Schmidt SA (2014):</i>	40
<i>Figura 8: Perfil geológico esquemático correspondiente al eje del nuevo canal.</i>	
<i>Fuente: Ezcurra &amp; Schmidt SA (2015)</i>	41
<i>Figura 9: Reinterpretación en función de las características de los materiales (blandos y muy blandos / moderadamente duros a muy duros) del perfil estratigráfico propuesto por Escurra y Schmidt SA (2015).</i>	41
<i>Figura 10: Variación de las características de los materiales (blando y muy blando / moderadamente duro a muy duro) con la profundidad de la muestra en función de la resistencia a la penetración (kg/cm2).</i>	
<i>Fuente: elaboración propia.</i>	42
<i>Figura 11: Variación de las características de los materiales (blando y muy blando / moderadamente duro a muy duro) con la profundidad de la muestra en función de la resistencia al corte (kg/cm2).</i>	
<i>Fuente: elaboración propia.</i>	43
<i>Figura 12: Traza del canal propuesto y relevamientos realizados por Hidrovía SA (1998, 1999)</i>	44
<i>Figura 13: Canal Magdalena: Alternativas 1 y 2.</i>	
<i>Fuente: Hidrovía 98/99.</i>	45
<i>Figura 14: Volúmenes dragados en el Canal Punta Indio durante la concesión de la VNT (1995-2019) indicados por Draga empleada.</i>	46
<i>Figura 15: Sitios de muestreo de agua y sedimentos. Campaña 13-14 de octubre de 2014.</i>	
<i>Fuente: EIA Serman 2015.</i>	49
<i>Figura 16: Rango de salinidad en la traza del Canal Magdalena.</i>	
<i>Fuente: EIA Serman 2015.</i>	49
<i>Figura 17: Rango de turbidez en la traza del Canal Magdalena.</i>	
<i>Fuente: EIA Serman 2015.</i>	50
<i>Figura 18: Función corriente del transporte de masa residual en escala submareal (en miles de m<sup>3</sup>/s) en el Río de la Plata y un detalle para la Bahía Samborombón para una descarga continental de 20.000 m<sup>3</sup>/s en ausencia de vientos. La magnitud del transporte entre dos isolíneas es igual a la diferencia entre sus valores asociados.</i>	
<i>Adaptado de Simionato et al. (2004)</i>	51
<i>Figura 19: Campos de corrientes (m/s) instantáneos en la capa de fondo (panel izquierdo) y en la capa superficial (panel derecho) durante una condición de tormenta.</i>	
<i>Fuente: Fossati 2013.</i>	52
<i>Figura 20: Ejemplo de campo de velocidades instantáneo.</i>	
<i>Fuente: elaboración propia con MyOcean. Copernicus.</i>	52
<i>Figura 21: Rosa de velocidad y dirección de las corrientes en el Km 157 (interior): 35°15'S, 56° 55'O.</i>	
<i>Fuente: elaboración propia.</i>	53
<i>Figura 22: Rosa de velocidad y dirección de las corrientes en el Km 175 (medio): 35°20'S 56° 45'O.</i>	
<i>Fuente: elaboración propia.</i>	54
<i>Figura 23: Rosa de velocidad y dirección de las corrientes en el Km 194 (exterior): 35°30'S 56° 40'O.</i>	
<i>Fuente: elaboración propia.</i>	55
<i>Figura 24: Puntos de referencia tomados para el análisis estadísticos del clima de olas, sobre la base global Waverys.</i>	
<i>Fuente: elaboración propia.</i>	56

Figura 25: Grafico de comparación de recurrencias de oleaje tomados in situ (olígrafo HDRV) vs la base global Waverys. Fuente: elaboración propia.	57
Figura 26: Rosas de altura de olas en los Km 150, 180 y 204, respectivamente. Fuente: elaboración propia.	59
Figura 27: Rosa de vientos para el Canal Punta Indio. Fuente: Universidad de Delft y la Universidad de Buenos Aires, 2015.	60
Figura 28: Layout original del proyecto, y parámetros de diseño. Fuente: elaboración propia.	66
Figura 29: Elementos para determinar el ancho del canal, en canales de una vía y de doble vía. Fuente: PIANC, 2014.	68
Figura 30: Sistema de balizamiento Canal Magdalena. Carta especial H-113. Fuente: Servicio de Hidrografía Naval.	72
Figura 31: Diseño del balizamiento en Zona de Confluencia. Fuente: SHN.	73
Figura 32: Cálculo de los volúmenes de dragado en el nuevo canal. Fuente: elaboración propia.	76
Figura 33: Volúmenes de materiales a dragar según su naturaleza, para profundidad de diseño de 34 pies. Fuente: elaboración propia.	76
Figura 34: Selección de perfiles transversales a lo largo del canal Punta Indio. Fuente: elaboración propia en base a batimetrías.	77
Figura 35: Análisis de profundidades en el Canal Punta Indio. Fuente: elaboración propia.	78
Figura 36: Perfil geológico esquemático correspondiente al eje de la traza del canal Punta Indio. Fuente: elaboración propia en base a perfiles geológicos y relevamientos sísmicos de estudios antecedentes. <sup>22 y 23</sup>	80
Figura 37: Perfil geológico esquemático correspondiente al eje de la traza del canal Magdalena (incluyendo la ubicación y penetración de los testigos de suelos). Fuente: Ezcurra & Schmidt SA (2015).	80
Figura 38: Canal Punta Indio: Apertura y Profundización a 34 pies (años 2005 / 2006). Participación de cada draga en el volumen total.	83
Figura 39: Canal Punta Indio: Tramo considerado a efectos del cálculo de volúmenes de profundización	85
Figura 40: Canal Punta Indio: Bifurcación el Codillo. Fuente: Mancere y García (2020)	86
Figura 41: Volumen de dragado (m <sup>3</sup> ) según tipo de material y profundidad (por alternativa). Fuente: elaboración propia.	88
Figura 42: Volumen de dragado (m <sup>3</sup> ) según alternativa y profundidad (por tipo de material). Fuente: elaboración propia.	89
Figura 43: Volumen de dragado (m <sup>3</sup> ) según alternativa y profundidad (por tipo de material). Fuente: elaboración propia	92
Figura 44: Equipamiento de dragado disponible. Fuente: elaboración propia en base a información consultada.	98
Figura 45: Equipamiento de dragado disponible. Fuente: elaboración propia en base a información consultada.	107
Figura 46: Equipamiento de dragado disponible. Fuente: elaboración propia en base a información consultada.	110
Figura 47: Canal Magdalena: áreas para la disposición final de los productos de dragado. Fuente: elaboración propia.	116
Figura 48: Canal Punta Indio: áreas para la disposición final de los productos de dragado. Fuente: elaboración propia.	116
Figura 49: Densidad de buques tipo Panamax. Fuente: Marinetrffic.com Proffesional	137
Figura 50: Densidad de buques Portacontenedores <3000 TEU o Feeders. Fuente: Marinetrffic.com Proffesional Plus	138
Figura 51: Densidad de buques tipo Handymax. Fuente: Marinetrffic.com Proffesional Plus	139
Figura 52: Densidad de buques tipo Handysize. Fuente: Marinetrffic.com Proffesional Plus	139
Figura 53: Densidad de buques tipo Tanker (Handymax-Panamax). Fuente: Marinetrffic.com Proffesional Plus	140
Figura 54: Densidad de buques tipo Tanker (Handysize). Fuente: Marinetrffic.com Proffesional Plus	140
Figura 55: Derrotero buque seleccionado para análisis de viaje Bahía Blanca - Buenos Aires. Fuente: Marinetrffic.com Proffesional Plus	141

Figura 56: Derrotas actuales y potenciales, para buques graneleros. Elaboración propia sobre extracto de carta náutica georreferenciada \_\_\_\_\_ 142

Figura 57: Derrotas actuales y potenciales, para buques tanques. Elaboración propia sobre extracto de carta náutica georreferenciada \_\_\_\_\_ 143

Figura 58: Derrotas actuales y potenciales, para buques portacontenedores con destino norte. Elaboración propia sobre extracto de carta náutica georreferenciada \_\_\_\_\_ 144

Figura 59: Derrotas actuales y potenciales, para cruceros con destino norte. Elaboración propia sobre extracto de carta náutica georreferenciada \_\_\_\_\_ 145

Figura 60: Derrotas actuales y potenciales, para buques portacontenedores con destino norte. Elaboración propia sobre extracto de carta náutica georreferenciada \_\_\_\_\_ 163

Figura 61: Áreas del Río de La Plata definidas según el TRP. Fuente: EIA, Serman 2015. \_\_\_\_\_ 172

## TABLAS

Tabla 1: Profundización Canal Punta Indio, hipótesis de existencia de suelos duros. Fuente: Estudio BCR 2020 46

Tabla 2: Estadística de velocidad y dirección de las corrientes en el Km 157 (interior): 35°15'S, 56° 55'O. Fuente: elaboración propia. \_\_\_\_\_ 53

Tabla 3: Estadística de velocidad y dirección de las corrientes en el Km 175 (medio): 35°20'S 56° 45'O. Fuente: elaboración propia. \_\_\_\_\_ 54

Tabla 4: Estadística de velocidad y dirección de las corrientes en el Km 194 (exterior): 35°30'S 56° 40'O. Fuente: elaboración propia. \_\_\_\_\_ 55

Tabla 5: Estadística de altura y dirección de oleaje en el Km 150 (punto más interior). Fuente: elaboración propia. \_\_\_\_\_ 57

Tabla 6: Estadística de altura y periodo de oleaje en el Km 150 (punto más interior). Fuente: elaboración propia. \_\_\_\_\_ 58

Tabla 7: Estadística de altura y dirección de oleaje en el Km 180 (punto intermedio). Fuente: elaboración propia. \_\_\_\_\_ 58

Tabla 8: Estadística de altura y periodo de oleaje en el Km 180 (punto intermedio). Fuente: elaboración propia. \_\_\_\_\_ 58

Tabla 9: Estadística de altura y dirección de oleaje en el Km 204 (localización exterior). Fuente: elaboración propia. \_\_\_\_\_ 59

Tabla 10: Estadística de altura y periodo de oleaje en el Km 204 (localización exterior). Fuente: elaboración propia. \_\_\_\_\_ 59

Tabla 11: Requerimiento de dragado de mantenimiento en los Canales Magdalena y Punta Indio. Fuente: Universidad de Delft y la Universidad de Buenos Aires, 2015. \_\_\_\_\_ 63

Tabla 12: Coordenadas de puntos notables de la traza del Canal. Fuente elaboración propia. \_\_\_\_\_ 67

Tabla 13: Características del buque de diseño. Fuente elaboración propia. \_\_\_\_\_ 67

Tabla 14: Cálculo del ancho mínimo necesario para el canal Magdalena según recomendaciones PIANC, 2014. \_\_\_\_\_ 69

Tabla 15: Nuevo canal Magdalena, Coordenadas de puntos notables para distintas profundidades de dragado. Fuente: elaboración propia. \_\_\_\_\_ 75

Tabla 16: Nuevo Canal Magdalena: Volumen total y por tipo de material (m<sup>3</sup>) para distintas profundidades de diseño. Fuente: elaboración propia. \_\_\_\_\_ 75

Tabla 17: Canal Punta Indio: Apertura y Profundización a 34 pies (años 2005 / 2006). Esquema de trabajo, dragas utilizadas y volúmenes movilizados \_\_\_\_\_ 81

Tabla 18: Canal Punta Indio: Apertura y Profundización a 34 pies (años 2005 / 2006). Características principales de las dragas utilizadas. \_\_\_\_\_ 82

Tabla 19: Canal Punta Indio: Apertura y Profundización a 34 pies (años 2005 / 2006). Participación de cada draga. \_\_\_\_\_ 82

Tabla 20: Canal Punta Indio, Alternativas. Volumen total (m<sup>3</sup>) por tipo de material y profundidades de diseño. Fuente: elaboración propia. \_\_\_\_\_ 87

Tabla 21: Canal Punta Indio y Canal Magdalena, Volumen total (m <sup>3</sup> ) por tipo de material y profundidades de diseño. Fuente: elaboración propia.	91
Tabla 22: volúmenes teóricos de apertura para Canal Punta Indio y Canal Magdalena. Fuente: elaboración propia.	94
Tabla 23: Canal Punta Indio y Canal Magdalena: Resumen de las definiciones consideradas a efectos de las estimaciones y cálculos de volumen. Fuente: elaboración propia.	95
Tabla 24: Canal Punta Indio y Canal Magdalena: resumen de las definiciones adicionales consideradas a efectos del cálculo de costos. Fuente: elaboración propia.	96
Tabla 25: Canal Punta Indio y Canal Magdalena: Volúmenes utilizados para los cálculos de costos y plan de dragado.	96
Tabla 26: Dragas de succión por arrastre (TSHD) con cántara entorno a los 11.000 m <sup>3</sup> : características del equipo identificado. Fuente: elaboración propia.	112
Tabla 27: Dragas de succión por arrastre (TSHD) con cántara entorno a los 5.000 a 6.000 m <sup>3</sup> : Características del equipamiento identificado. Fuente: elaboración propia.	113
Tabla 28: Dragas de succión con cortador (CSD) autopropulsadas con potencia en el cortador entorno a los 3.000 kW: Características del equipamiento identificado. Fuente: elaboración propia	114
Tabla 29: Draga de succión con cortador (CSD) operando en el canal Magdalena: resumen de condiciones de inoperatividad. Fuente elaboración propia.	118
Tabla 30: Draga de succión con cortador (CSD) operando en el canal Magdalena: horas semanales de inoperatividad. Fuente: elaboración propia.	119
Tabla 31: Draga de succión con cortador (CSD) operando en el canal Magdalena: horas semanales de inoperatividad adoptadas. Fuente: elaboración propia.	119
Tabla 32: Canal Magdalena: Costo total estimado de las obras (incluye movilización / desmovilización, alistamiento, depreciación, mantenimiento y reparaciones, combustibles y lubricantes, tripulación, obras de dragado y equipamientos auxiliares). Fuente: elaboración propia.	122
Tabla 33: Canal Punta Indio: Costo total estimado de las obras (incluye movilización / desmovilización, alistamiento, depreciación, mantenimiento y reparaciones, combustibles y lubricantes, tripulación, obras de dragado y equipamientos auxiliares). Fuente: elaboración propia.	123
Tabla 34: Estimación horas de viaje por alternativa de canal. Fuente: elaboración propia en base a resultados obtenidos con MT.	146
Tabla 35: Fechas asumidas para la evaluación. Fuente: elaboración propia.	147
Tabla 36: Proyección de las cargas que serán transportadas por el SNT. Fuente: en base a resultados de la DNTCyL.	148
Tabla 37: Movimientos de cargas por los puertos del SNT. Fuente: AGP.	148
Tabla 38: Proyección de las cargas que serán transportadas por el SNT. Fuente: en base a resultados de la DNTCyL.	148
Tabla 39: Distribución de la carga por destino y tamaño de buque: Granel agrícola. Fuente: en base a resultados de DNTCyL, INDEC y AGP.	149
Tabla 40: Distribución de la carga por destino y tamaño de buque: Tanque agrícola. Fuente: en base a resultados de DNTCyL, INDEC y AGP.	149
Tabla 41: Distribución de la carga por destino y tamaño de buque: Granel no agrícola. Fuente: en base a resultados de DNTCyL, INDEC y AGP.	149
Tabla 42: Distribución de la carga por destino y tamaño de buque: Tanque no agrícola. Fuente: en base a resultados de DNTCyL, INDEC y AGP.	150
Tabla 43: Aprovechamiento de la capacidad de bodega (miles de ton) según la profundidad de la vía (pies). Fuente: elaboración propia.	150
Tabla 44: Cantidad de buques clasificados según la carga y el origen o destino. Fuente: elaboración propia en base a resultados de DNTCyL, INDEC y AGP.	151
Tabla 45: Tiempo de navegación (días) año 2025 a 34 pies de calado aprovechable. Fuente: elaboración propia en base a datos de MT.	153
Tabla 46: Valor del buque. Fuente: modelo "MECTA V9", e información de sitios especializados.	154

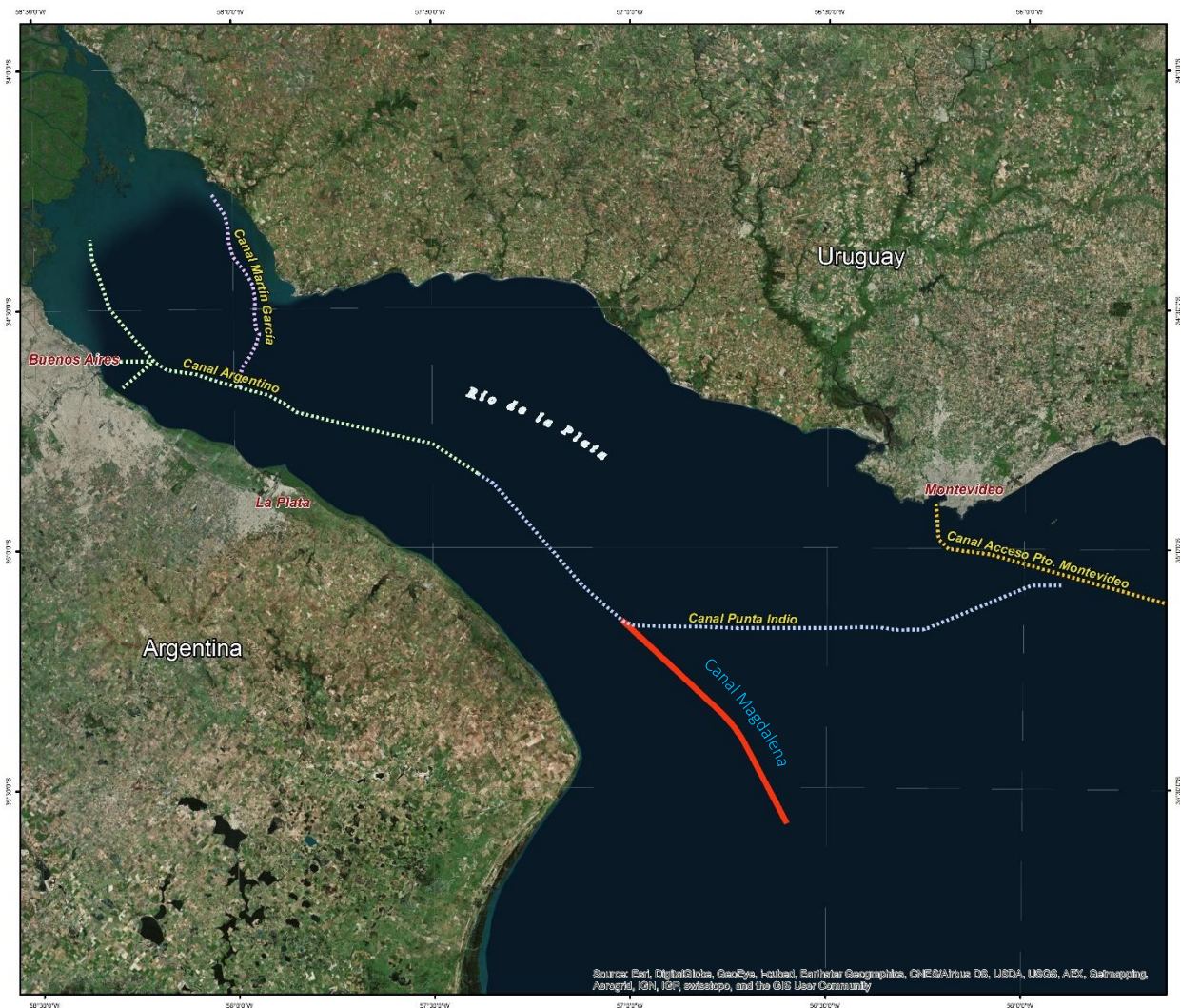


Tabla 47: Costo del buque por día de navegación. Fuente: elaboración propia en base a datos de modelo “MECTA V9”, e información de sitios especializados. _____	155
Tabla 48: Costo de combustible utilizado por día de navegación. Fuente: elaboración propia en base a datos de modelo “MECTA V9”, e información de sitios especializados. _____	155
Tabla 49: Costos de la tripulación por día de navegación. Fuente: elaboración propia en base a datos de modelo “MECTA V9”. _____	155
Tabla 50: Otros costos de operación por día de navegación. Fuente: elaboración propia en base a datos de modelo “MECTA V9”, e información de sitios especializados. _____	155
Tabla 51: Costo total por día de navegación. Fuente: elaboración propia en base a datos de modelo “MECTA V9”, e información de sitios especializados. _____	156
Tabla 52: Distribución de buques por tipo según el destino y costo medio por día de navegación para el promedio ponderado de los buques. Fuente: elaboración propia. _____	156
Tabla 53: Ahorro costo de navegación miles de u\$s. Año 2025 a 34 pies de calado aprovechable. Fuente: elaboración propia. _____	157
Tabla 54: Costos de Inversión o Mantenimiento. En u\$s de 2021. Fuente: elaboración propia. _____	158
Tabla 55: Costos de Inversión o Mantenimiento, Canal Magdalena. En u\$s de 2021. Fuente: elaboración propia. _____	158
Tabla 56: Costos de Inversión o Mantenimiento, Canal Magdalena. En u\$s de 2021. Fuente: elaboración propia. _____	159
Tabla 57: Flujo 1. Un solo Canal en u\$s. Fuente: elaboración propia. _____	159
Tabla 58: Flujo 2. Dos canales en u\$s. Fuente: elaboración propia. _____	160
Tabla 59: Relación Beneficio-Costo. En miles de usd 2021. Fuente: elaboración propia. _____ <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
Tabla 60: Tarifa de balizamiento del tramo recorrido Océano-Timbúes. Fuente: elaboración propia. _____	165
Tabla 61: Tarifa de balizamiento del tramo recorrido Timbúes-Santa Fe. Fuente: elaboración propia. _____	165
Tabla 62: Tarifa de dragado del tramo recorrido Océano-Timbúes. Fuente: elaboración propia. _____	165
Tabla 63: Tarifa de balizamiento del tramo recorrido Timbúes-Santa Fe. Fuente: elaboración propia _____	166
Tabla 64: TRNe proyectado: Fuente: elaboración propia. _____	167
Tabla 65: Flujos de fondos de la operación en u\$s de 2021. Fuente: elaboración propia. _____	168
Tabla 66: Flujos de fondos para el Escenario 1 (Solo Canal Magdalena) operando a 34 pies.. Fuente: elaboración propia. _____	169
Tabla 67: Relación Costo/ Beneficio, en miles de usd para el Escenario 1 (Solo Canal Magdalena) operando a 34 pies. Fuente: elaboración propia. _____	169
Tabla 68: Flujos de fondo operativos, en miles de usd para el Escenario 1 (Solo Canal Magdalena) operando a 34 pies. Fuente: elaboración propia. _____	170
Tabla 69: Flujos de fondo operativos, en miles de usd para el Escenario 1 (Solo Canal Magdalena) operando a 40 pies. Fuente: elaboración propia. Fuente: elaboración propia. _____	178
Tabla 70: Relación Costo/ Beneficio, en miles de usd para el Escenario 1 (Solo Canal Magdalena). Fuente: elaboración propia. _____	178
Tabla 71: Cantidad de buques clasificados según la carga y el origen o destino. Fuente: elaboración a partir de datos de la Dirección Nacional de Planificación del Transporte de Carga y Logística, Instituto de Estadística y Censos, Administración General de Puertos. _____	180
Tabla 72: Tiempo de navegación (n° de días), Año 2030 con 38 pies de calado aprovechable. Fuente: elaboración propia. _____	181
Tabla 73: Tiempo de navegación (n° de días), Año 2035 con 38 pies de calado aprovechable. Fuente: elaboración propia. _____	182
Tabla 74: Tiempo de navegación (n° de días), Año 2040 con 38 pies de calado aprovechable. Fuente: elaboración propia. _____	183
Tabla 75: Ahorro Costo de navegación (en miles de usd). Año 2030 a 38 pies de calado aprovechable. Fuente: elaboración propia. _____	184
Tabla 76: Ahorro Costo de navegación (en miles de usd). Año 2035 a 38 pies de calado aprovechable. Fuente: elaboración propia. _____	185

Tabla 76: Ahorro Costo de navegación (en miles de usd). Año 2040 a 38 pies de calado aprovechable. Fuente: elaboración propia.	186
Tabla 78: Flujo 1. Un solo canal, considerando 38 pies de calado aprovechable y diferenciando los buques que transportan harina y los que transportan granos. Los buques que transportan harina hacen viaje directo (En miles de u\$s de 2021). Fuente: elaboración propia.	187
Tabla 79: Relación Beneficio/Costo, en miles de usd. Fuente: elaboración propia.	187
Tabla 69: Ahorro de tiempo de navegación (días) año 2030 a 38 pies de calado aprovechable. Fuente: elaboración propia.	188
Tabla 70: Ahorro de tiempo de navegación (días) año 2035 a 38 pies de calado aprovechable. Fuente: elaboración propia.	189
Tabla 71: Ahorro de tiempo de navegación (días) año 2040 a 38 pies de calado aprovechable. Fuente: elaboración propia.	190
Tabla 72: Ahorro costo de navegación miles de u\$s. Año 2030 a 38 pies de calado aprovechable. Fuente: elaboración propia.	191
Tabla 73: Ahorro costo de navegación miles de u\$s. Año 2035 a 38 pies de calado aprovechable. Fuente: elaboración propia.	192
Tabla 74: Ahorro costo de navegación miles de u\$s. Año 2040 a 38 pies de calado aprovechable. Fuente: elaboración propia.	193

# 1 INTRODUCCION

El presente trabajo corresponde a la realización de los Estudios Técnicos y Económicos sobre el Canal Magdalena, surgidos a partir del requerimiento de la Cámara de Puertos Privados Comerciales (CPCC), con el objetivo de alcanzar una visión integral del canal proyectado, su impacto en el Sistema de Navegación Troncal (SNT) y consecuentemente obtener una conclusión fundada sobre la conveniencia o no de la ejecución del proyecto. La motivación del trabajo se origina en el marco de la anunciada Licitación Pública Nacional e Internacional para la ejecución de las tareas de dragado de apertura, de mantenimiento y señalización del nuevo sistema de navegación denominado Canal Magdalena (CM).



A partir de los requerimientos técnicos de los términos de referencia recibidos por parte la Cámara de Puertos Privados Comerciales, se desarrollan tareas de análisis, recopilación, revisión y validación técnica y objetiva de los antecedentes disponibles realizados sobre el canal en estudio. Los ejes principales del análisis se enfocan en cuestiones técnicas de diseño, obras de dragado, factibilidad técnica, análisis económico-financiero y análisis ambiental.

## 1.1 DESAFIOS

El estudio propone una revisión objetiva con sustento técnico sobre la conveniencia y factibilidad asociadas a la ejecución del Canal Magdalena, conforme la información disponible. Desde el punto de vista técnico, el trabajo presenta el desafío de analizar los siguientes aspectos:

- 1- ¿Cuál es el volumen de apertura de dragado y cómo es la dragabilidad del material del lecho?
- 2- ¿Cuáles son los equipos de dragado más adecuados?
- 3- ¿Cómo deben considerarse las condiciones ambientales para permitir dragado eficiente?
- 4- ¿Cuál es la sedimentación esperable tanto durante el dragado de apertura como durante la etapa de mantenimiento?
- 5- ¿Cuál es el Plan de Dragado y Balizamiento más eficiente para desarrollar los trabajos previstos?

Estas cuestiones ponen de manifiesto la necesidad de contrastar y analizar exhaustivamente la información antecedente disponible, ya que las variables técnicas en este caso modifican muy sensiblemente a las variables económicas, puesto que los costos asociados al dragado, en obras de gran magnitud tienen gran influencia en el monto de obra.

Por otra parte, desde el punto de vista económico, el trabajo presenta el desafío de analizar la demanda esperable y su comportamiento en caso de existir esta ruta, ya sea como única ruta, así como también si se planteara la coexistencia de dos alternativas (Canal Punta Indio más Canal Magdalena). En este sentido, el entendimiento del tráfico que ingresa o egresa a la Vía Navegable Troncal (VNT) desde el norte, así como también el tráfico que egresa o ingresa a la VNT desde el Sur comprenden la base sobre la cual será conveniente la ejecución del Canal Magdalena. Agregado a esto, la definición de los costos de apertura y mantenimiento del Canal Magdalena, así como también del Canal Punta Indio, componen un punto sensible, sobre el cual oscila la factibilidad técnica de la obra.

## 2 BASES PARA EL ESTUDIO

### 2.1 DISEÑO

El estudio toma el diseño geométrico y las condiciones previstas en todos los antecedentes disponibles, y propone una verificación y un análisis desde diferentes enfoques, para dicho diseño. No se incluyen nuevos diseños geométricos, los cuales demandarían probablemente la realización de estudios de campo o análisis más exhaustivos que exceden a la demanda original.

### 2.2 HIPÓTESIS DE TRABAJO

A partir de los desafíos técnicos, los términos de referencia y los diseños existentes, se consensuaron con la CPPC las hipótesis de estudio sobre las cuales se desarrolla este trabajo, las cuales se enuncian a continuación:

- ✓ En virtud de que el Canal Magdalena adquiere sentido cuando su operación es compatible con aquella en la VNT, se establece que la condición existente en la VNT cuando el Canal Magdalena se ejecute debe ser equivalente.
- ✓ No se analiza en esta instancia, la operación con el Canal Magdalena a 47m de profundidad total, ya que es una condición que se estima incompatible con el resto de la VNT. Esto es que operativamente, la etapa de apertura y mantenimiento del CM se corresponderá con una profundidad de 42 pies, para que sea comparable con la alternativa de ingreso por la VNT en iguales condiciones de profundidad.
- ✓ Para este estudio, la etapa 1 del Canal Magdalena será considerada con una profundidad de 42 pies al cero, en vez de los 40 pies originales, para considerar la actual vigencia de la Ordenanza N° 4/2018 sobre los márgenes de seguridad bajo quilla y permitir calados casi a plena carga sin necesidad de ventana de marea. Dicha Ordenanza establece la necesidad de un margen del 10% del calado estático, lo que se traduce en unos 4 pies de margen necesario. Dicho margen de 4 pies permitiría un tráfico de buques de 38 pies de calado sin necesidad de ventana de marea, o bien admitiría un calado de 40 pies si se considera el margen adicional dado por las mareas.
- ✓ Asimismo, para este estudio se analizará una etapa inicial del Canal Magdalena, considerando profundizar la traza hasta los 34 pies actuales de la VNT. Luego se analizará la segunda etapa, con profundidades desde los 34 pies hasta los 42 pies objetivos.
- ✓ No se modificará el diseño geométrico ni el buque de diseño propuestos en el proyecto original de la CARP.
- ✓ Los escenarios de proyecto incluyen analizar la existencia única del Canal Magdalena y la coexistencia del Canal Magdalena (CM) y el Canal Punta Indio (CPI).
- ✓ Los volúmenes de dragado, costos (CAPEX y OPEX), y beneficios se desarrollaron para todos los escenarios, tanto de Canal Magdalena como de Canal Punta Indio.

### 3 ESTUDIOS TECNICOS

#### 3.1 RECOPIACION Y ANALISIS DE ANTECEDENTES

Se han recopilado y analizado antecedentes técnicos disponibles, los que se han organizado en forma de fichas con la principal información utilizada de cada uno de ellos, expuestas a continuación.

<b>TITULO:</b> Estudio Hidrosedimentológico para el Proyecto Canal Magdalena		<b>Localización:</b>  Río de La Plata	
<b>Nombre del archivo (para documentos digitales):</b> Informe Final – Estudio hidrosedimentológico.pdf			
<b>Autor:</b> EIH estudio de Ingeniería Hidráulica s.a. para DACARP	<b>Año:</b> 2014-2015	<b>ID documento:</b> 001	
<b>Temáticas</b>			
Canales Navegación	<b>X</b>	Calidad de Aguas	<b>X</b>
Aspectos Bióticos		Climatología	<b>X</b>
Aspectos Económicos		Estudios Generales	
Aspectos Legales		Sedimentación	<b>X</b>
Aspectos Sociales		Modelaciones	<b>X</b>
Tráfico		Estudios sísmicos	
Geotecnia	<b>X</b>	Geología – Geomorfología	
Noticia WEB/ portal		Dragado	<b>X</b>
Notas/ Documentos/ Disposiciones, etc.			
<b>Resumen</b>			
<p>El estudio comprende la ejecución de muestreos sedimentológicos y la realización de tareas de modelación matemática, necesarias para brindar una respuesta sobre las condiciones de sedimentación esperable para la geometría del canal navegable proyectado y el comportamiento hidrosedimentológico de las descargas de los materiales dragados, principalmente en las áreas de vaciado, y con ello evaluar el impacto de las plumas de turbidez.</p>			

**Figuras/ Tablas de interés**

CANAL 40 PIES				CANAL 47 PIES					
Tramo	Km	a	Km	Sedimentación (m <sup>3</sup> /año)	Tramo	Km	a	Km	Sedimentación (m <sup>3</sup> /año)
1	144	-	148,2	197.396	1	144	-	148,2	264.477
2	148,2	-	158,2	397.840	2	148,2	-	158,2	485.756
3	158,2	-	168,2	500.378	3	158,2	-	168,2	588.736
4	168,2	-	178,2	598.048	4	168,2	-	178,2	695.445
5	178,2	-	186	459.041	5	178,2	-	186	542.741
6	186	-	193,2	315.796	6	186	-	193,2	392.459
7	193,2	-	200,5	119.379	7	193,2	-	200,5	214.148
8	200,5	-	204,5	2.471	8	200,5	-	204,5	21.625
<b>Total</b>				<b>2.590.349</b>	<b>Total</b>				<b>3.205.388</b>

Concentración límite (mg/l)	Rango de longitud de la pluma en distintas condiciones hidrodinámicas (m)		PLUMA
10	3,300	4,700	PLUMA 1
20	2,900	4,100	
40	1,950	2,450	
100	800	1,100	
250	300	400	
10	3,550	5,150	PLUMA 2
20	3,200	4,400	
40	1,650	2,450	
100	700	1,050	
250	300	400	
10	3,100	4,000	PLUMA 3
20	2,700	3,350	
40	1,250	1,750	
100	600	850	
250	350	400	
10	2,000	2,200	PLUMA 4
20	1,600	1,700	
40	950	1,150	
100	600	750	
250	300	400	

*Longitudes alcanzadas por las plumas, descarga continua.*

**DATOS DE INTERES A LOS EFECTOS DEL ESTUDIO**

Anexo "Trabajos de Campo y Laboratorio". Detalle de la tarea de toma de muestras de agua y sedimentos, y resultados del análisis en laboratorio de las mismas.

Para la explotación de los modelos matemáticos utilizados se consideraron 2 canales de proyecto: 40 pies y 47 pies de profundidad.

La sedimentación media anual esperada sin la consideración del efecto de floculación arroja un valor de 1.544.000 m<sup>3</sup>/año para la profundidad de 40 pies y 1.945.000 m<sup>3</sup>/año para 47 pies. Incluyendo el impacto de la floculación potencial en el área, se alcanzan valores del orden de 2.600.000 m<sup>3</sup>/año para 40 pies y de 3.200.000 m<sup>3</sup>/año para 47 pies. Se observa que el 40 % de la sedimentación del canal puede asociarse al proceso de floculación.

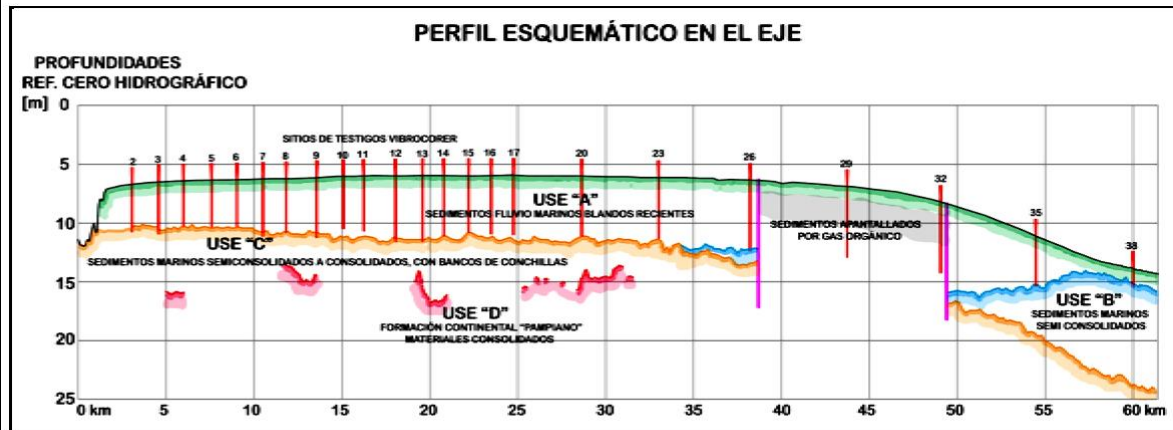
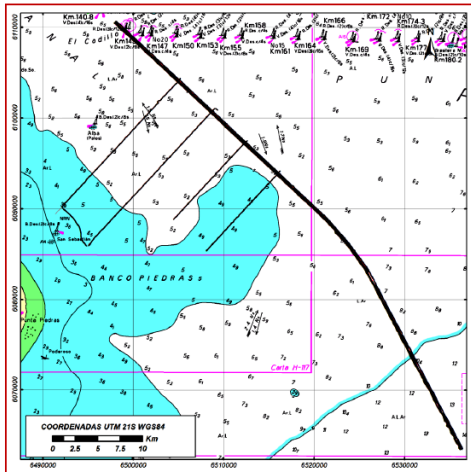
La superficie total de las áreas de vaciado definidas es de aproximadamente 8.700 has, por lo que asumiendo que los depósitos alcancen un espesor promedio de 1 metro, se tiene una disponibilidad volumétrica de 87 Millones de m<sup>3</sup>. Considerando que el volumen de apertura se estima en el orden de 50 Millones de m<sup>3</sup>, quedaría un remanente de capacidad para atender el mantenimiento del canal por algo más de 10 años.

Las plumas generadas por la descarga de las dragas tienen una orientación paralela al canal, sin afectar al mismo, y en el caso de vientos cruzados (viento del oeste), el alcance transversal tampoco tiene impacto sobre el canal.

<b>TITULO:</b> Estudios Geofísicos con extracción de muestras de suelos, sobre la traza proyectada del nuevo Canal Magdalena.		<b>Localización:</b> Río de La Plata Exterior	
<b>Nombre del archivo (para documentos digitales):</b> Informe Final, Magdalena DACARP, 03 NOV 2015.pdf			
<b>Autor:</b> Ezcurra & Schmidt S.A. Consultores Asociados en Proyectos Oceánicos, Costeros y Ambientales para DACARP		<b>Año:</b> 2015	<b>ID documento:</b> 002
<b>Temáticas</b>			
Canales Navegación	<b>X</b>	Calidad de Aguas	
Aspectos Bióticos		Climatología	
Aspectos Económicos		Estudios Generales	
Aspectos Legales		Sedimentación	
Aspectos Sociales		Modelaciones	
Tráfico		Estudios sísmicos	<b>X</b>
Geotecnia	<b>X</b>	Geología – Geomorfología	<b>X</b>
Noticia WEB/ portal		Dragado	
Notas/ Documentos/ Disposiciones, etc.			
<b>Resumen</b>			
<p>Este estudio consistió en la investigación de los suelos en la zona exterior del Río de La Plata para contribuir en el proyecto del nuevo canal de navegación denominado Canal Magdalena. Se realizaron dos campañas de exploración independientes, una de levantamiento de perfil sísmico y otra de muestreo de suelos.</p>			



**Figuras/ Tablas de interés**



NOTA:  
U.S.E.: Unidad Sismico Estratigráfica

**DATOS DE INTERES A LOS EFECTOS DEL ESTUDIO**

En el Anexo 6 titulado “Descripción de los testigos de suelos obtenidos con vibrocorer” se incluye una descripción visual de cada metro de testigo obtenido, sus propiedades mecánicas y distribución granulométrica.

En el Anexo 7, denominado “Perfiles Batimétricos y Sísmicos” se presentan los resultados finales del estudio.

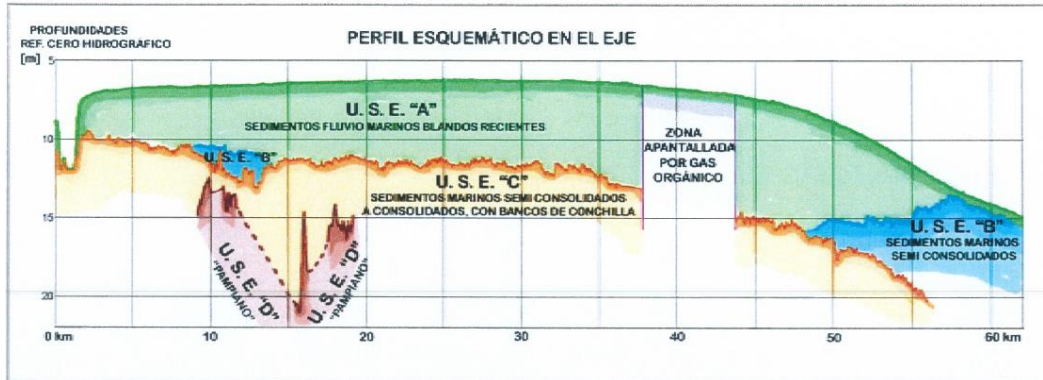
La unidad más profunda, atribuida a la Formación "Pampeano", está generalmente formada por materiales duros y muy duros. Sin embargo, se descarta la posibilidad de encontrar materiales como rocas ígneas o cristalinas. No se observó ningún indicio en los registros sísmicos de este tipo de materiales que no pueden ser dragados o removidos excepto mediante técnicas de voladuras con explosivos. Además, la geología regional indica claramente que esta zona está ubicada en una extensa cuenca sedimentaria.

<b>TITULO:</b> Estudio Geofísico para el proyecto Canal Magdalena.		<b>Localización:</b>  Río de La Plata Exterior	
<b>Nombre del archivo (para documentos digitales):</b> Estudio Geofísico para el proyecto Canal Magdalena Informe Final Estudio de Ingeniería Hidráulica.pdf			
<b>Autor:</b> EIH Estudio de Ingeniería Hidráulica S.A. para DACARP	<b>Año:</b> 2015	<b>ID documento:</b> 003	
<b>Temáticas</b>			
Canales Navegación	<b>X</b>	Calidad de Aguas	
Aspectos Bióticos		Climatología	
Aspectos Económicos		Estudios Generales	
Aspectos Legales		Sedimentación	
Aspectos Sociales		Modelaciones	
Tráfico		Estudios sísmicos	<b>X</b>
Geotecnia	<b>X</b>	Geología – Geomorfología	<b>X</b>
Noticia WEB/ portal		Dragado	
Notas/ Documentos/ Disposiciones, etc.			
<b>Resumen</b>			
<p>El estudio consistió en la exploración de los suelos en una zona del Río de La Plata Exterior para contribuir con datos e información confiable al proyecto del nuevo canal de navegación denominado Canal Magdalena. Los trabajos fueron realizados en coparticipación con la firma Ezcurra &amp; Schmidt S.A. La exploración del subsuelo fluvial se realizó mediante perfilador sísmico y complementariamente se levantaron perfiles batimétricos y se extrajeron muestras del material de fondo mediante equipo Coring.</p>			

**Figuras/ Tablas de interés**

Progresiva [km]	Profundidad [m]	Pendiente [m /km]
15	6.31	0.041
26	6.1	0
55	11.4	-0.73

Inicio perfil batimétrico Km 0 en proximidades del Canal Punta Indio



**DATOS DE INTERES A LOS EFECTOS DEL ESTUDIO**

En el Anexo 4 titulado "Resultados de campo" se presentan los gráficos de los registros sísmicos y los datos de las muestras de suelos con su respectiva caracterización mecánica.

Se identificaron capas de suelos las cuales se definieron como Unidades Sísmico-Estratigráficas diferenciadas de acuerdo a criterios de caracterización sísmica, geológica y mecánica.

La unidad más profunda, atribuida a la Formación "Pampeano", está generalmente formada por materiales duros y muy duros. Sin embargo, se descarta la posibilidad de encontrar materiales como rocas ígneas o cristalinas. La geología regional indica claramente que esta zona está ubicada en una extensa cuenca sedimentaria.

El resultado final del presente estudio se resume en el Plano CM-EG-02.

<b>TITULO:</b> NOTA EXTERNA DACARP N°105/2015		<b>Localización:</b>  Río de La Plata Exterior	
<b>Nombre del archivo (para documentos digitales):</b> Nota Externa DACARP W 1052015			
<b>Autor:</b> CARP Delegación Argentina para Comisión Administradora de Río de La Plata		<b>Año:</b> 2015	<b>ID documento:</b> 004
<b>Temáticas</b>			
Canales Navegación	<b>X</b>	Calidad de Aguas	
Aspectos Bióticos		Climatología	
Aspectos Económicos		Estudios Generales	
Aspectos Legales		Sedimentación	
Aspectos Sociales		Modelaciones	
Tráfico		Estudios sísmicos	
Geotecnia		Geología – Geomorfología	
Noticia WEB/ portal		Dragado	<b>X</b>
Notas/ Documentos/ Disposiciones, etc.	<b>X</b>		
<b>Resumen</b>			
<p>Primeramente, se cita la nota externa DACARP 43/2014 por medio de la cual se comunica a la Comisión el proyecto de Canal de Navegación Magdalena. A partir de allí y en consecutivas notas se desarrolla un intercambio entre las delegaciones Argentina y Uruguay sobre la posibilidad de evaluar el perjuicio del proyecto del nuevo canal sobre el interés de la navegación o el régimen del Río.</p>			

**Figuras/ Tablas de interés**

Cuadro N° 1 de Resultados						
Área	Capacidad de las Áreas s/sup. Previstas			Vol. a Dragar		
	Vol 1ª y 2ª Et.	Suma Vol Áreas contiguas	Vol. Mant	Vol. Mant	Tramo N°	Vol 1ª y 2ª E
A	5499812	5499812	10141305	10141305	1	4781980
B	5453109		2909317			
C	11961506	17414615	5159970	8069287	2	16556119
D	9252603		3675023			
E	8773174	18025777	1219047	4894070	3	18190425
F	8647023		1460375			
G (G1)	9648281	18295304	3710496	5170871	4	18395326,53
H	10895793		5831517			
I (G2)	10982042	21877835	7175998	13007515	5	13117849,95
J	12529627		11662411			
K	19669934	32199561	27837765	39500176	6 - 7 y 8	21809592
Total:	113312904		80783224			92851292
			Años de capacidad mantenimiento 1ª			
113Mm³ > 92Mm³			Etapa= 28,85			
			Años de capacidad mantenimiento 2ª			
			Etapa = 23,08			

**DATOS DE INTERES A LOS EFECTOS DEL ESTUDIO**

Para los trabajos de apertura, se disponen de 113.000.000 m³ de capacidad de recepción, frente a una demanda del orden de 92.000.000 m³ para ambas etapas del dragado de apertura. Lo mismo ocurre para el dragado de mantenimiento posterior, se dispondrá de una capacidad del orden superior a los 80.000.000 m³, lo que asegura sobradamente más de dos décadas de capacidad para recibir el material de dragado de mantenimiento previsto en la modelación hidrosedimentológica.

<b>TITULO:</b> Proyecto Canal de Navegación Magdalena. Nota Externa DACARP N° 10/2015. ANEXO I		<b>Localización:</b>  Rio de La Plata Exterior	
<b>Nombre del archivo (para documentos digitales):</b> Anexo I Nota Externa DACARP N° 10 2015.pdf			
<b>Autor:</b> Subsecretaria de Puertos y Vías Navegables ante DACARP		Año: 2015	<b>ID documento:</b> 005
<b>Temáticas</b>			
Canales Navegación	<b>X</b>	Calidad de Aguas	
Aspectos Bióticos		Climatología	
Aspectos Económicos		Estudios Generales	
Aspectos Legales		Sedimentación	
Aspectos Sociales		Modelaciones	
Tráfico		Estudios sísmicos	
Geotecnia		Geología – Geomorfología	
Noticia WEB/ portal		Dragado	<b>X</b>
Notas/ Documentos/ Disposiciones, etc.	<b>X</b>		
<b>Resumen</b>			
<p>La nota citada, en su anexo I contempla información sobre el proyecto de navegación del Canal Magdalena, la cual fue requerida por la Delegación Uruguaya ante la CARP. La misma incluye planos y datos referidos al diseño geométrico del canal en estudio.</p>			

**Figuras/ Tablas de interés**



**DATOS DE INTERES A LOS EFECTOS DEL ESTUDIO**

Primera Etapa (12,20 m /40 pies), ancho de solera 150m; Talud 1:8. Segunda Etapa (14,33 m /47 pies), ancho de solera 150m; Talud 1:8.

Se citan coordenadas del arrumbamiento del canal proyectado.

Kilometraje de la progresiva aprox. para alcanzar la Etapa 1, Progresiva 197.300. Kilometraje de la progresiva aprox. para alcanzar la Etapa 2, Progresiva 204.500.

Se citan coordenadas del área de descarga del material dragado de apertura y de mantenimiento para 1ra y 2da etapa.

Capacidad de las áreas de descarga. Apertura con dragas de cortador: 460.000.000m<sup>3</sup>. Mantenimiento con dragas de succión: 124.000.000m<sup>3</sup>.

La pendiente mínima en toda la traza será 1:8.

El ancho de solera del Canal es de 150,00 m, sin sobre anchos, con una curva cuyo radio es de 30.000m.

El buque de diseño adoptado, es del tipo portacontenedor con las siguientes características:

Eslora: 335m / Calado máx.: 13.00m / Manga: 48m / Capacidad: 8.000 TEUs

Plan de dragado. Primera Etapa: Aprox. 21 meses. Segunda Etapa: Aprox. 12 meses

Se considera operar con dos (2) dragas de cortador con una producción de 4.000m<sup>3</sup>/h, con refulado del material a las zonas de descarga.

El volumen de apertura 1\*. Etapa: 61.000.000m<sup>3</sup> y el correspondiente a la 2\*. Etapa: 31.000.000m<sup>3</sup>.

El cero para la obra de apertura coincide con el cero de la Torre Mareográfica Oyarbide, coincidiendo asimismo con el plano de reducción de profundidades de los planos hidrográficos del Servicio de Hidrografía Naval, el que pasa a 0,79 metros por debajo del nivel medio del mar.

Se adjuntan al final de la nota, fotos tomadas a los planos referidos en el cuerpo de la misma. Plano MG 001 (una lámina) incluye el perfil de diseño y características del Canal y, MG 002 (dos láminas) con el relevamiento batimétrico del Canal, zonas contiguas y zonas de vaciado.



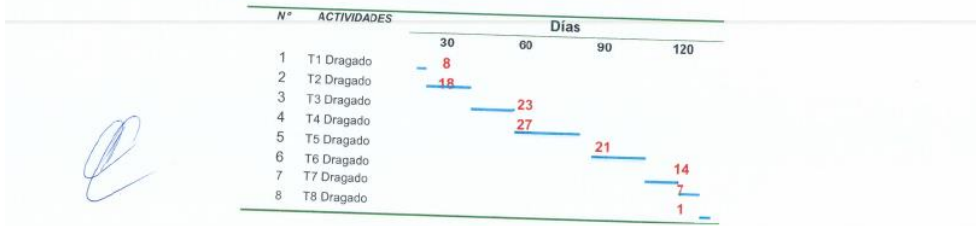
<b>TITULO:</b> Proyecto Canal de Navegación Magdalena. Nota Externa DACARP N° 10/2015. ANEXO VII		<b>Localización:</b> Rio de La Plata Exterior	
<b>Nombre del archivo (para documentos digitales):</b> Anexo VII Nota Externa DACARP N° 10 2015.pdf			
<b>Autor:</b> Subsecretaria de Puertos y Vías Navegables ante DACARP		Año: 2015	<b>ID documento:</b> 006
<b>Temáticas</b>			
Canales Navegación	<b>X</b>	Calidad de Aguas	
Aspectos Bióticos		Climatología	
Aspectos Económicos		Estudios Generales	
Aspectos Legales		Sedimentación	
Aspectos Sociales		Modelaciones	
Tráfico		Estudios sísmicos	
Geotecnia		Geología – Geomorfología	
Noticia WEB/ portal		Dragado	<b>X</b>
Notas/ Documentos/ Disposiciones, etc.	<b>X</b>		
<b>Resumen</b>			
<p>La nota citada, en su anexo VII presenta resultados de los valores de volúmenes de material a dragar y las capacidades para la recepción de los sedimentos extraídos en las áreas de vaciado previstas en el proyecto de navegación del Canal Magdalena. Asimismo se exponen los Planes de Dragado y los cronogramas correspondientes a la primera y segunda etapa de apertura y mantenimiento.</p>			

**Figuras/ Tablas de interés**

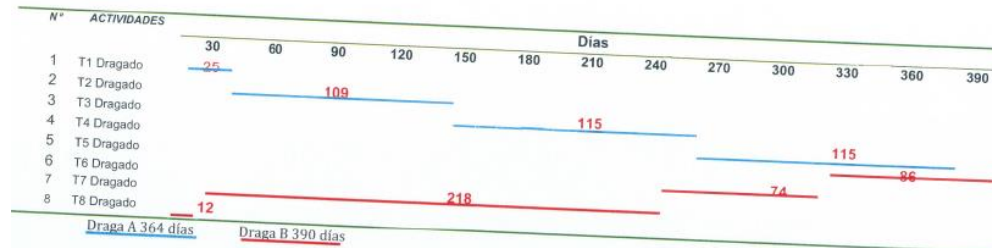
**Cronogramas Planes de Dragados**



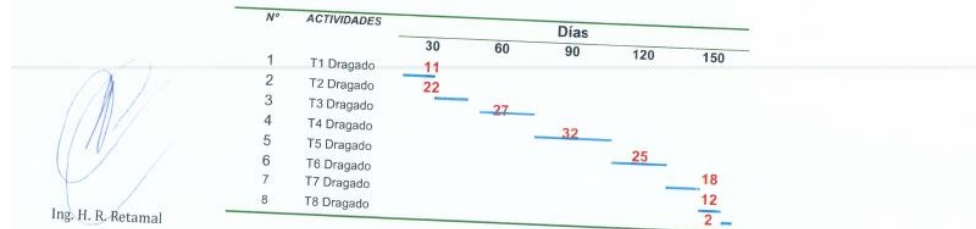
Mantenimiento a 12,2m (40 pies)



**2ª Etapa**



Mantenimiento a 14,335m (47 pies)



Ing. H. R. Retamal

**DATOS DE INTERES A LOS EFECTOS DEL ESTUDIO**

En el cuadro N°1 se resumen los volúmenes de apertura según tramo en que fue dividida la traza del Canal, 8 en total, para ambas dos etapas del proyecto, y el cuadro N° 2 resume la capacidad de las áreas de vaciado.

Para los trabajos de apertura, la DNVN contempla como equipo principal dos dragas de succión con cortador, con una capacidad de 4000 m<sup>3</sup>/hora.

En los cuadros N°4 y N°5 respectivamente se exponen los tiempos de dragado de apertura para la primera etapa (40ft), resultante en aproximadamente 21 meses, y los tiempos de dragado de profundización de la segunda etapa (47ft), equivalente a un año de plazo.

Para el periodo de mantenimiento anual se prevé contar con una draga mediana de succión en marcha, del orden a los 3000 m<sup>3</sup> de capacidad de cántara, con un rendimiento en función de las distancias a las áreas de vaciado o descarga.

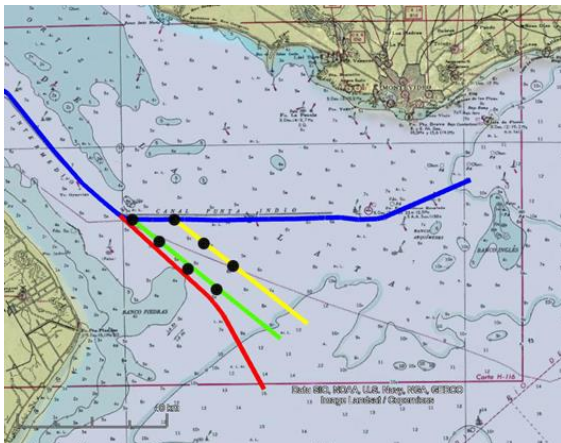
En el cuadro N°6 se resumen los cálculos de producción de la Draga de Succión en Marcha, para cada tramo del canal, y seguido en el cuadro N°7 se exponen los valores de volúmenes anuales de mantenimiento para ambas etapas del proyecto.

El Plan de Dragados presenta un plazo de 20 semanas por año para las tareas de mantenimiento a una profundidad de 40ft, y un total de 25 semanas por año para el desarrollo de las tareas de mantenimiento a 47ft.

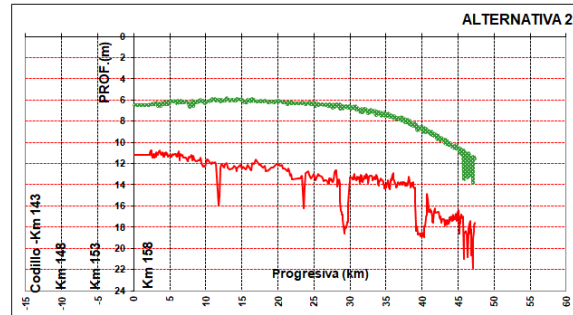
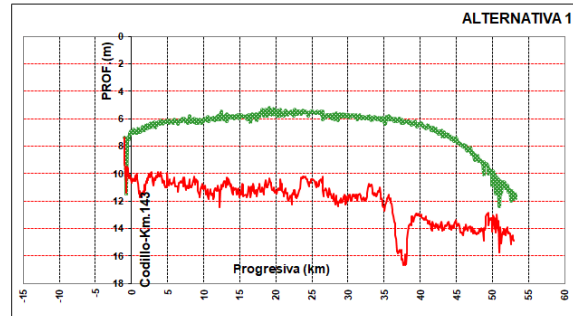
<b>TITULO:</b> Estudio para la Evaluación de la Contaminación en el Río de la Plata		<b>Localización:</b> Rio de La Plata	
<b>Nombre del archivo (para documentos digitales):</b> Documento papel			
<b>Autor:</b> Comisión Administradora del Río de la Plata (CARP) – Servicio de Hidrografía Naval (SHN, Argentina) – Servicio de Oceanografía, Hidrografía y Meteorología de la Armada (SOHMA, Uruguay)		Año: 1989	<b>ID documento:</b> 007
<b>Temáticas</b>			
Canales Navegación		Calidad de Aguas	
Aspectos Bióticos		Climatología	
Aspectos Económicos		Estudios Generales	
Aspectos Legales		Sedimentación	
Aspectos Sociales		Modelaciones	
Tráfico		Estudios sísmicos	
Geotecnia	X	Geología – Geomorfología	X
Noticia WEB/ portal		Dragado	
Notas/ Documentos/ Disposiciones, etc.			
<b>Resumen</b> En el marco del citado estudio se realizaron estudios morfológicos que permitieron distinguir áreas con rasgos particulares, identificadas como “unidades morfológicas” (UM).			
<b>DATOS DE INTERES A LOS EFECTOS DEL ESTUDIO</b>			
La UM mencionada Barra del Indio, constituye un rasgo característico, atravesado por la traza del nuevo canal, que es definido como una superficie suavemente convexa y subhorizontal, de dirección general NE, que, con profundidades entre 6,5 y 7,0 m, limita con un pronunciado escalón, comprendido entre las isobatas de 7,0 y 11,0 m.			

<b>TITULO:</b> Estudio geotécnico en el área del Canal Punta Indio – Punta Piedras. Estudio geofísico en el área del Canal Punta Indio – Punta Piedras.		<b>Localización:</b>  Rio de La Plata	
<b>Nombre del archivo (para documentos digitales):</b> HDRV/021/1999			
<b>Autor:</b> Hidrovía SA	<b>Año:</b> 1998/1999	<b>ID documento:</b> 008	
<b>Temáticas</b>			
Canales Navegación		Calidad de Aguas	
Aspectos Bióticos		Climatología	
Aspectos Económicos		Estudios Generales	
Aspectos Legales		Sedimentación	
Aspectos Sociales		Modelaciones	
Tráfico		Estudios sísmicos	<b>X</b>
Geotecnia	<b>X</b>	Geología – Geomorfología	<b>X</b>
Noticia WEB/ portal		Dragado	
Notas/ Documentos/ Disposiciones, etc.			
<b>Resumen</b>			
<p>Dichos estudios consistieron en la realización, al Sur del Canal Punta Indio, de dos levantamientos sismo – batimétrico de rumbo aproximado 132° y la obtención de 7 testigos mediante muestreador de caída libre tipo “Piston Corer”.</p>			

**Figuras/ Tablas de interés**



- █ Canal Magdalena (traza actual)
- █ Canal Magdalena (Alternativa 1)
- █ Canal Magdalena (Alternativa 2)
- █ Canal Punta Indio
- Testigo mediante "Piston Corer"



- █ Lecho = Techo Unidad "A"
- █ Techo Unidad "B"

**DATOS DE INTERES A LOS EFECTOS DEL ESTUDIO**

La empresa que actualmente tiene la concesión de la vía navegable (HDRV S.A.), realizó un análisis de alternativas paralelas a la traza original del Canal Magdalena en zona beta, donde se encontraron indicios de fondos duros a lo largo de la traza, a cota aproximada de -10m.

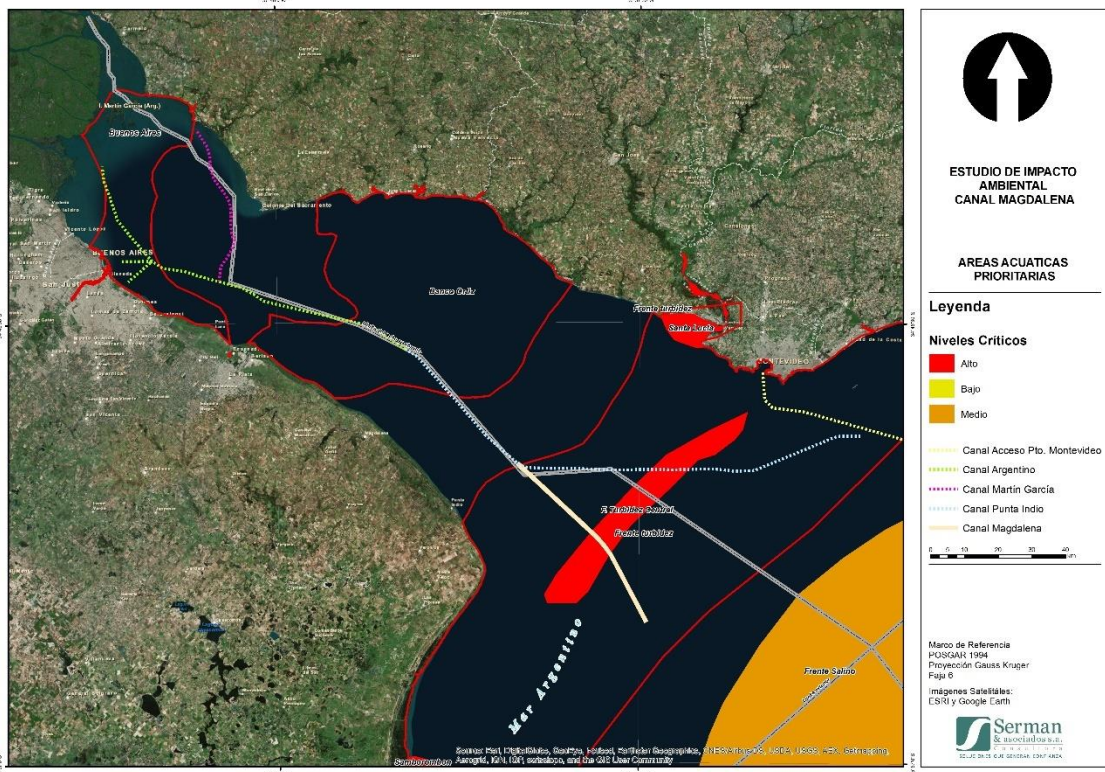
A efectos del dragado, fue posible reconocer la presencia de dos tipos de "unidades" de suelo:

El suelo tipo "A" fue caracterizado como un sedimento fino y homogéneo, de espesor uniforme (4,0 a 6,0 m) pero que aumenta hacia el final de las trazas (9,0 m);

El suelo tipo "B" tiene un espesor homogéneo de entre 20 y 30 m

<b>TITULO:</b> Estudio de Impacto Ambiental del Canal Magdalena		<b>Localización:</b>  Rio de La Plata	
<b>Nombre del archivo (para documentos digitales):</b> EIA Canal Magdalena Serman 2015			
<b>Autor:</b> Consultora Serman & Asociados S.A. ante DACARP		Año: 2015	<b>ID documento:</b> 009
<b>Temáticas</b>			
Canales Navegación	X	Calidad de Aguas	X
Aspectos Bióticos	X	Climatología	X
Aspectos Económicos	X	Estudios Generales	
Aspectos Legales	X	Sedimentación	X
Aspectos Sociales	X	Modelaciones	
Tráfico		Estudios sísmicos	X
Geotecnia	X	Geología – Geomorfología	X
Noticia WEB/ portal		Dragado	
Notas/ Documentos/ Disposiciones, etc.			
<b>Resumen</b>			
<p>El EIA realizado por la empresa, ante el pedido solicitado por la DACARP para ser presentado a la República Oriental del Uruguay consistió en la realización de la Línea de Base de Calidad Ambiental y el Estudio de Impacto Ambiental del Canal Magdalena. Dicho estudio permitió hacer una evaluación del efecto probable que la obra proyectada ocasionará a la navegación o al régimen del Río de la Plata.</p>			

**Figuras/ Tablas de interés**



**DATOS DE INTERES A LOS EFECTOS DEL ESTUDIO**

Capítulo 1: Introducción. Presentación del Proyecto del nuevo Canal de Navegación Magdalena.

Capítulo 2: Descripción del Proyecto: características generales.

Capítulo 3: Línea de Base Ambiental. Descripción del medio físico, biótico y socioeconómico del área de influencia y de afectación directa del proyecto. Análisis físico-químicos de muestras de agua y sedimentos.

Capítulo 4: Evaluación de Impactos Ambientales.

Capítulo 5: Medidas de Protección Ambiental y Plan de Gestión Ambiental.

## 3.2 CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA

### 3.2.1 ASPECTOS MORFOLÓGICOS Y GEOLÓGICOS-GEOTÉCNICOS

En este punto se han analizado minuciosamente los antecedentes disponibles, a fines de concluir sobre los aspectos que impactan directamente sobre el costo de las obras, y por ende sobre la factibilidad del proyecto. Estos son: (a) dragabilidad del lecho; (b) volúmenes y tipos de material a dragar; (c) selección de equipos de dragado.

En cuanto al procedimiento de trabajo, se tomaron los antecedentes disponibles, se contrastaron en toda oportunidad en que fue disponible, y se arribaron conclusiones relativas al tipo de suelo presente a lo largo de la traza, y las profundidades de los diferentes tipos de suelo esperables, cuando se identificaran suelos heterogéneos. Esta caracterización se basa en los siguientes antecedentes:

Los trabajos realizados por el Servicio de Hidrografía Naval (SHN) en el marco del “Estudio para la Evaluación de la Contaminación en el Río de la Plata” que incluyeron la recopilación de perforaciones subacuáticas y la realización de perfiles sísmicos.

Los trabajos realizados, en el año 2014, por Ezcurra & Schmidt SA (ESSA) para Estudio de Ingeniería Hidráulica SA (EIH SA), que incluyeron relevamientos sismo – batimétricos y muestreo y análisis granulométrico de un total de 25 muestras de sedimentos superficiales de fondo distribuidas según la traza principal del canal propuesto a los que se sumaron 11 testigos verticales de longitud variable, entre 1,65 y 3,50 m, obtenidos mediante muestreador de caída libre (“Coring”) en los cuales se realizaron las siguientes determinaciones: a) “en sitio”: resistencia a la penetración (mediante penetrómetro portátil) y resistencia al corte (mediante veleta portátil); y b) en laboratorio: densidad seca y húmeda a partir de submuestras correspondientes a los primeros 20 cm (superficial) y a los siguientes 20 cm (subsuperficial).

Los trabajos realizados, en el año 2015, por Ezcurra & Schmidt SA (ESSA) para la Delegación Argentina ante la Comisión Administradora del Río de la Plata (DACARP), que incluyeron relevamientos sismo – batimétricos del perfil longitudinal del canal proyectado (61,6 km de longitud) y cuatro perfiles transversales (con longitudes variables entre 11,7 y 20,4 km) a los que se sumaron 28 testigos verticales de longitud variable, entre 1,64 y 6,00 m, obtenidos mediante equipo “Vibrocorer”, con determinaciones, “en sitio” y a diferentes profundidades, de la resistencia a la penetración (mediante penetrómetro portátil) y la resistencia al corte (mediante veleta portátil).

#### 3.2.1.1 Caracterización General

De acuerdo a Violante, Cavallotto y Kandus (2008)<sup>1</sup>, el Río de la Plata y el delta del Paraná, junto con los ambientes circundantes (Ilanuras costeras del Este bonaerense y del Sur y SW entrerriano)

---

<sup>1</sup> **Violante, R. A.; Cavallotto, J. L. y Kandus, P. (2008).** Sitios de interés geológico de la República Argentina: El Río de la Plata y el Delta del Paraná. Instituto de Geología y Recursos Minerales – Servicio Geológico Minero Argentino; Anales N° 46, II.



constituyen un conjunto relacionado genéticamente cuya evolución estuvo condicionada por las migraciones de la línea de costa producidas por los ascensos y descensos del nivel del mar iniciadas hace unos 6.000 años antes del presente; dicho proceso condicionó tanto la geología, hidrología y edafología de la región como, también, sus características biogeográficas y ecológicas.

De esta forma, conforme a los autores antes citados, el Río de la Plata y el delta del Paraná, junto a otros ambientes asociados genéticamente, integran un conjunto que abarca una superficie de 58.900 km<sup>2</sup> y que se extiende, a lo largo de más de 700 km, desde la localidad de Diamante (Entre Ríos) hasta el ámbito de la plataforma submarina adyacente a la desembocadura del Río de la Plata.

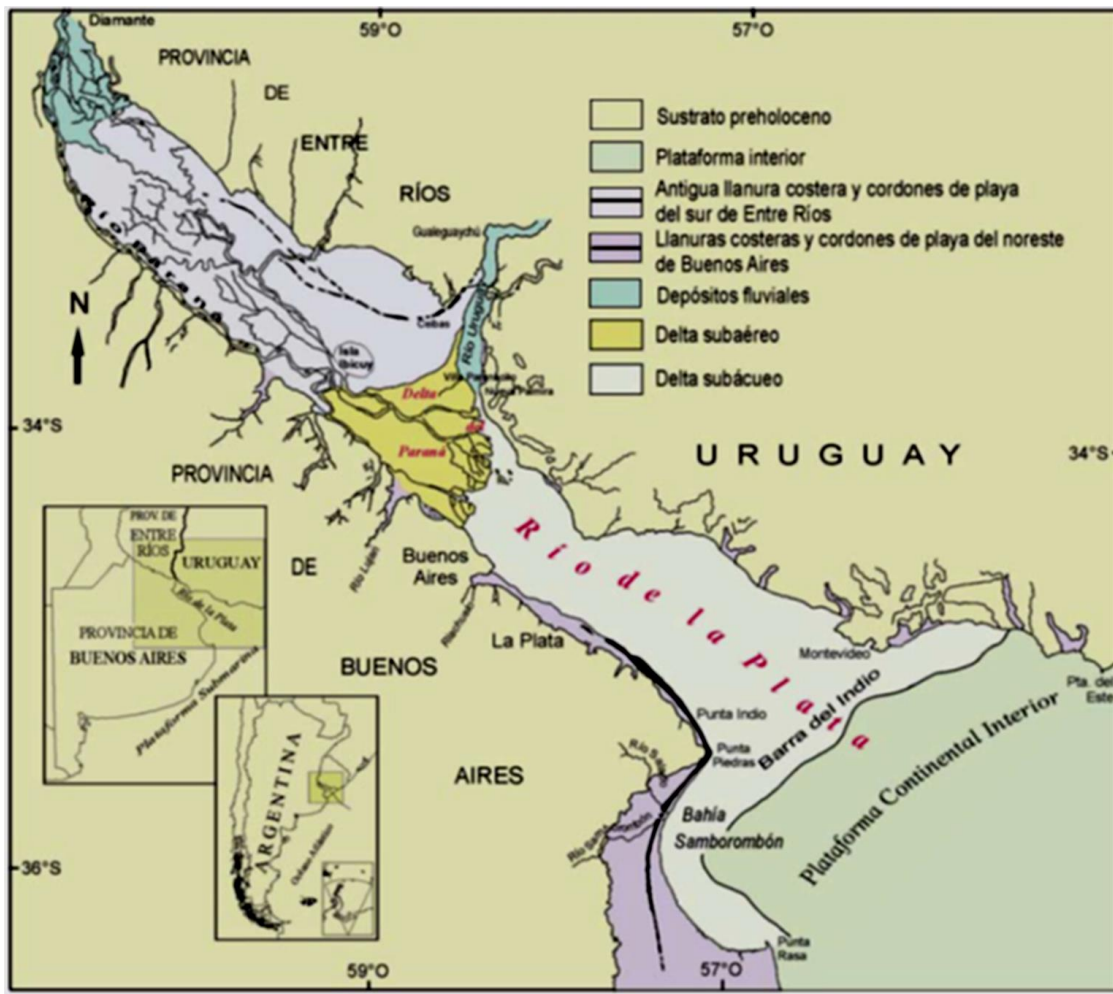


Figura 1: Mapa geológico –morfológico regional del Río de la Plata, delta del Paraná y ambientes asociados Fuente: tomado de: Violante, Cavallotto y Kandus, 2008.

El Río de la Plata propiamente dicho, que constituye el colector de la segunda cuenca hidrográfica del continente suramericano (3.170.000 km<sup>2</sup>; Tossini, 1959)<sup>2</sup>, tiene una particular forma de embudo

2 Tossini, L. (1959). Sistema hidrográfico y cuenca del Río de la Plata: Contribución al estudio de su régimen hidrológico. En: Anales de la Sociedad Científica Argentina, 167 (3–4): 41 – 64.

abierto hacia el mar, una profundidad media del orden de los 6,0 m (a excepción de los canales de navegación donde se desarrollan obras de dragado) pasando a 10 – 20 m en su desembocadura y un conjunto de características, muy particulares y complejas, dadas por la interacción entre las aguas fluviales (del orden de los 22.000 m<sup>3</sup>/s) y marinas (que ingresan desde el Océano Atlántico por la acción de las mareas, en régimen semidiurno con desigualdades diurnas)<sup>3</sup> que determinan condiciones físico – químicas, sedimentológicas y biológicas típicas (Violante, Cavallotto y Kandus, 2008): la zona más interior presenta características netamente fluviales mientras que en la más exterior predomina el ambiente marino. Entre ambas se desarrolla una zona de características estuarinas donde la salinidad fluctúa entre 0 y 5 ‰ (localizada – dependiendo de la interacción entre la descarga, las mareas y la acción de los vientos – entre las secciones transversales definidas, sobre la costa uruguaya, por las denominadas Punta Tigre y Punta Brava y con ligero corrimiento hacia el SE sobre la costa argentina)<sup>4</sup> donde se desarrolla, además, una capa de máxima turbiedad en la que las partículas transportadas en suspensión adquieren máxima concentración y sufren procesos de floculación que provocan su deposición y la conformación de un rasgo morfológico característico denominado “Barra del Indio”.<sup>5</sup>

---

3 **Mazio, C. y Martínez, C. M. (1989).** Aspectos Físicos. En: CARP – SHIN – SOHMA (Eds.) Estudio para la Evaluación de la contaminación en el Río de la Plata. Comisión Administradora del Río de la Plata (Ed.) 422 págs. y Anexo cartográfico.

4 **Nagy, G. J.; López Laborde, J. y Anastasia, L. H. (1987).** Caracterización de ambientes del Río de la Plata Exterior (salinidad y turbiedad óptica). Investigaciones. Oceanológicas. 1(1): 31 – 56.

5 De acuerdo a Nagy, López Laborde y Anastasia (1987). el límite máximo de turbiedad se localiza entre las secciones transversales definidas, sobre la costa uruguaya, por las denominadas Punta Yeguas y Punta Espinillo concordando con la información proveniente de imágenes satélite [Gagliardini et al., 1983; Karszenbaun et al., 1983; Jackson, 1984; Ayup, 1987; Nagy, 1989; Framiñan y Brown, 1996].

**Gagliardini, D. A.; Karszenbaun, H.; Legeckis, R. y Klemas, V. (1983),** Application of Landsat MSS, NOAA-TIROS AVHRR and Nimbus CZCS to study La Plata river and its interaction with the ocean. Remote Sensing of the Environment 15: 21 – 36.

**Karszenbaun, H.; Gagliardini, D. A.; Klemas, V.; Dominguez, F. y Legeckis, R. (1983).** The applicability of TIROS – NOAA advanced very high-resolution radiometer data to studies of large estuaries, 17° Int. Symposium on Remote Sensing of the Environment, Ann Arbor, Michigan.

**Jackson, J. M. (1984).** Contributions to the geology and hydrology of southeastern Uruguay based on visual satellite remote sensing interpretation, Munchener Geographische Abhandlungen, Munich, 72 pgs.

**Ayup, R. N. (1987).** Intercambio sedimentar entre Río de la Plata Exterior e la plataforma continental adyacente. Pesquisas 19: 106 – 206.

**Nagy, G. J. (1989).** Bilan des connaissances sur l'hydrologie et l'hydrodynamique sédimentaire du Río de la Plata. Apports de la teledetection et consequences sur l'environnement biologique. Univ. de Bordeaux I, Rapport du D.E.A. Oceanologie.

**Framiñan, M. B. y Brown, O. B. (1996).** Study of the Río de la Plata turbidity front. Part I: Spatial and temporal distribution. Continental Shelf Research 6(10): 1259 – 1282.

3.2.1.2 Análisis de Información Geológica-Geotécnica del CM

El estudio llevado adelante por los organismos CARP – SHIN – SOHMA<sup>6</sup>, en 1989 sobre la base del relevamiento integral de 1964 – 1969, incluye estudios morfológicos que permitieron distinguir áreas con rasgos particulares, identificadas como “unidades morfológicas”, que fueron caracterizadas por Cavallotto (1987) y Parker y López Laborde (1988, 1989)<sup>7</sup>. Entre ellas, la ya mencionada Barra del Indio, constituye un rasgo característico, atravesado por la traza del nuevo canal, que es definido como una superficie suavemente convexa y subhorizontal, de dirección general NE, que, con profundidades entre 6,5 y 7,0 m, limita con un pronunciado escalón, comprendido entre las isobatas de 7,0 y 11,0 m. Dicha unidad corresponde a una forma de agradación reciente, la más oriental del Río de la Plata, constituida por materiales arcillosos apoyados en discordancia – y avanzando progresivamente (hacia el SE) – sobre arenas relictas del Holoceno (Urien, 1967)<sup>8</sup>.

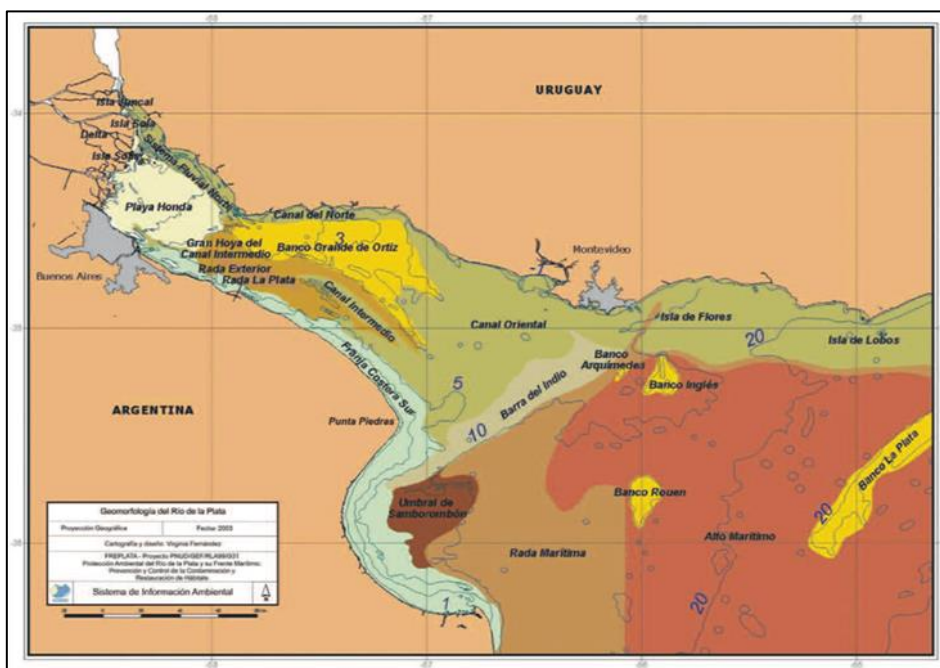


Figura 2: Unidades morfológicas del Río de la Plata Fuente: tomado de: FREPLATA, 2004<sup>9</sup>

6 Comisión Administradora del Río de la Plata (CARP) – Servicio de Hidrografía Naval (SHN, Argentina) – Servicio de Oceanografía, Hidrografía y Meteorología de la Armada (SOHMA, Uruguay) (1989). Estudio para la Evaluación de la Contaminación en el Río de la Plata. 422 págs. y Anexo cartográfico.

7 **Parker, G. y López Laborde, J. (1988).** Morfología y Variaciones Morfológicas del lecho del Río de la Plata. SHN – SOHMA, Informe Técnico N° 4, Tarea 2.1.3.

**Parker, G. y López Laborde, J. (1989).** Aspectos geológicos. En: CARP – SHIN – SOHMA (Eds.): Estudio para la Evaluación de la Contaminación en el Río de la Plata. 422 págs. y Anexo cartográfico.

8 **Urien, C. M. (1967).** Los sedimentos modernos del Río de la Plata Exterior. Boletín del Servicio de Hidrografía Naval (SHN) 4(2): 113 – 213.

9 **FREPLATA (2004).** Análisis Diagnóstico Transfronterizo del Río de la Plata y su Frente Marítimo. Documento Técnico. Proyecto Protección Ambiental del Río de la Plata y su Frente Marítimo. Proyecto PNUD/GEF/RLA/99/G31.

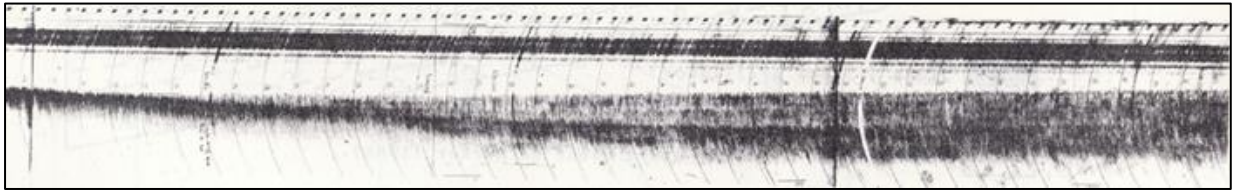


Figura 3: Registro acústico que muestra la expresión morfológica de la Barra del Indio y la superposición de los niveles transparentes que convergen en el borde de la misma sobreponiéndose a las arenas transgresivas Fuente: tomado de: Parker y López Laborde, 1989.

En cuanto a la estratigrafía del Río de la Plata, los principales estudios corresponden a Parker (1985, 1990)<sup>10</sup> quien, basado en la interpretación estratigráfica de una serie de perforaciones geotécnicas, y en conjunto con relevamientos sísmicos, define: a) un paquete sedimentario (Grupo Río de la Plata) que constituye el relleno del paleocauce y que está conformado por: 1) arcillas marinas transgresivas, verdes y grises, medianamente compactas, con niveles de conchillas a veces descalcificadas y niveles basales con abundante materia orgánica, que rellenan las partes más profundas del paleocauce (Formación Atalaya); y 2) arenas, limos y arcillas limosas, en equilibrio con la dinámica actual, que, normalmente, se encuentran por encima de la unidad anterior y ocasionalmente sobre conjuntos litológicos más antiguos (Formación Playa Honda); y b) el paleocauce que, a su vez, también está compuesto por dos elementos principales: 1) “rocas y piedras”: afloramientos de rocas metamórficas y/o graníticas típicos de la costa uruguaya; y 2) “toscas”: fondos medianamente consolidados y duros que en la costa uruguaya se describen como toscas rojas y verdes con arenas blancas, negras y “pedregullos” intercalados (Formación Punta Dorado) mientras que en la costa argentina son descritas como toscas gris rosadas y amarillentas con presencia de limos y arenas con mica (Formación Puerto Olivos).

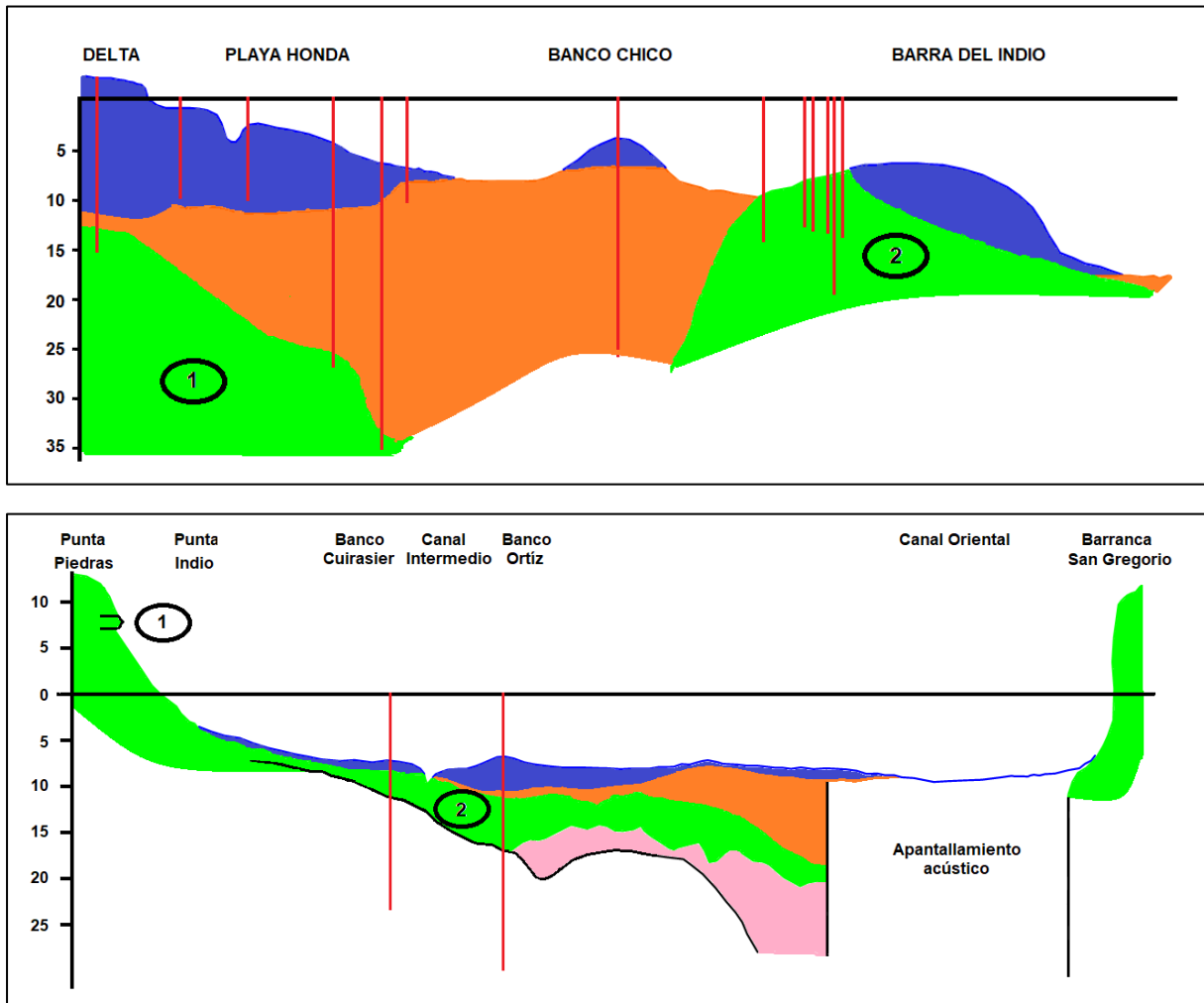
Dentro de ese paquete sedimentario, Parker (1985) distingue dos estratos cuneiformes, de origen marino, que presentan litologías homogéneas, iguales posiciones estratigráficas e intervalos aproximadamente constantes: a) margas calcáreas, toscas verdosas y blancas con conchillas que se encuentran subaflorantes en las inmediaciones de “El Codillo” llegando a alcanzar profundidades entorno a los -15,0 m (miembro Barra del Indio); y b) otro ubicado entre cotas +9,0 y +10,0 m (miembro Martín García).

Cabe destacar que el autor en consideración presenta diversos cortes estratigráficos resultando de particular interés los correspondientes al perfil Delta del Paraná – Barra del Indio y Punta Piedras (costa argentina) – Barranca de San Gregorio (costa uruguaya); el primero de ellos muestra la identidad estratigráfica entre los depósitos que forman el delta emergido con las arenas y fangos aluviales del lecho del río (Formación Playa Honda) y su disposición por encima de las arcillas verdes (Formación

10 Parker, G. (1985). El subsuelo del Río de la Plata: Recopilación de Perforaciones. Servicio de Hidrografía Naval (SHIN, Rep. Argentina). División Geología Marina, Informe Técnico N° 36/85.

Parker, G. (1990). Estratigrafía del Río de la Plata. Revista de la Asociación Geológica Argentina 45(3-4): 193 – 204.

Atalaya) así como la presencia, en las proximidades de la Barra del Indio, aflorando y/o subaflorando, de toscas gris rosadas y amarillentas (Formación Puerto Olivos).



REFERENCIAS

	Form. Playa Honda	<b>1</b>	Miembro Martín García
	Form. Atalaya	<b>2</b>	Miembro Barra del Indio
	Form. Puerto Olivos		
	Form. Puelches		

Figura 4: Perfiles estratigráfico “Delta del Paraná – Barra Del Indio” y “Punta Piedras – Barranca de San Gregorio”. Fuente: Parker, 1985, 1990.

Los antecedentes bibliográficos antes descriptos concuerdan con los resultados obtenidos en los trabajos de campo realizados por Ezcurra & Schmidt SA (2014, 2015) que incluyeron el relevamiento sísmo – batimétrico de la traza del eje del nuevo canal en conjunto con la toma de muestras superficiales (mediante draga Van Veen) y subsuperficiales (mediante muestreadores de caída libre y “Vibrocorer”).

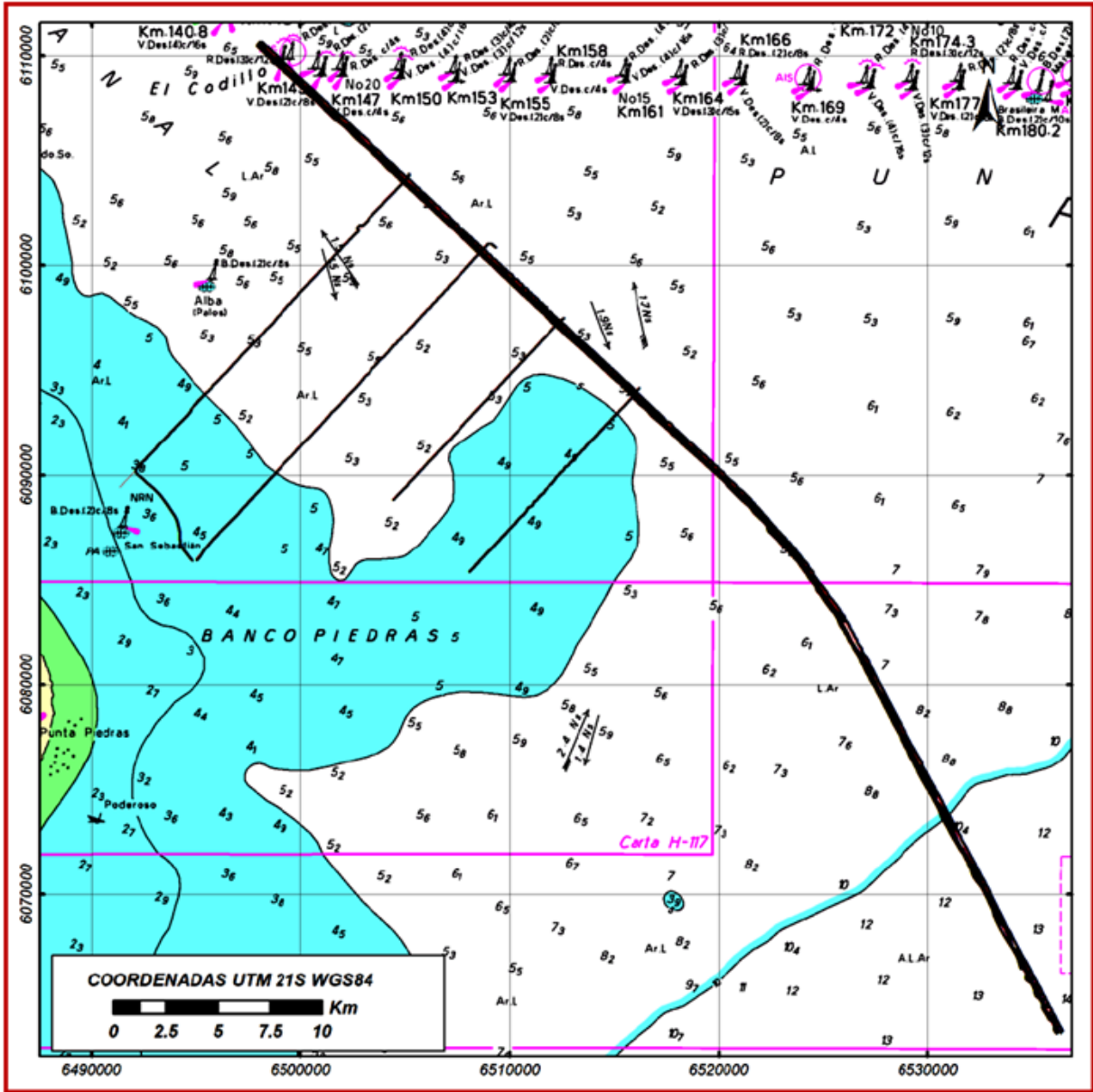


Figura 5: Traza del relevamiento sismo – batimétrico. Fuente: Ezcurra & Schmidt SA (2015)

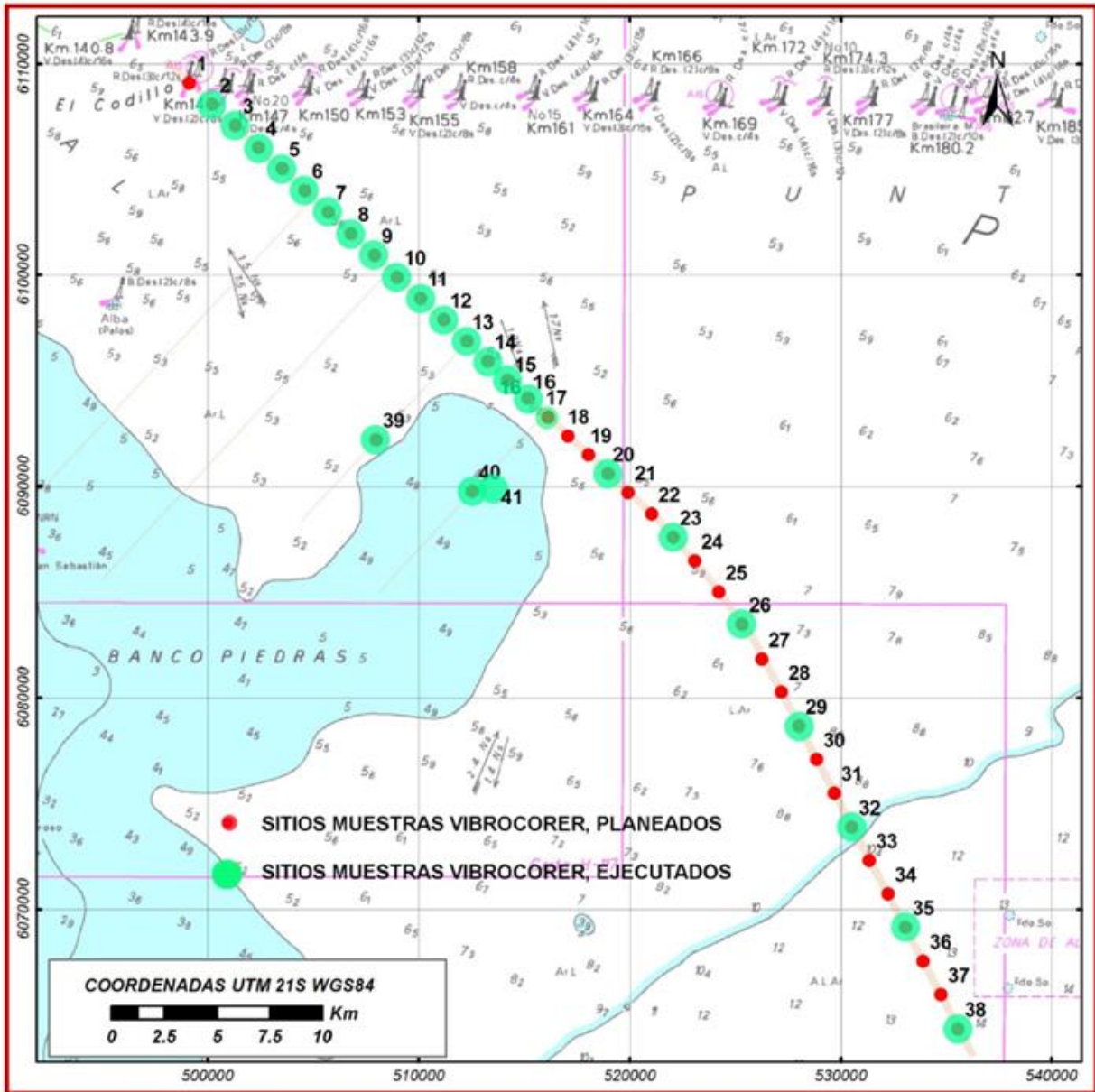


Figura 6: Puntos de muestro de suelos (“Vibrocorer”), planificados y realizados. Fuente: Ezcurra & Schmidt SA (2015).

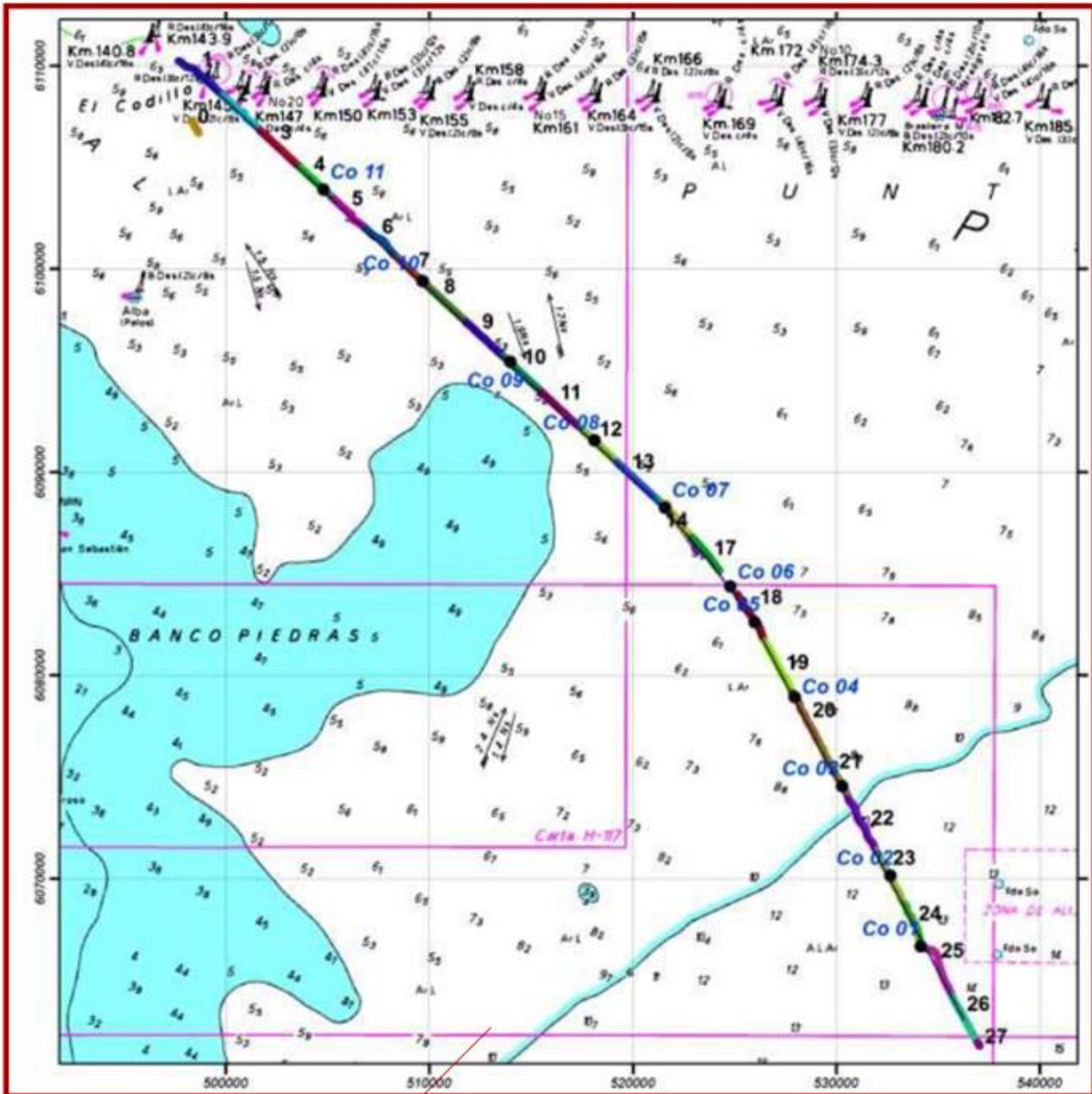


Figura 7: Ubicación de los puntos de muestreo de suelos (“Piston corer”). Fuente: Ezcurra & Schmidt SA (2014):

De esta forma, Ezcurra & Schmidt SA (2015) reconocieron cuatro unidades sismo – estratigráficas donde la denominada unidad “A” (sedimentos superficiales recientes), que correspondería a materiales blandos y muy blandos, se superpone a las unidades “B” (sedimentos marinos semi – consolidados y consolidados), “C” (sedimentos marinos semi – consolidados a consolidados) y “D” (sedimentos continentales consolidados) que corresponderían a materiales moderadamente duros a muy duros.



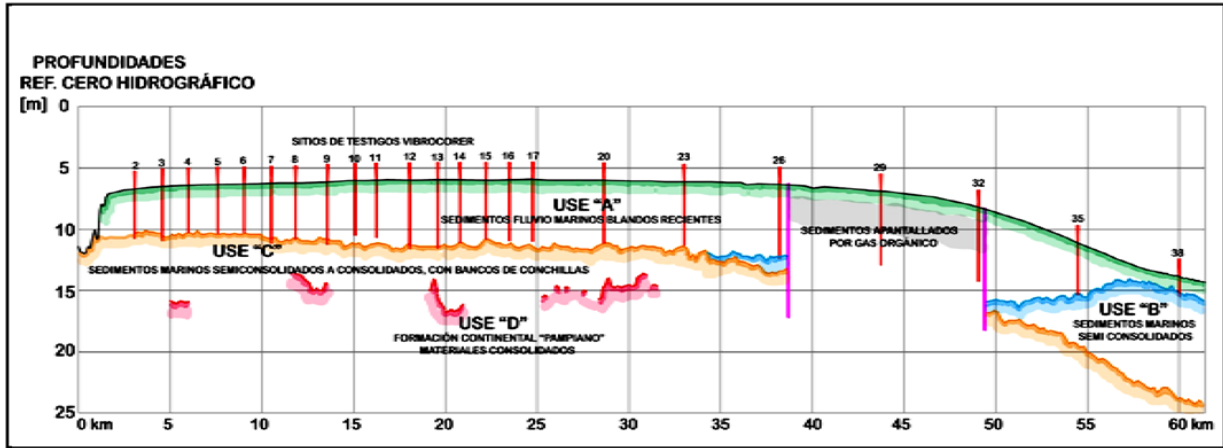
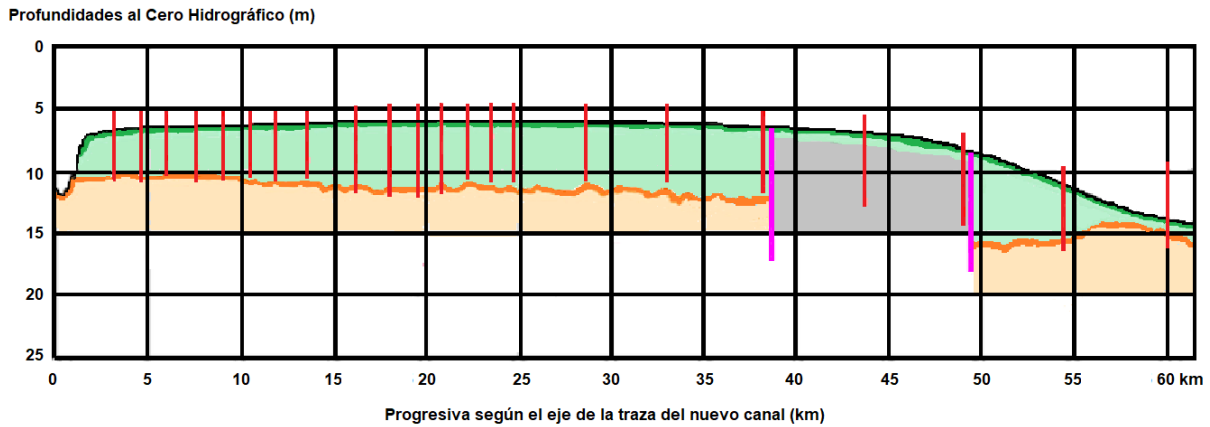


Figura 8: Perfil geológico esquemático correspondiente al eje del nuevo canal. Fuente: Ezcurra & Schmidt SA (2015)



REFERENCIAS

- Apantallamiento acústico
- Materiales blandos y muy blandos
- Materiales moderadamente duros a muy duros

Figura 9: Reinterpretación en función de las características de los materiales (blandos y muy blandos / moderadamente duros a muy duros) del perfil estratigráfico propuesto por Ezcurra y Schmidt SA (2015).

Es así como, considerando la posición de cada unidad en el perfil, se deduce que, en líneas generales, una buena parte de los materiales en profundidades superiores a 10,5 / 11,0 m al cero local corresponderían, mayoritariamente, a materiales moderadamente duros a muy duros, lo cual queda confirmado al graficar los resultados de las mediciones in situ de resistencia a la penetración y resistencia al corte en función de la profundidad de las muestras.

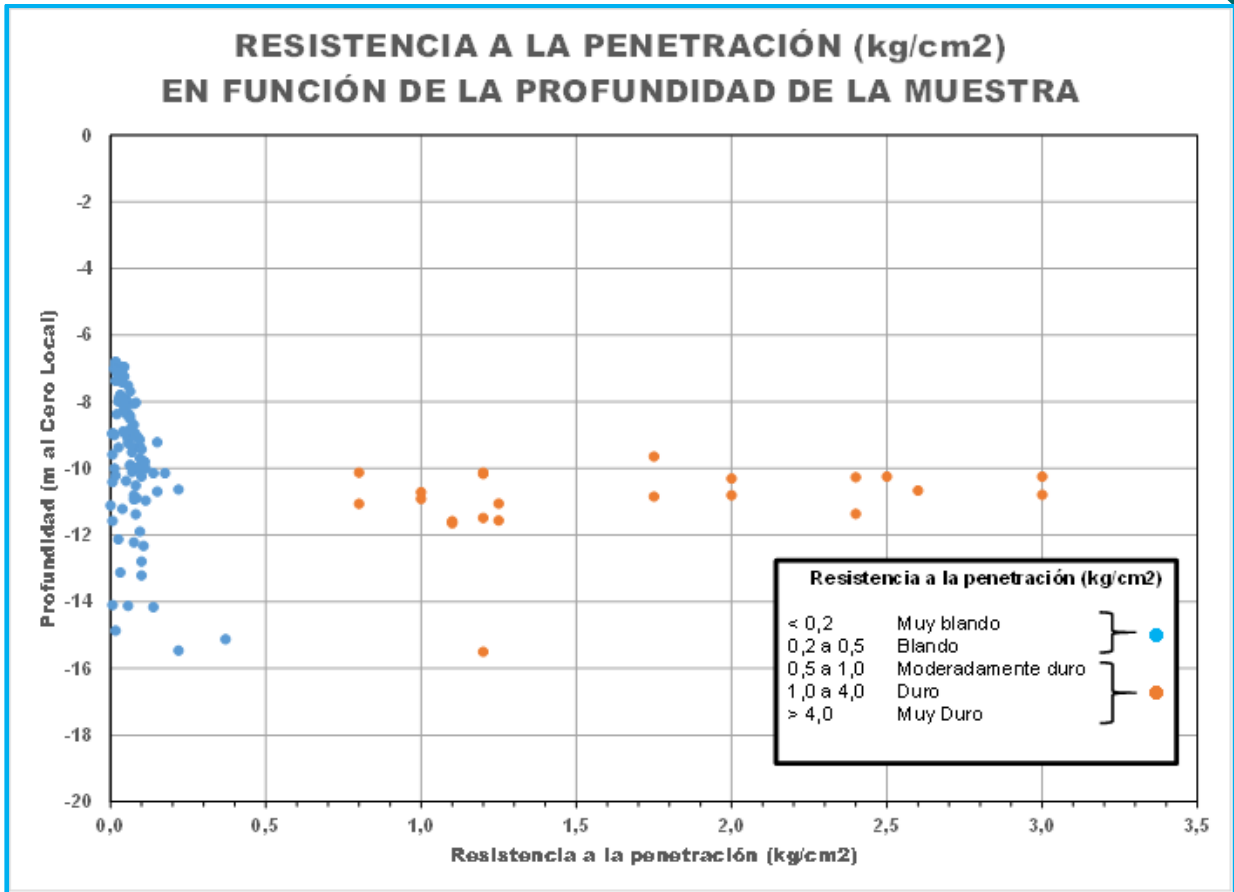


Figura 10: Variación de las características de los materiales (blando y muy blando / moderadamente duro a muy duro) con la profundidad de la muestra en función de la resistencia a la penetración (kg/cm<sup>2</sup>). Fuente: elaboración propia.

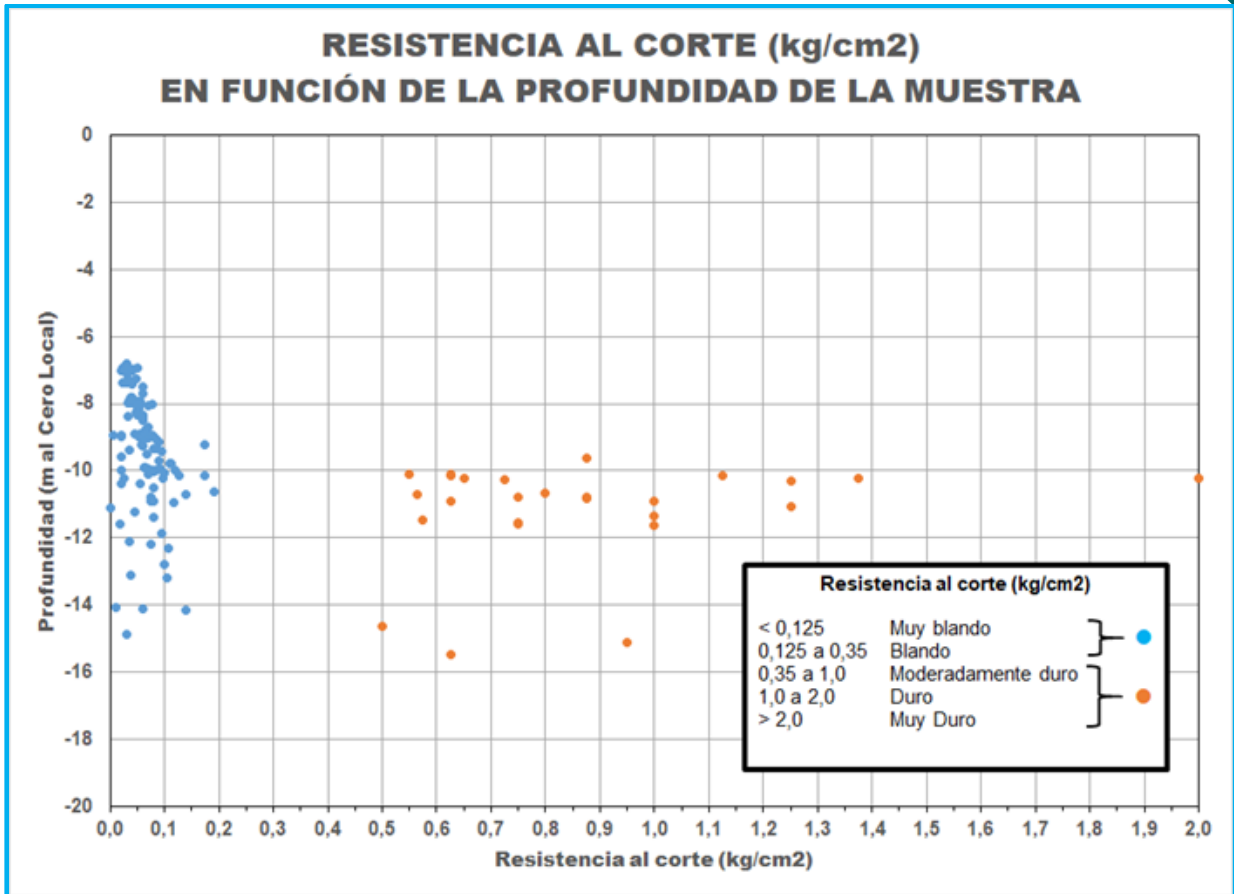


Figura 11: Variación de las características de los materiales (blando y muy blando / moderadamente duro a muy duro) con la profundidad de la muestra en función de la resistencia al corte (kg/cm2). Fuente: elaboración propia.

### 3.2.1.3 Canal Punta Indio

Los resultados anteriores sobre los aspectos geotécnicos en el Canal Magdalena plantean la necesidad de analizar la situación actual del Canal Punta Indio, el cual, en el caso de ser profundizado más allá de los 34 pies actuales, pueda incluir la presencia de fondos duros también.

Entre los antecedentes consultados, el estudio más reciente sobre el proyecto de profundización<sup>11</sup>, (Capítulo 5 del Tomo 2), menciona que existen estudios de campo precedentes llevados adelante por la empresa que actualmente tiene la concesión de la vía navegable, en oportunidad del análisis de alternativas al Canal Magdalena en zona beta donde se encontraron indicios de fondos duros a lo largo de la traza, a cota aproximada de -10m<sup>12</sup>.

11 **LatinoConsult, (2020)**. Servicio de Consultoría para el Estudio de Factibilidad Técnico – Económica del próximo período de Concesión del Sistema de Navegación Troncal, llevado adelante por la firma Latinoconsult, a pedido de la Cámara de Puertos Privados Comerciales (CPCC) – Bolsa de Comercio de Rosario (BCR) – Cámara De Actividades Portuarias y Marítimas (CAPyM) – Cámara Argentina del Acero (CAA) – Unión Industrial Argentina (UIA).

12 **Hidrovia (1998, 1999)**. Este antecedente corresponde al Informe HDRV/021/1999, Levantamiento sismo – batimétrico y Toma de testigos verticales mediante muestreador de caída libre (“Piston corer”). Equipo tipo

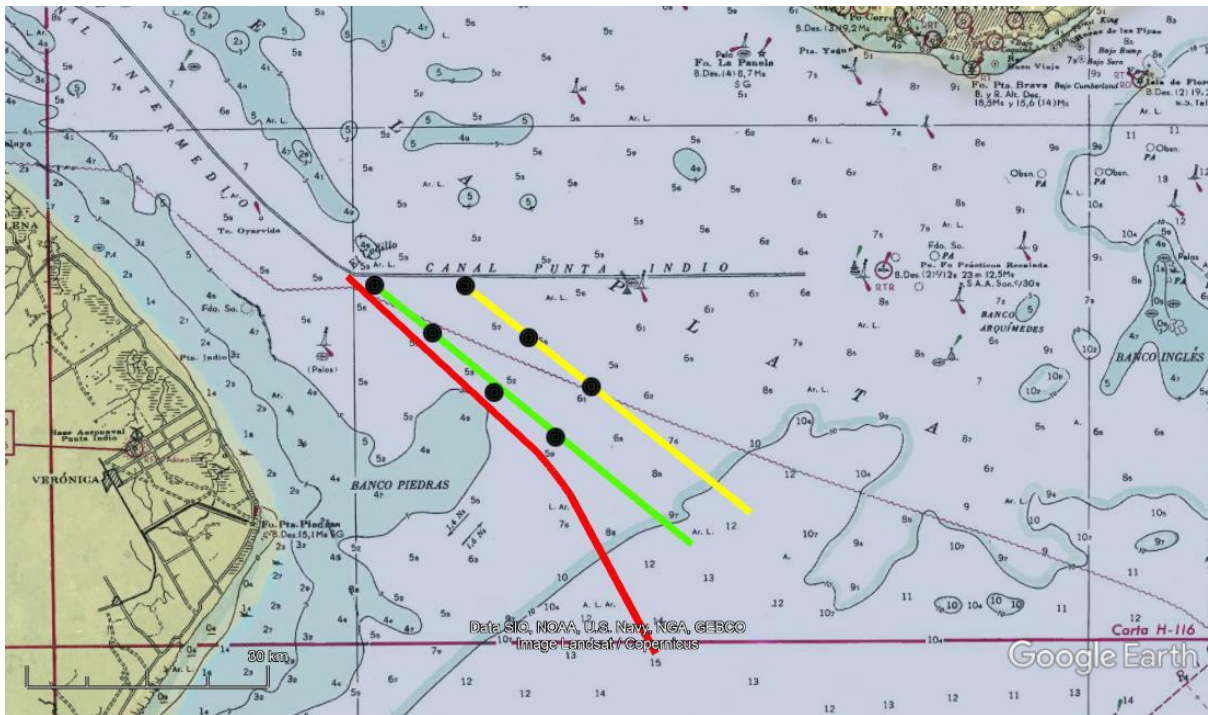


Figura 12: Traza del canal propuesta y relevamientos realizados por Hidrovía SA (1998, 1999)

Efectivamente, en este estudio se logró el reconocimiento de dos unidades (desde la cima a la base):

“A”: Sedimento fino y homogéneo, espesor uniforme (4,0 a 6,0 m) que aumenta hacia el final (9,0 m)

“A1”: No supera (salvo excepciones) los 3,0 a 4,0 m de espesor. Capa superior de arcillas blandas y plásticas, color marrón grisáceo oscuro con limo, conchillas y grava y capa superficial de barro (pocos centímetros de espesor)

“A2”: Espesor no superior a 2,5 m (en sector Sur alcanza los 4,0 m). Arcilla con limo y arena hacia la base

“B”: Espesor homogéneo (20 a 30 m)

“B1”: Presente en la mitad Norte desapareciendo hacia el Sur. Limo arcilloso, marrón verdoso con cantos rodados de caliza

“B2”: Mayores espesores hacia el Sur (no evidente en el Norte). Limo arcilloso compacto y parcialmente cementado

UNIBOOM (EG&G 230 sobre catamarán con fuente sísmica EG&G 234, disparos de 300 joules y anguilas de 20 hidrófonos)

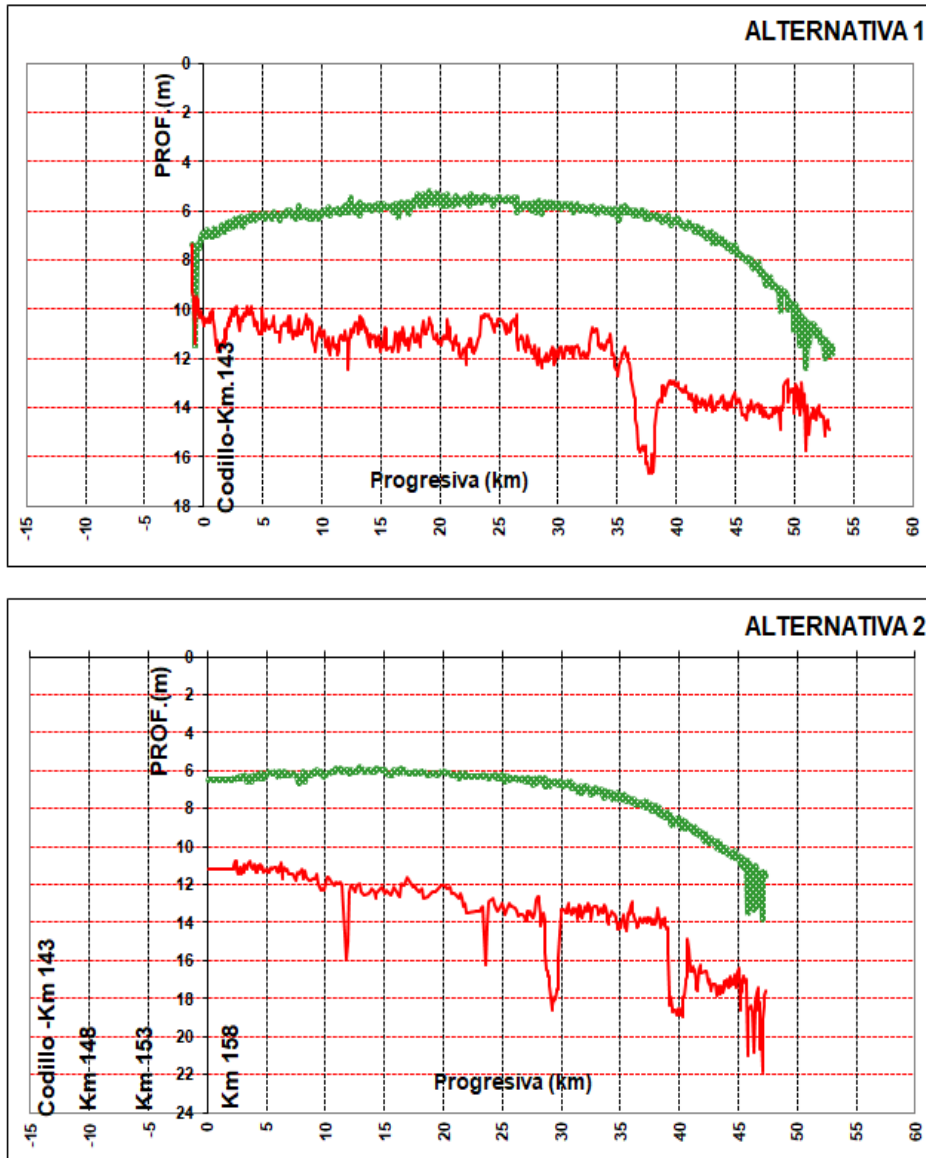


Figura 13: Canal Magdalena: Alternativas 1 y 2. Fuente: Hidrovía 98/99.

Si bien este estudio se enfoca en trazas paralelas al canal Magdalena, los resultados de sus extremos aguas arriba son coincidentes con la zona de la traza actual del Canal Punta Indio aguas abajo del Codillo. Estas evidencias se han cotejado de realizarse este informe con otros antecedentes, inclusive los ya mencionados que han caracterizado todo el Río de La Plata de costa a costa, para procurar arribar a conclusiones relativas a los volúmenes esperables.

En adición a esto, el informe de la BCR-CPCC del año 2020 ya mencionado incluye una tabla donde se estiman, para una hipótesis alternativa en la que pudieran existir fondos duros, volúmenes de hasta 23,43 Mm<sup>3</sup> que deberían ser dragados mediante draga de cortador.

Profundidad	Hipótesis Básica		Hipótesis Alternativa	
	TSHD	CSD	TSHD	CSD
36	18.12	0.00	13.22	4.90
38	31.53	0.00	21.86	9.66
40	50.00	0.00	34.02	15.98
42	72.50	0.00	49.08	23.43

Tabla 1: Profundización Canal Punta Indio, hipótesis de existencia de suelos duros. Fuente: Estudio BCR 2020

No obstante, tal informe aclara que, a los efectos de estimación de costos, se trabajó sobre la hipótesis de suelos blandos en toda la profundización del Canal Punta Indio. Probablemente esta determinación sea basada en que, hasta el momento, nunca fue utilizada una draga de cortador en el tramo del Canal Punta Indio. Sin embargo, de acuerdo a los datos recopilados, durante las campañas de profundización de 32 a 34 pies, llevadas adelante por el concesionario entre 2004 y 2005, el equipamiento utilizado fue una draga tipo TSHD (dragas de succión por arrastre) muy potente denominada Francis Beaufort que no había sido utilizada en otras oportunidades.

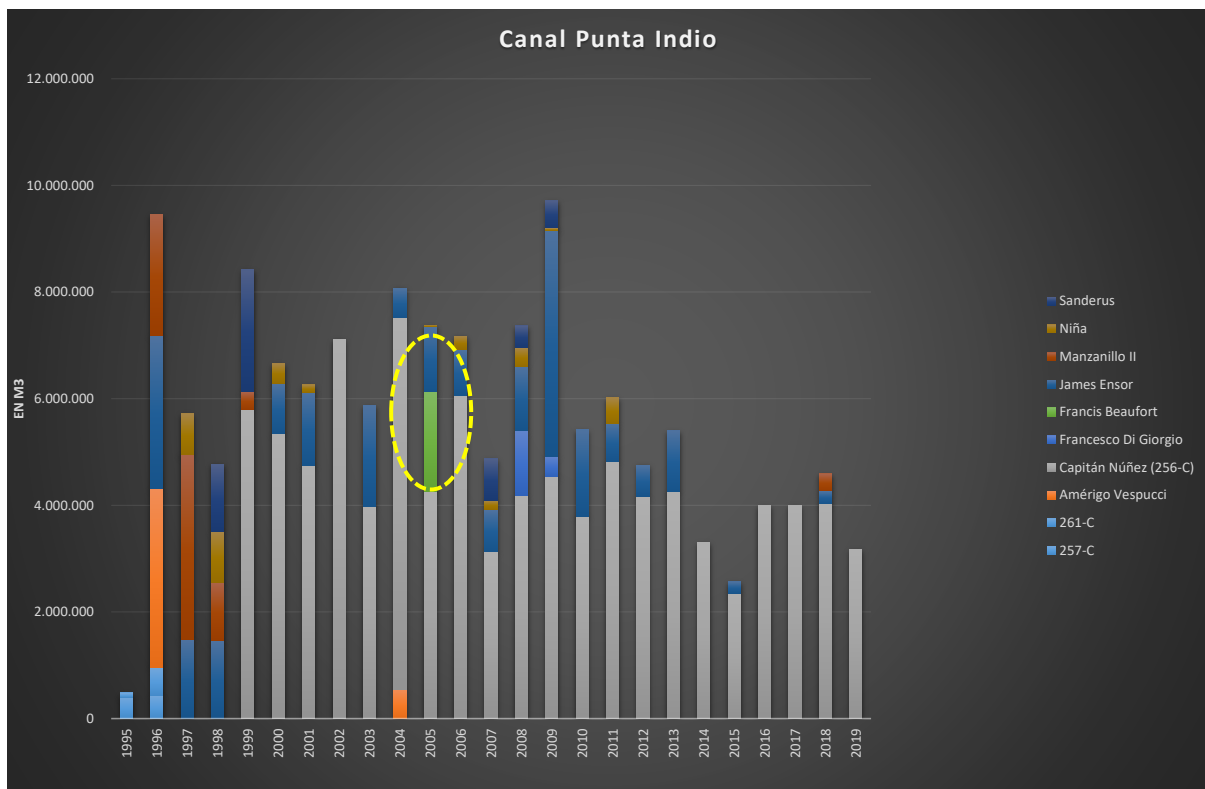


Figura 14: Volúmenes dragados en el Canal Punta Indio durante la concesión de la VNT (1995-2019) indicados por Dragas empleada.

Esta draga, tiene una capacidad de cántara de 11.000m<sup>3</sup>, un cabezal de 8m de ancho y podría pensarse que la potencia de la misma fue aprovechada en oportunidad de un dragado muy puntual de apertura, con material probablemente duro en cierta proporción.

Las dragas de succión por arrastre, a veces se presentan como una alternativa cuando se trata de suelos con mayor nivel de compactación, y las condiciones ambientales son desfavorables, y lo que

se busca es una operación con menor rendimiento, pero mayor continuidad. Los análisis de alternativas de dragado siempre deben compensar entre las variables: tiempo de uso de los equipos, rendimientos, producción y tiempo total empleado para el trabajo.

#### 3.2.1.4 Conclusiones

En síntesis, los antecedentes bibliográficos y los trabajos de campo muestran una fuerte correlación, y para el caso particular de la traza del Canal Magdalena evidencian la presencia de fondos duros.

Las obras de dragado proyectadas más allá de los 34 pies de profundidad involucrarán tanto materiales blandos a muy blandos (los más superficiales) como moderadamente duros a duros (los más profundos).

La dureza de dicho material -en general presente por debajo de los 10 a 11m de profundidad- podrá ser variable según el grado de cementación que tenga, sin embargo, en el caso del Canal Magdalena muy probablemente determine la necesidad de contar con equipos de dragado especiales para estos materiales para asegurar un trabajo eficiente.

En el caso del Canal Punta Indio, a partir de datos concretos sobre estudios antecedentes, equipos de dragado utilizados en los últimos 25 años, y estudios de campo con cierta información parcial sobre la traza del mismo, se estima que la presencia de suelos duros por debajo de los 10m de profundidad, es tan probable como en el Canal Magdalena. Debe resaltarse que el objetivo de estudiar volúmenes en el canal Punta Indio responde a la necesidad de establecer una base comparable con la información disponible para el Canal Magdalena, de modo de que cualquier comparación de costos que luego resulte en conclusiones sobre la factibilidad, sea equiparable.

### 3.2.2 ASPECTOS SEDIMENTOLÓGICOS E HIDRODINÁMICOS

#### 3.2.2.1 Antecedentes específicos relevantes

Para esta parte, se ha procedido a la recopilación, sistematización y análisis de los principales antecedentes bibliográficos referidos a los aspectos sedimentológicos del Río de la Plata:

- Estudio hidrosedimentológico incluyendo muestreos sedimentológicos y tareas de modelación matemática (Estudio de Ingeniería Hidráulica SA – EIH SA).
- Línea de Base de Calidad Ambiental incluyendo la caracterización del medio físico y biótico en las áreas de afectación directa y de influencia del proyecto (SERMAN & Asociados SA).
- Estudio de Impacto Ambiental (EIA) correspondiente a la primera y la segunda etapa del proyecto (SERMAN & Asociados SA).
- New south exit channel in Río de la Plata: A preliminary design study. Elmer Brandt, Koen Minnee, Roel Winter, Stefan Gerrits & Victor Kramer. TU Delft & University of Buenos Aires (2015)

- Los trabajos realizados por el Servicio de Hidrografía Naval (SHN) en el marco del “Estudio para la Evaluación de la Contaminación en el Río de la Plata”

En el marco del citado “Estudio para la Evaluación de la Contaminación en el Río de la Plata” (CARP – SHIN – SOHMA, 1989),<sup>13</sup> y sobre la base del relevamiento integral de 1964 – 1969, se realizaron estudios hidrodinámicos y sedimentológicos de relevancia por ser los primeros análisis sistemáticos del área.

En cuanto a las concentraciones de sedimentos en suspensión, en la zona del canal Magdalena las mismas superarían los 200 mg/l, con niveles de turbidez superiores a 40 NTU, donde la salinidad aumenta abruptamente entre niveles inferiores al 0,5‰ a superiores al 10‰.

Durante el EIA del proyecto se realizaron mediciones de salinidad y turbidez a lo largo del canal, que muestran un gradiente que va desde los 0,03 ppt (en el punto más interior del tramo) hasta los 11,5 ppt (en el punto más exterior del tramo). A partir del sitio de muestreo C10 (0,3 ppt) este gradiente se intensifica (3 ppt/10 km), dando cuenta de su ubicación sobre el frente de salinidad descrito para el Río de la Plata (Piola et al., 200414; Guerrero et al., 200315; Giordano y Lasta, 200416).

---

13 Comisión Administradora del Río de la Plata (CARP) – Servicio de Hidrografía Naval (SHN, Argentina) – Servicio de Oceanografía, Hidrografía y Meteorología de la Armada (SOHMA, Uruguay) (1989). Estudio para la Evaluación de la Contaminación en el Río de la Plata. 422 págs. y Anexo cartográfico.

14 **Piola, A. R., R. A. Guerrero, A. P. Osiroff y G. Molinari (2004)**. Climatología de frentes y estratificación del Río de La Plata. FREPLATA. Protección Ambiental del Río de la Plata y su Frente Marítimo - Proyecto PNUD/GEF/RLA/99/G31.

15 **Guerrero, R. A.; A. P. Osiroff, G. Molinari y A. R. Piola (2003)**. Análisis de datos históricos de temperatura y salinidad del Río de la Plata y la plataforma adyacente. Informe Técnico FREPLATAINIDEP-SHN.

16 **Giordano S. y C. Lasta (2004)**. Patrones de Circulación en el Río de la Plata y su Área de Influencia. Análisis Diagnóstico Transfronterizo, Proyecto Freplata. 17pp.



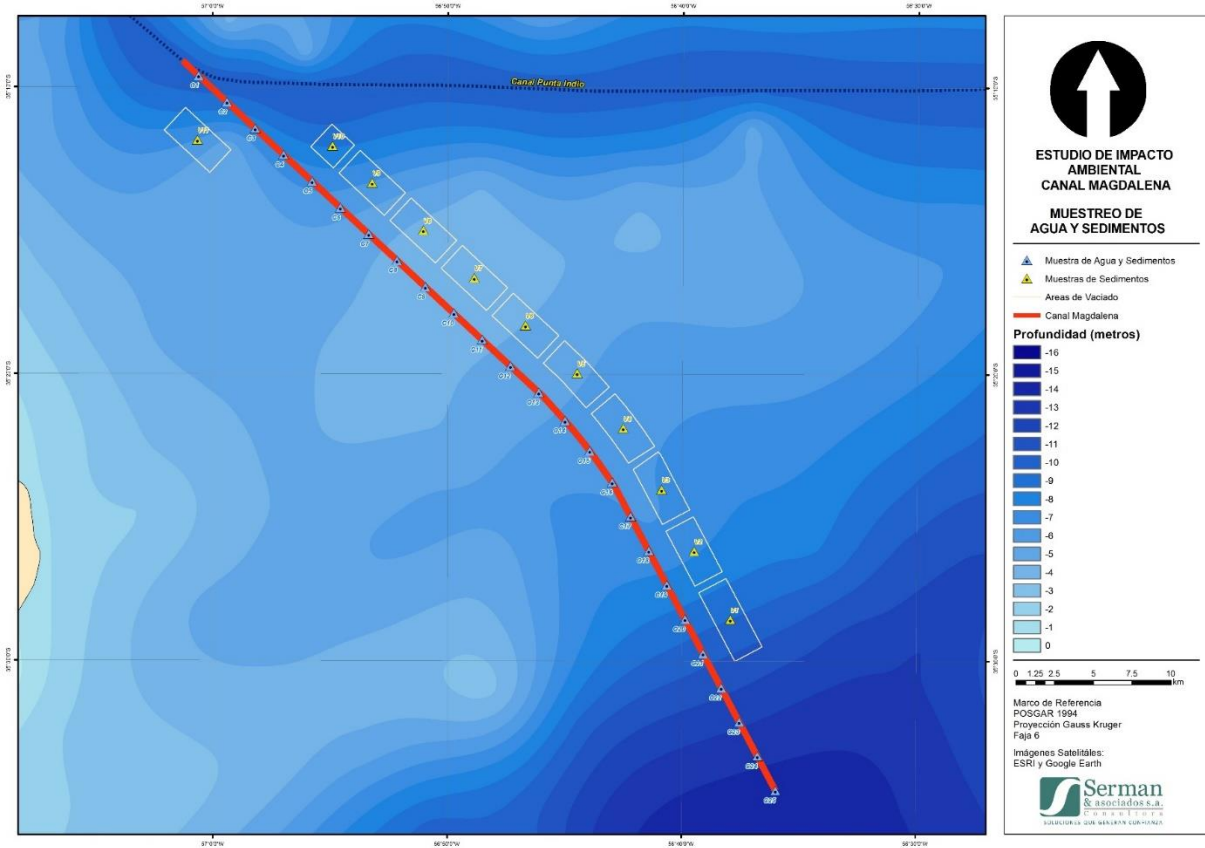


Figura 15: Sitios de muestreo de agua y sedimentos. Campaña 13-14 de octubre de 2014. Fuente: EIA Serman 2015.

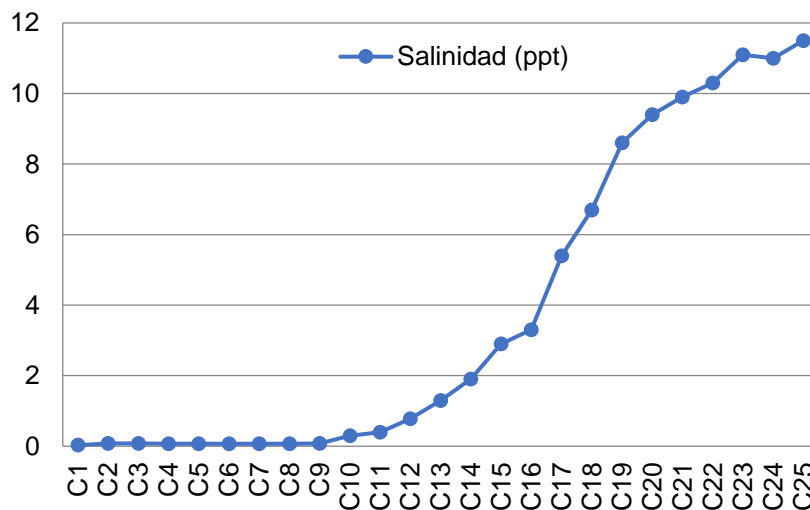


Figura 16: Rango de salinidad en la traza del Canal Magdalena. Fuente: EIA Serman 2015.

Los resultados de la campaña de muestreo muestran una variación en los valores de turbidez que bien podría indicar el pasaje por el frente de turbidez y la zona de deposición cercana a la Barra del Indio descriptos para el Río de la Plata.

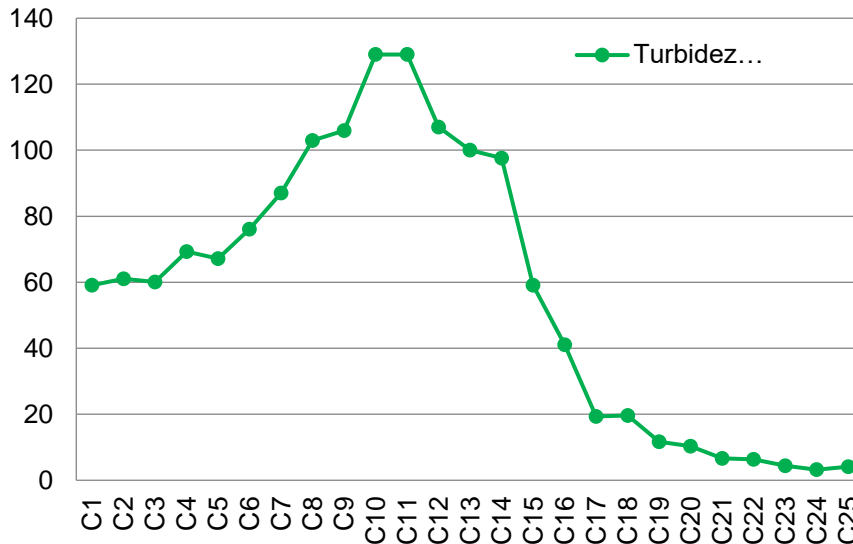


Figura 17: Rango de turbidez en la traza del Canal Magdalena. Fuente: EIA Serman 2015.

En el documento síntesis de los trabajos de FREPLATA<sup>17</sup> se presenta información sobre los sedimentos en suspensión. Las mediciones realizadas confirman que su concentración se reduce drásticamente aguas abajo de la Barra del Indio, en asociación con la región del frente de salinidad, donde influyen los procesos de floculación y consecuente decantación que ocurren en esa región.

En la zona del Canal Magdalena los sedimentos del lecho son principalmente arcillosos mientras que en un amplio sector del Canal Punta Indio son Franco-Limoso y Arcilla-Limoso.

### 3.2.2.2 Corrientes

Las mediciones horarias de corrientes en los puntos XIV y XV (CARP – SHIN – SOHMA, 1989), muestran patrones de flujo transversales a la dirección del Canal Magdalena en la zona más exterior del mismo (al Sur de la latitud de Punta Piedras), que se interpretaron de la siguiente forma: “La corriente muestra con claridad características de flujo y reflujo en la dirección de descarga, respondiendo a la periodicidad de la componente de marea generadora (velocidades máximas de 50 cm/s), ligeramente más intensas del lado argentino. Se distinguen dos celdas de circulación ubicada una en la parte inferior o exterior, otra en la superior o interior del río, separadas por el abrupto estrechamiento en la línea Punta Piedras – Montevideo, apareciendo aquí corrientes en dirección transversal al eje de la descarga. Esta característica es de particular interés, porque se trata del área de transición entre el agua salada y dulce, y donde consecuentemente, adquieren mayor importancia los procesos de difusión y circulación por densidad”.

<sup>17</sup> Estudio de la Dinámica Hidro-Sedimentológica del Río De La Plata: Observación y Modelación Numérica de los Sedimentos Finos. Convenio Dd Cooperación N° CZZ 1268.01 Entre el Consorcio CARP-CTMFM Comisión Administradora del Río de la Plata - Comisión Técnica Mixta del Frente Marítimo, el Fondo Francés para el Medio Ambiente Mundial y La Agencia Francesa de Desarrollo. Proyecto FREPLATA PNUD RLA 99/G31

En el citado documento síntesis de los trabajos de FREPLATA se presentan también diversas evidencias de la circulación con y sin vientos en el Río de la Plata, que ilustran la presencia de patrones de recirculación en el tramo del Canal Magdalena al Sur de Punta Piedras, como se ilustra en la siguiente figura.

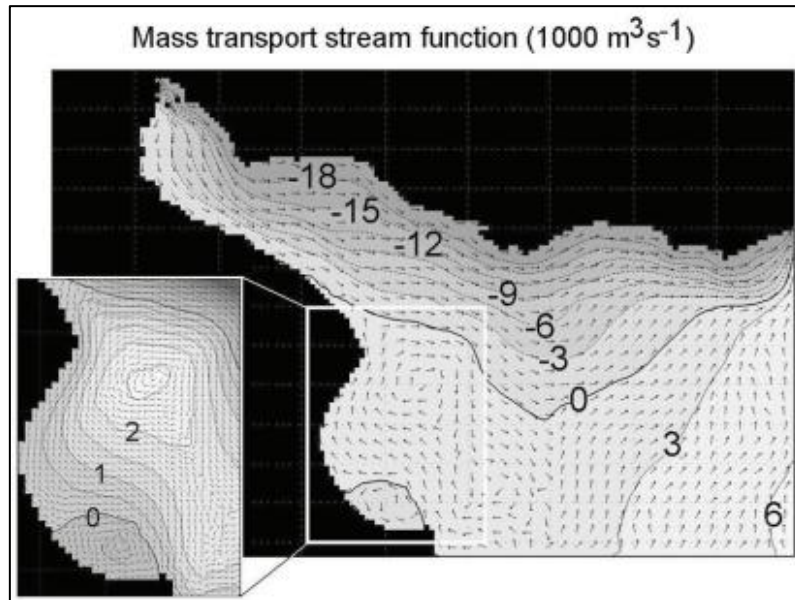


Figura 18: Función corriente del transporte de masa residual en escala submareal (en miles de  $m^3/s$ ) en el Río de la Plata y un detalle para la Bahía Samborombón para una descarga continental de  $20.000 m^3/s$  en ausencia de vientos. La magnitud del transporte entre dos isolíneas es igual a la diferencia entre sus valores asociados. Adaptado de Simionato et al. (2004)<sup>18</sup>

Las corrientes superficiales y en profundidad en ciertos momentos de la marea no coinciden en dirección y se evidencian patrones de circulación transversal en la zona del Canal Magdalena, como se ilustra en la siguiente figura (Fossati, 2013)<sup>19</sup>.

18 Simionato CG, Dragani WC, Meccia VL, Nuñez MN., 2004b. A numerical study of the barotropic circulation of the Río de la Plata Estuary: sensitivity to bathymetry, Earth rotation and low frequency wind variability. *Estuar Coast Shelf Sci* 61:261-273.

19 Mónica Fossati (2013). Dinámica global de sedimentos finos en el Río de la Plata. Tesis de Doctorado en Ingeniería - Mecánica de los Fluidos Aplicada. Facultad de Ingeniería – UdelaR

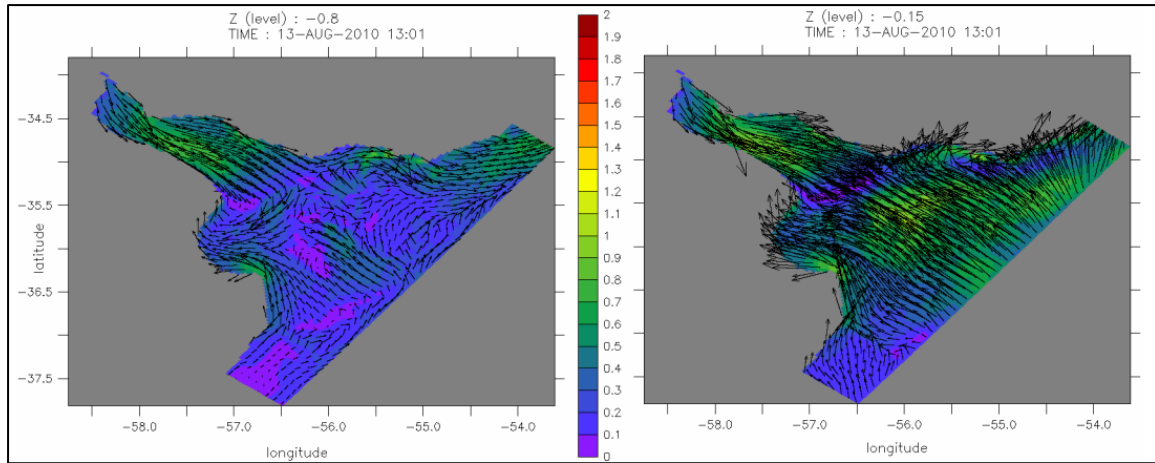


Figura 19: Campos de corrientes (m/s) instantáneos en la capa de fondo (panel izquierdo) y en la capa superficial (panel derecho) durante una condición de tormenta. Fuente: Fossati 2013.

Se ha descargado y procesado información de corrientes de MyOcean, producto brindado por el sistema europeo Copernicus, el cual incluye datos horarios en una grilla espacial con un período de 2 años y medio de duración, como se ilustra en la siguiente figura, donde se ha incluido la traza del Canal Magdalena.

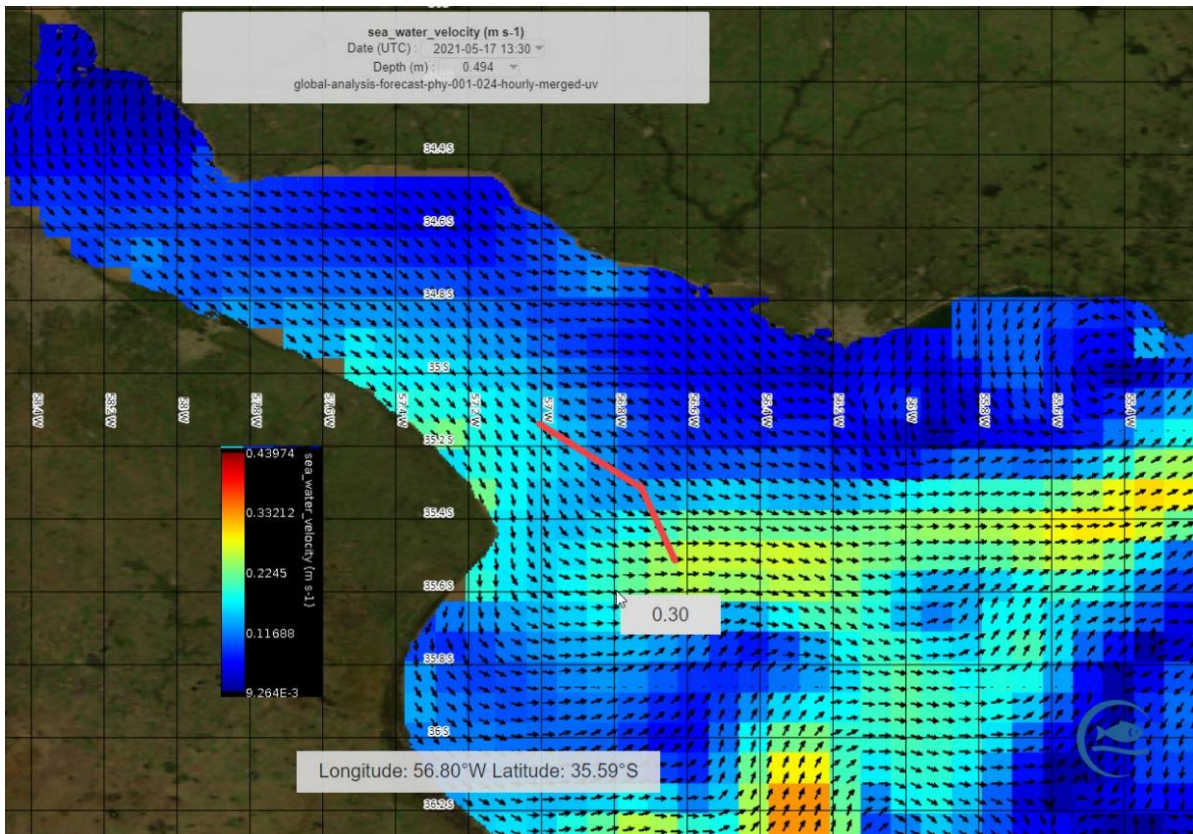


Figura 20: Ejemplo de campo de velocidades instantáneo. Fuente: elaboración propia con MyOcean. Copernicus.

Se analizaron los datos horarios de velocidad en puntos cercanos a tres posiciones del canal:

Km 157 (interior): 35°15'S, 56° 55'O

Km 175 (medio): 35°20'S 56° 45'O

Km 194 (exterior): 35°30'S 56° 40'O

Como se puede apreciar en las siguientes figuras y tablas, la alineación de las corrientes se va volviendo más variable a medida que el punto se acerca a la Bahía de Samborombón, tal como se ha descrito en los antecedentes, superando los 0,5 m/s de velocidad, si bien con baja frecuencia.

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	0.707%	0.685%	0.565%	0.543%	0.649%	0.676%	0.827%	0.880%	0.849%	1.032%	0.818%	0.818%	0.876%	0.858%	0.938%	0.854%	12.576%
0.1-0.2	1.481%	0.903%	0.583%	0.543%	0.654%	1.134%	2.014%	2.477%	2.730%	2.086%	1.521%	1.325%	1.530%	1.894%	2.139%	1.934%	24.947%
0.2-0.3	1.147%	0.431%	0.169%	0.138%	0.222%	0.752%	2.441%	3.855%	2.641%	0.832%	0.316%	0.320%	0.596%	1.601%	2.757%	2.677%	20.896%
0.3-0.4	0.894%	0.236%	0.058%	0.036%	0.062%	0.196%	2.495%	4.478%	1.521%	0.182%	0.036%	0.022%	0.084%	0.614%	2.530%	2.842%	16.284%
0.4-0.5	0.516%	0.062%	0.004%	0.009%	0.004%	0.084%	1.774%	3.784%	0.480%				0.004%	0.098%	1.774%	2.166%	10.761%
0.5-0.6	0.227%	0.009%				0.018%	1.236%	2.517%	0.080%				0.004%	0.040%	0.920%	1.823%	6.875%
0.6-0.7	0.116%					0.013%	0.725%	1.303%	0.009%					0.004%	0.471%	1.227%	3.869%
0.7-0.8	0.071%						0.356%	0.569%							0.125%	0.743%	1.863%
0.8-0.9	0.022%						0.222%	0.298%							0.071%	0.507%	1.121%
0.9-1.0	0.009%						0.089%	0.080%							0.044%	0.293%	0.516%
1.0 <	0.009%						0.049%	0.053%							0.022%	0.160%	0.293%
TOTAL	5.198%	2.326%	1.379%	1.267%	1.592%	2.873%	12.229%	20.295%	8.311%	4.131%	2.690%	2.486%	3.095%	5.109%	11.793%	15.226%	100%

Tabla 2: Estadística de velocidad y dirección de las corrientes en el Km 157 (interior): 35°15'S, 56° 55'O. Fuente: elaboración propia.

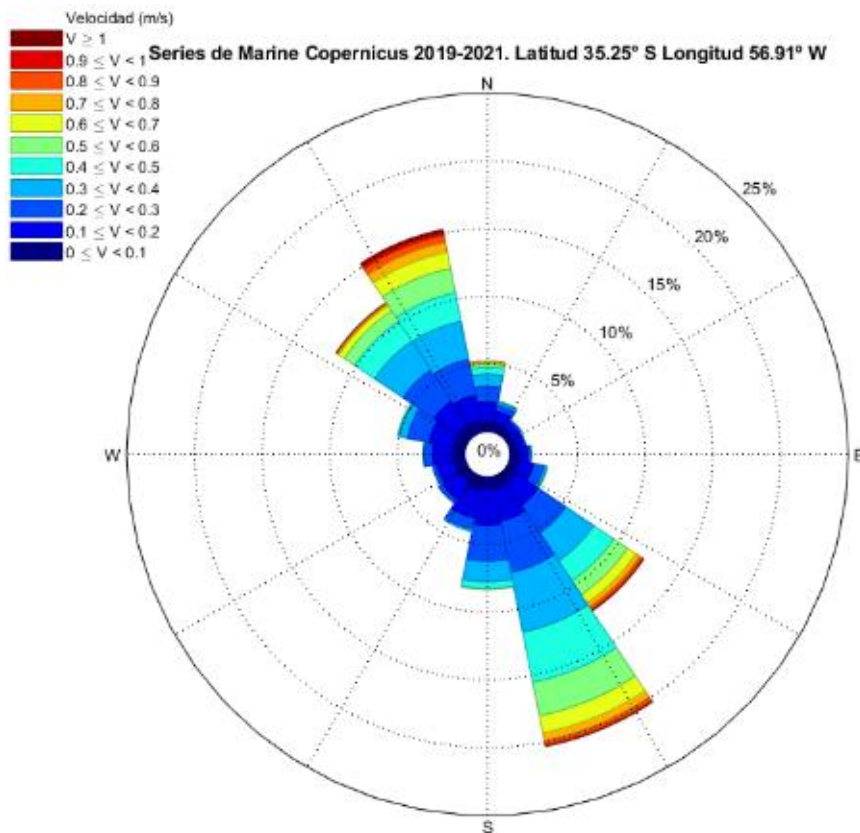


Figura 21: Rosa de velocidad y dirección de las corrientes en el Km 157 (interior): 35°15'S, 56° 55'O. Fuente: elaboración propia.

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	0.698%	0.596%	0.516%	0.511%	0.502%	0.654%	0.654%	0.689%	0.676%	0.720%	0.605%	0.707%	0.747%	0.680%	0.614%	0.680%	10.250%
0.1-0.2	1.285%	1.076%	0.961%	0.809%	1.054%	1.485%	1.770%	1.952%	2.001%	1.805%	1.814%	1.534%	1.405%	1.507%	1.748%	1.445%	23.653%
0.2-0.3	1.530%	0.743%	0.614%	0.525%	0.787%	1.472%	2.348%	3.015%	2.437%	1.641%	1.032%	1.023%	1.410%	1.837%	2.183%	2.077%	24.671%
0.3-0.4	1.027%	0.418%	0.200%	0.205%	0.253%	1.103%	2.606%	3.171%	1.605%	0.476%	0.196%	0.245%	0.529%	1.312%	2.192%	2.108%	17.645%
0.4-0.5	0.747%	0.209%	0.084%	0.022%	0.044%	0.485%	2.228%	2.726%	0.618%	0.058%	0.031%	0.031%	0.080%	0.587%	1.743%	1.570%	11.264%
0.5-0.6	0.414%	0.080%	0.018%	0.013%	0.018%	0.178%	1.441%	1.668%	0.120%			0.004%	0.013%	0.133%	0.992%	1.183%	6.274%
0.6-0.7	0.231%	0.027%			0.018%	0.044%	0.818%	0.765%	0.004%				0.009%	0.036%	0.480%	0.805%	3.237%
0.7-0.8	0.125%	0.009%			0.004%	0.009%	0.391%	0.347%							0.293%	0.480%	1.659%
0.8-0.9	0.071%					0.004%	0.196%	0.111%							0.111%	0.316%	0.809%
0.9-1.0	0.013%						0.080%	0.022%							0.071%	0.182%	0.369%
1.0 <	0.027%						0.058%	0.013%							0.004%	0.067%	0.169%
TOTAL	6.168%	3.157%	2.392%	2.086%	2.681%	5.434%	12.589%	14.479%	7.462%	4.700%	3.678%	3.544%	4.193%	6.092%	10.432%	10.912%	100%

Tabla 3: Estadística de velocidad y dirección de las corrientes en el Km 175 (medio): 35°20'S 56° 45'O. Fuente: elaboración propia.

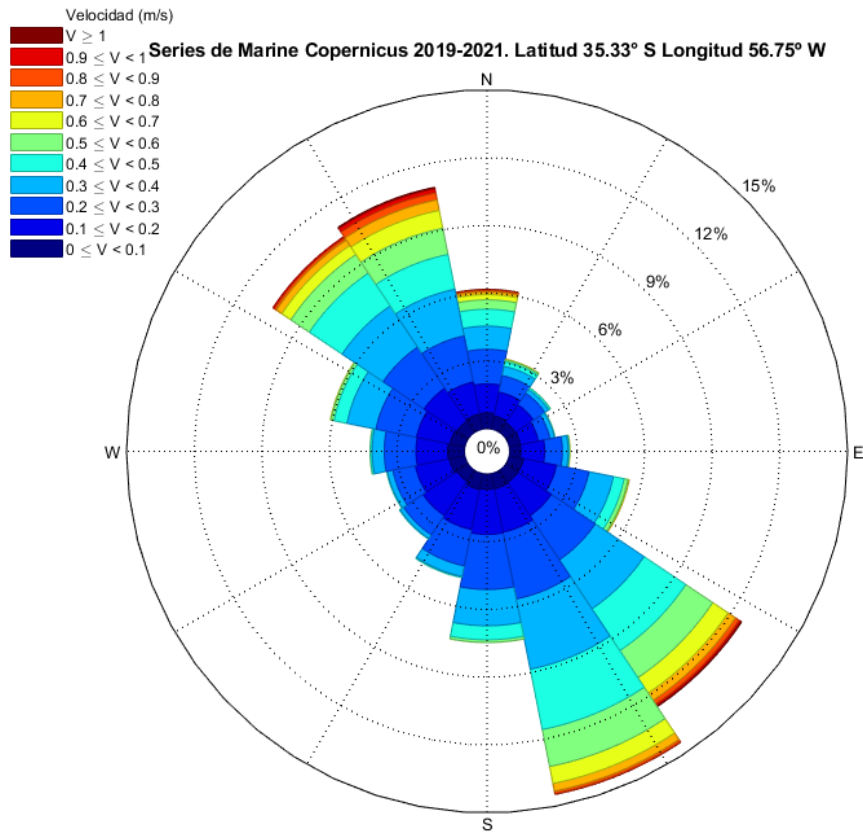


Figura 22: Rosa de velocidad y dirección de las corrientes en el Km 175 (medio): 35°20'S 56° 45'O. Fuente: elaboración propia.

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	0.547%	0.609%	0.583%	0.583%	0.614%	0.543%	0.587%	0.636%	0.600%	0.480%	0.534%	0.569%	0.436%	0.534%	0.436%	0.516%	8.805%
0.1-0.2	1.392%	1.330%	1.383%	1.365%	1.668%	1.712%	1.721%	1.623%	1.690%	1.427%	1.205%	1.192%	1.138%	1.076%	1.281%	1.374%	22.576%
0.2-0.3	1.770%	1.605%	1.321%	1.223%	1.423%	1.894%	2.352%	2.383%	1.983%	1.490%	1.227%	1.054%	1.156%	1.236%	1.463%	1.770%	25.351%
0.3-0.4	1.739%	1.081%	0.725%	0.685%	1.027%	1.641%	2.223%	2.250%	1.641%	0.969%	0.543%	0.538%	0.600%	0.920%	1.347%	1.725%	19.655%
0.4-0.5	1.338%	0.489%	0.200%	0.218%	0.449%	1.134%	1.930%	2.006%	0.996%	0.440%	0.213%	0.151%	0.160%	0.400%	0.996%	1.365%	12.487%
0.5-0.6	0.698%	0.200%	0.062%	0.009%	0.053%	0.378%	1.049%	1.045%	0.396%	0.053%	0.018%	0.049%	0.004%	0.098%	0.583%	1.058%	5.754%
0.6-0.7	0.351%	0.111%	0.036%	0.013%	0.004%	0.151%	0.578%	0.520%	0.071%			0.009%		0.009%	0.280%	0.818%	2.953%
0.7-0.8	0.178%	0.031%			0.004%	0.009%	0.285%	0.182%	0.004%					0.004%	0.138%	0.534%	1.370%
0.8-0.9	0.116%	0.013%					0.129%	0.076%							0.071%	0.276%	0.680%
0.9-1.0	0.049%						0.067%	0.018%							0.053%	0.107%	0.293%
1.0 <	0.009%						0.031%								0.004%	0.031%	0.076%
TOTAL	8.187%	5.470%	4.309%	4.096%	5.243%	7.462%	10.953%	10.739%	7.382%	4.860%	3.740%	3.562%	3.495%	4.278%	6.652%	9.574%	100%

Tabla 4: Estadística de velocidad y dirección de las corrientes en el Km 194 (exterior): 35°30'S 56° 40'O. Fuente: elaboración propia.

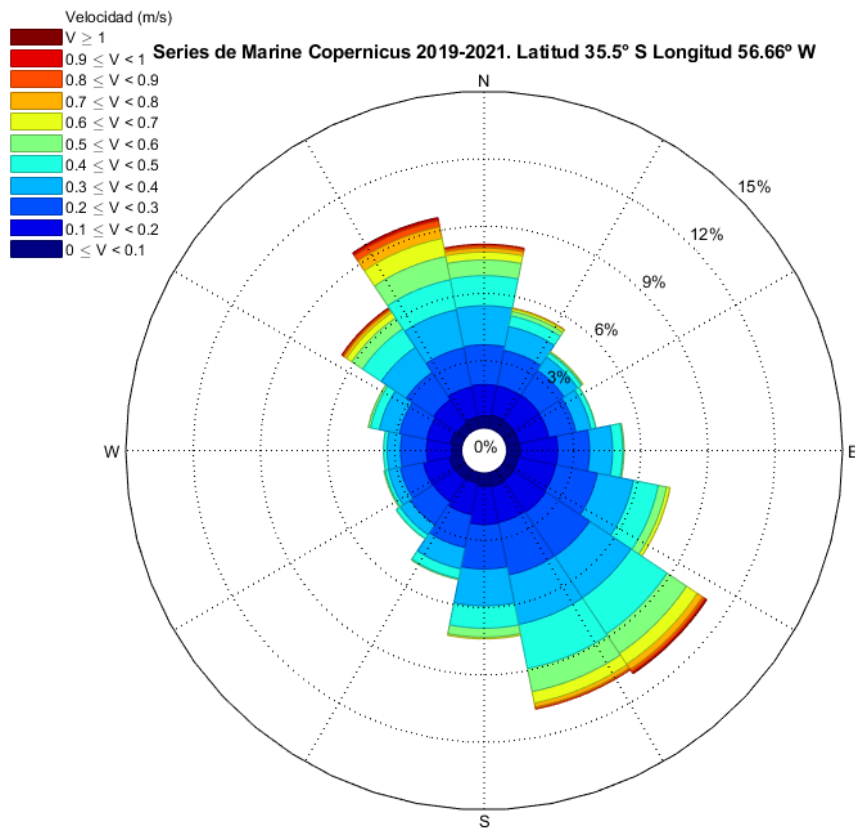


Figura 23: Rosa de velocidad y dirección de las corrientes en el Km 194 (exterior): 35°30'S 56° 40'O. Fuente: elaboración propia.

La modelación hidrodinámica efectuada para el cálculo sedimentológicos por EIH S.A. (Capítulo 4 del informe realizado para la Delegación Argentina ante la CARP) no presenta estadísticas de velocidades sino únicamente mapas en planta de estas. Se puede apreciar una marcada alineación de las corrientes con el canal en los momentos de máxima velocidad, y algunos casos con corrientes cruzadas de baja intensidad. El modelo ha sido calibrado con información de corrientes medidas en la zona interior del Río de la Plata, por lo que no tiene validación en la zona de estudio.

### 3.2.3 ASPECTOS METEOROLÓGICOS

#### 3.2.3.1 Oleaje

Se realizó un análisis estadístico del clima de olas presente en el área del canal. Para eso se consultó la base global Waverys, y se tomó un registro de 27 años con mediciones cada 3 horas. Esta información adquiere relevancia cuando se trata de establecer períodos inoperativos o límites de operación condicionada en los equipos de dragado. La zona más exterior de la traza del Canal Magdalena se encuentra en zona de aguas abiertas sin puertos de abrigo.

Geográficamente, se localizaron tres puntos característicos, uno correspondiente al extremo aguas arriba del canal (aprox. Km 150), otro en el medio de la traza (aprox. Km 180), y uno hacia el extremo aguas abajo (aprox. Km 204). La siguiente imagen muestra estos puntos, relativos a la traza.



Figura 24: Puntos de referencia tomados para el análisis estadísticos del clima de olas, sobre la base global Waverys. Fuente: elaboración propia.

Sobre estos puntos se calcularon las recurrencias de oleajes, caracterizados por altura, frecuencia y dirección. Los resultados indican un comportamiento similar en los tres puntos. Asimismo, se puede decir que los oleajes mayores a 1m de altura están solamente el 9% del tiempo, lo que equivale a unos 33 días al año. Asimismo, oleajes de más de 1,5m son esperables unos 4 días al año.

Además de estos tres puntos se tomó un punto adicional, cercano al punto donde la firma Hidrovía tiene instalado un olígrafo. Esto se hizo para comparar los datos de la base global, con las mediciones in situ. La correspondencia es aceptable, y permite asumir la base global como válida, habida cuenta de la no disponibilidad de otro tipo de información.



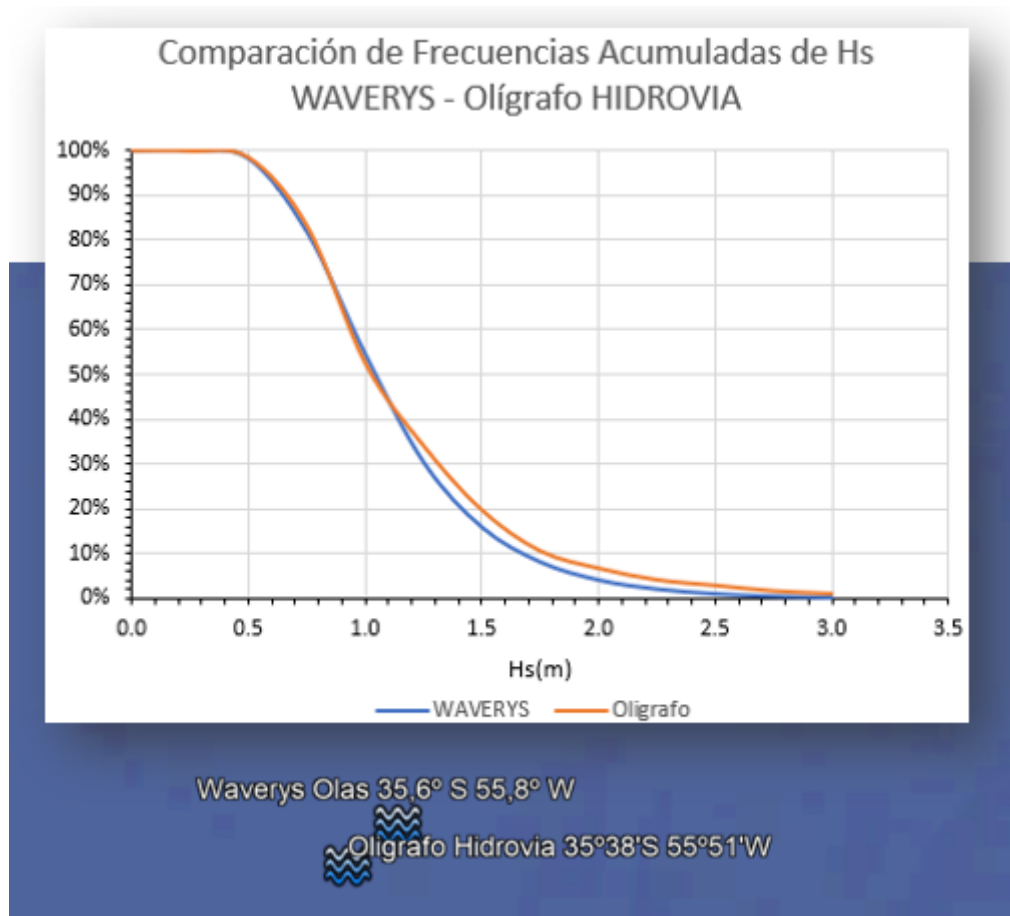


Figura 25: Gráfico de comparación de recurrencias de oleaje tomados in situ (olígrafo HDRV) vs la base global Waverys. Fuente: elaboración propia.

Las siguientes tablas y rosas resumen los resultados procesados para cada uno de los tres puntos.

Km 150																			
Hs (m)\Dir (º)	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	TOTAL	Excedencia	
0.0-0.25	0.044%	0.018%	0.020%	0.019%	3.892%	1.062%	3.235%	1.131%	0.171%	0.033%	0.020%	0.011%	0.020%	0.048%	0.337%	0.186%	10.249%	100.000%	
0.25-0.5	1.083%	0.451%	0.436%	0.352%	11.282%	3.130%	7.852%	3.022%	1.117%	0.371%	0.426%	0.276%	0.241%	0.639%	2.571%	2.259%	35.507%	89.751%	
0.5-0.75	1.865%	0.880%	1.492%	0.823%	8.297%	1.714%	3.851%	1.993%	1.822%	0.589%	0.901%	0.350%	0.398%	0.597%	2.206%	1.806%	29.582%	54.244%	
0.75-1.0	0.662%	0.299%	1.228%	1.022%	3.694%	0.788%	2.037%	1.186%	1.564%	0.522%	0.818%	0.189%	0.223%	0.286%	0.966%	0.529%	16.014%	24.662%	
1.0-1.25	0.091%	0.025%	0.139%	0.224%	1.298%	0.370%	1.037%	0.688%	0.947%	0.275%	0.385%	0.072%	0.061%	0.122%	0.204%	0.070%	6.010%	8.648%	
1.25-1.5	0.005%	0.001%	0.005%	0.015%	0.283%	0.160%	0.388%	0.280%	0.350%	0.049%	0.113%	0.023%	0.014%	0.042%	0.020%	0.009%	1.757%	2.638%	
1.5-1.75	0.001%	0.000%	0.003%	0.004%	0.076%	0.046%	0.145%	0.087%	0.106%	0.025%	0.030%	0.003%	0.018%	0.009%	0.008%	0.000%	0.560%	0.881%	
1.75-2.0	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.030%	0.022%	0.037%	0.023%	0.029%	0.008%	0.013%	0.000%	0.001%	0.004%	0.005%	0.001%	0.172%	0.321%	
2.0-2.25	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.008%	0.009%	0.015%	0.011%	0.016%	0.003%	0.000%	0.000%	0.000%	0.005%	0.001%	0.001%	0.070%	0.148%	
2.25-2.5	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.001%	0.006%	0.010%	0.011%	0.013%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.042%	0.079%	
2.5-2.75	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.001%	0.005%	0.006%	0.004%	0.001%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.018%	0.037%	
2.75-3.0	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.003%	0.001%	0.004%	0.004%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.011%	0.019%	
3.0 <	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.004%	0.000%	0.000%	0.000%	0.003%	0.001%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.008%	0.008%	
TOTAL	3.751%	1.675%	3.324%	2.459%	28.860%	7.314%	18.612%	8.444%	6.145%	1.879%	2.706%	0.924%	0.976%	1.752%	6.318%	4.861%	100%		

Tabla 5: Estadística de altura y dirección de oleaje en el Km 150 (punto más interior). Fuente: elaboración propia.

Hs (m)\Tp (s)	0.0-2.0	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	18.0-20.0	20.0 <	TOTAL	Excedencia
0.0-0.25	0.189%	5.916%	0.608%	0.543%	1.159%	1.391%	0.345%	0.077%	0.022%	0.000%	0.000%	10.249%	100.000%
0.25-0.5	0.056%	30.908%	1.093%	0.191%	0.896%	1.596%	0.611%	0.143%	0.013%	0.000%	0.000%	35.507%	89.751%
0.5-0.75	0.000%	23.199%	6.118%	0.005%	0.015%	0.129%	0.081%	0.034%	0.001%	0.000%	0.000%	29.582%	54.244%
0.75-1.0	0.000%	2.236%	13.764%	0.000%	0.000%	0.005%	0.003%	0.006%	0.000%	0.000%	0.000%	16.014%	24.662%
1.0-1.25	0.000%	0.000%	5.983%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	6.010%	8.648%
1.25-1.5	0.000%	0.003%	1.752%	0.001%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.001%	0.000%	1.757%	2.638%
1.5-1.75	0.000%	0.000%	0.522%	0.038%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.560%	0.881%
1.75-2.0	0.000%	0.000%	0.084%	0.087%	0.001%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.172%	0.321%
2.0-2.25	0.000%	0.000%	0.014%	0.048%	0.008%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.070%	0.148%
2.25-2.5	0.000%	0.000%	0.004%	0.020%	0.016%	0.001%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.042%	0.079%
2.5-2.75	0.000%	0.000%	0.001%	0.000%	0.016%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.018%	0.037%
2.75-3.0	0.000%	0.000%	0.000%	0.003%	0.008%	0.001%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.011%	0.019%
3.0 <	0.000%	0.000%	0.000%	0.001%	0.004%	0.003%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.008%	0.008%
TOTAL	0.245%	62.288%	29.942%	0.938%	2.123%	3.126%	1.039%	0.261%	0.035%	0.001%	0.000%	100%	
Excedencia	100.000%	99.755%	37.467%	7.525%	6.587%	4.463%	1.337%	0.298%	0.037%	0.001%	0.000%		

Tabla 6: Estadística de altura y periodo de oleaje en el Km 150 (punto más interior). Fuente: elaboración propia.

Las tablas anteriores muestran los resultados para el punto más interior (Km 150). En la zona más interior hay un 6,6% de olas con más de 8 segundos de período, de las cuales muy pocas superan Hs = 1 m, por lo que la operación de TSHD pequeñas estaría sólo ligeramente limitada (< 1% del tiempo). Un 0,33% de las olas con Tp > 8 segundos tienen Hs > 0,5 m.

Km 180																	TOTAL	Excedencia
Hs (m)\Dir (º)	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	TOTAL	Excedencia
0.0-0.25	0.004%	0.003%	0.005%	0.047%	1.915%	0.744%	1.971%	0.743%	0.113%	0.003%	0.016%	0.046%	0.047%	0.004%	0.030%	0.058%	5.749%	100.000%
0.25-0.5	0.724%	0.265%	0.531%	1.402%	8.890%	4.330%	8.684%	4.103%	0.818%	0.184%	0.413%	0.747%	0.536%	0.300%	1.214%	1.510%	34.652%	94.251%
0.5-0.75	1.926%	1.132%	2.010%	3.041%	5.636%	2.791%	5.329%	3.013%	1.473%	0.515%	0.941%	0.853%	0.458%	0.645%	1.808%	1.500%	33.070%	59.600%
0.75-1.0	0.556%	0.409%	1.516%	1.751%	2.862%	1.086%	2.265%	1.566%	1.539%	0.672%	0.979%	0.420%	0.151%	0.262%	0.990%	0.472%	17.496%	26.530%
1.0-1.25	0.052%	0.027%	0.125%	0.374%	1.096%	0.399%	0.977%	0.802%	1.003%	0.436%	0.536%	0.166%	0.034%	0.093%	0.131%	0.032%	6.284%	9.034%
1.25-1.5	0.003%	0.001%	0.003%	0.022%	0.218%	0.145%	0.401%	0.290%	0.399%	0.115%	0.171%	0.044%	0.009%	0.028%	0.018%	0.001%	1.867%	2.751%
1.5-1.75			0.001%	0.010%	0.049%	0.039%	0.109%	0.095%	0.139%	0.028%	0.025%	0.029%	0.003%	0.009%	0.005%	0.001%	0.544%	0.884%
1.75-2.0				0.003%	0.022%	0.023%	0.029%	0.028%	0.027%	0.014%	0.011%	0.003%		0.001%	0.003%	0.001%	0.164%	0.340%
2.0-2.25					0.009%	0.024%	0.006%	0.016%	0.019%	0.005%	0.003%	0.001%	0.001%		0.001%		0.086%	0.176%
2.25-2.5					0.003%	0.003%	0.011%	0.016%	0.009%	0.005%	0.001%						0.048%	0.090%
2.5-2.75					0.001%	0.005%	0.004%	0.010%	0.005%	0.001%							0.027%	0.042%
2.75-3.0						0.004%		0.003%	0.001%								0.010%	0.015%
3.0 <									0.004%	0.001%							0.005%	0.005%
TOTAL	3.264%	1.837%	4.192%	6.649%	20.702%	9.593%	19.788%	10.686%	5.550%	1.980%	3.097%	2.308%	1.238%	1.342%	4.200%	3.575%	100%	

Tabla 7: Estadística de altura y dirección de oleaje en el Km 180 (punto intermedio). Fuente: elaboración propia.

Hs (m)\Tp (s)	0.0-2.0	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	18.0-20.0	20.0 <	TOTAL	Excedencia
0.0-0.25	0.049%	1.476%	0.986%	0.711%	1.156%	0.877%	0.385%	0.079%	0.023%	0.006%		5.749%	100.000%
0.25-0.5	0.037%	22.357%	3.785%	1.901%	2.079%	2.723%	1.489%	0.245%	0.030%	0.004%	0.001%	34.652%	94.251%
0.5-0.75		26.060%	4.650%	0.788%	0.260%	0.616%	0.536%	0.143%	0.014%	0.003%		33.070%	59.600%
0.75-1.0		3.355%	13.782%	0.132%	0.019%	0.072%	0.094%	0.039%	0.003%			17.496%	26.530%
1.0-1.25		0.028%	6.185%	0.030%	0.006%	0.004%	0.019%	0.011%				6.284%	9.034%
1.25-1.5		0.001%	1.800%	0.042%	0.011%		0.003%	0.010%				1.867%	2.751%
1.5-1.75			0.384%	0.153%	0.005%	0.001%						0.544%	0.884%
1.75-2.0			0.042%	0.072%	0.048%		0.001%					0.164%	0.340%
2.0-2.25			0.003%	0.030%	0.053%							0.086%	0.176%
2.25-2.5			0.001%	0.008%	0.038%	0.001%						0.048%	0.090%
2.5-2.75				0.004%	0.019%	0.004%						0.027%	0.042%
2.75-3.0				0.003%	0.006%	0.001%						0.010%	0.015%
3.0 <				0.001%	0.001%	0.003%						0.005%	0.005%
TOTAL	0.086%	53.277%	31.617%	3.876%	3.703%	4.302%	2.528%	0.527%	0.070%	0.013%	0.001%	100%	
Excedencia	100.000%	99.914%	46.637%	15.020%	11.144%	7.441%	3.139%	0.611%	0.084%	0.014%	0.001%		

Tabla 8: Estadística de altura y periodo de oleaje en el Km 180 (punto intermedio). Fuente: elaboración propia.

Las tablas anteriores, corresponden al punto intermedio, en el Km 180 aproximadamente. En la zona intermedia hay un 11% de olas con más de 8 segundos de período, de las cuales un 0,6% superan  $H_s = 1$  m. Un 2% de las olas con  $T_p > 8$  segundos tienen  $H_s > 0,5$  m.

Km 204																		
Hs (m)\Dir (°)	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	TOTAL	Excedencia
0.0-0.25		0.001%		0.051%	0.406%	0.118%	0.432%	0.214%	0.055%				0.001%		0.003%	0.001%	1.282%	100.000%
0.25-0.5	0.195%	0.032%	0.052%	1.165%	8.942%	2.327%	6.100%	3.008%	0.821%	0.081%	0.081%	0.098%	0.094%	0.124%	0.521%	0.439%	24.080%	98.718%
0.5-0.75	1.226%	0.475%	0.629%	2.066%	10.498%	3.326%	7.825%	3.980%	1.625%	0.262%	0.408%	0.361%	0.505%	0.494%	1.785%	1.146%	36.613%	74.639%
0.75-1.0	0.731%	0.503%	1.630%	1.972%	4.688%	1.832%	3.662%	2.097%	1.734%	0.477%	0.840%	0.441%	0.399%	0.298%	1.285%	0.485%	23.076%	38.026%
1.0-1.25	0.076%	0.052%	0.531%	0.958%	1.872%	0.649%	1.464%	0.977%	1.334%	0.427%	0.676%	0.252%	0.176%	0.063%	0.236%	0.067%	9.811%	14.950%
1.25-1.5	0.003%	0.006%	0.033%	0.180%	0.534%	0.245%	0.531%	0.406%	0.652%	0.219%	0.278%	0.113%	0.041%	0.014%	0.034%		3.287%	5.139%
1.5-1.75			0.001%	0.025%	0.142%	0.119%	0.255%	0.152%	0.247%	0.046%	0.086%	0.037%	0.023%	0.005%	0.008%	0.001%	1.147%	1.852%
1.75-2.0				0.013%	0.055%	0.029%	0.093%	0.046%	0.081%	0.013%	0.010%	0.020%	0.005%	0.004%	0.003%	0.001%	0.371%	0.705%
2.0-2.25				0.005%	0.025%	0.020%	0.015%	0.019%	0.029%	0.011%	0.010%	0.004%	0.004%		0.003%		0.146%	0.333%
2.25-2.5					0.025%	0.015%	0.011%	0.014%	0.016%	0.005%	0.004%	0.001%	0.001%				0.094%	0.188%
2.5-2.75					0.005%	0.004%	0.010%	0.005%	0.016%	0.001%							0.042%	0.094%
2.75-3.0					0.005%	0.005%	0.010%	0.003%	0.010%	0.001%	0.001%						0.035%	0.052%
3.0 <						0.003%	0.001%	0.001%	0.009%	0.003%							0.016%	0.016%
<b>TOTAL</b>	<b>2.231%</b>	<b>1.070%</b>	<b>2.876%</b>	<b>6.436%</b>	<b>27.197%</b>	<b>8.692%</b>	<b>20.410%</b>	<b>10.922%</b>	<b>6.630%</b>	<b>1.546%</b>	<b>2.395%</b>	<b>1.327%</b>	<b>1.249%</b>	<b>1.003%</b>	<b>3.876%</b>	<b>2.141%</b>	<b>100%</b>	

Tabla 9: Estadística de altura y dirección de oleaje en el Km 204 (localización exterior). Fuente: elaboración propia.

Hs (m)\Tp (s)	0.0-2.0	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	18.0-20.0	20.0 <	TOTAL	Excedencia
0.0-0.25	0.003%	0.104%	0.094%	0.322%	0.412%	0.235%	0.085%	0.019%	0.008%	0.001%		1.282%	100.000%
0.25-0.5	0.006%	8.648%	2.629%	3.532%	4.693%	3.118%	1.225%	0.179%	0.043%	0.006%	0.001%	24.080%	98.718%
0.5-0.75		19.865%	6.253%	1.918%	3.077%	3.544%	1.620%	0.294%	0.038%	0.004%		36.613%	74.639%
0.75-1.0		4.860%	15.170%	0.522%	0.742%	0.993%	0.592%	0.183%	0.014%	0.001%		23.076%	38.026%
1.0-1.25		0.060%	8.942%	0.150%	0.203%	0.241%	0.162%	0.052%	0.003%			9.811%	14.950%
1.25-1.5		0.001%	2.717%	0.368%	0.057%	0.076%	0.048%	0.020%				3.287%	5.139%
1.5-1.75			0.450%	0.570%	0.033%	0.051%	0.023%	0.020%				1.147%	1.852%
1.75-2.0			0.044%	0.271%	0.029%	0.015%	0.006%	0.005%				0.371%	0.705%
2.0-2.25			0.009%	0.071%	0.062%	0.003%	0.001%					0.146%	0.333%
2.25-2.5			0.001%	0.029%	0.057%	0.005%			0.001%			0.094%	0.188%
2.5-2.75				0.004%	0.030%	0.006%	0.001%					0.042%	0.094%
2.75-3.0				0.006%	0.023%	0.006%						0.035%	0.052%
3.0 <					0.009%	0.006%	0.001%					0.016%	0.016%
<b>TOTAL</b>	<b>0.009%</b>	<b>33.537%</b>	<b>36.308%</b>	<b>7.763%</b>	<b>9.426%</b>	<b>8.299%</b>	<b>3.765%</b>	<b>0.772%</b>	<b>0.106%</b>	<b>0.013%</b>	<b>0.001%</b>	<b>100%</b>	
<b>Excedencia</b>	<b>100.000%</b>	<b>99.991%</b>	<b>66.454%</b>	<b>30.145%</b>	<b>22.382%</b>	<b>12.956%</b>	<b>4.657%</b>	<b>0.892%</b>	<b>0.120%</b>	<b>0.014%</b>	<b>0.001%</b>		

Tabla 10: Estadística de altura y periodo de oleaje en el Km 204 (localización exterior). Fuente: elaboración propia.

Finalmente, las últimas tablas muestran la localización exterior, sobre el Km 204. Allí hay hasta un 22% de olas con más de 8 segundos de período, de las cuales 1,2% del tiempo superan  $H_s = 1$  m. Un 12,3% de las olas con  $T_p > 8$  segundos tienen más de 0,5 m de altura.

Las figuras a continuación resumen las rosas de oleajes para las tres localizaciones.

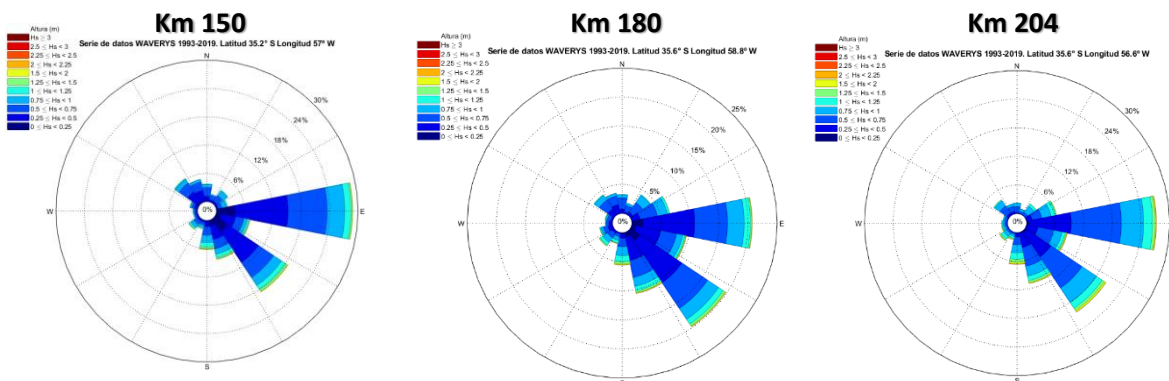


Figura 26: Rosas de altura de olas en los Km 150, 180 y 204, respectivamente. Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con la información recopilada sobre las limitaciones en los equipos de dragado, y la información obtenida de oleajes, puede decirse que:

- Los oleajes mayores a 1m, si bien están presentes, no resultan determinantes en cuanto a tiempo de permanencia.
- Las olas más desfavorables son las de Swell (ondas largas).
- Bray, (1997) indica las alturas de ola limitantes cuando tienen períodos de 6 a 8 segundos.
- Si el período supera 8 segundos las restricciones son mayores (alturas límite menores).
- En el caso de Dragas de Succión por Arrastre con Cántara (TSHD), los resultados obtenidos muestran que los límites de altura de ola condicionan operaciones por ineficiencia, más que por peligrosidad.
- En el caso de Dragas de Cortador, si las mismas tienen compensador de oleaje, los límites se extienden. Asimismo, las cañerías de transporte de slurry son las que se ven condicionadas en caso de oleaje, y deben diseñarse fuera de la zona de afectación (mayor profundidad).

### 3.2.3.2 Vientos

No se dispone de suficiente información relativa a vientos en el área de interés. No obstante, un informe realizado por la Universidad de Delft y la Universidad de Buenos Aires en 2015 muestra la siguiente rosa de vientos, para el Canal Punta Indio. De la misma, pueden verse las direcciones Norte, Este y Sur como las de mayor permanencia. Los valores totales indican un 12% del tiempo valores por encima de 6m/s (11,7 nudos).

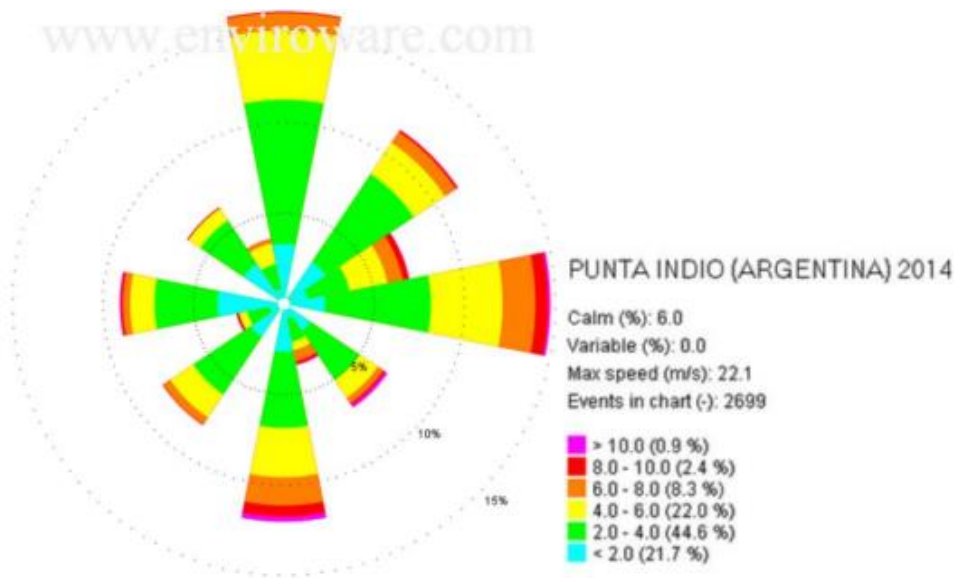


Figura 27: Rosa de vientos para el Canal Punta Indio. Fuente: Universidad de Delft y la Universidad de Buenos Aires, 2015.

### 3.3 ESTUDIOS DE SEDIMENTACION

#### 3.3.1 Sedimentación en el Canal Punta Indio

La tasa de sedimentación en el Canal Punta Indio, con un ancho de solera de 120 m y taludes 1:20, estimada en el estudio de la Bolsa de Comercio de Rosario (2020), es del orden de 2,3 millones de m<sup>3</sup> para 34 pies de profundidad y casi 3,0 millones de m<sup>3</sup> para 42 pies. Estos valores son muy inferiores a los manejados en todos los demás antecedentes disponibles; por ejemplo, en el estudio de la Universidad de Delft (2015) se indica un volumen de 6,5 millones de m<sup>3</sup> para 41,5 pies de profundidad entre los km 143 (El Codillo) y 239. Los datos disponibles sobre los dragados realizados para el mantenimiento a 32 pies indican un volumen medio anual de 6,5 millones de m<sup>3</sup>, en los primeros 5 años luego de la profundización a 34 pies, que se incrementa a 7,4 millones de m<sup>3</sup> durante los primeros 3 años.

La diferencia principal está en haber considerado en el estudio BCR 2020 un factor cuyo promedio es igual a 0,4 para afectar los volúmenes dragados informados a los efectos de calcular los volúmenes “in situ” realmente extraídos. Las evidencias disponibles en cambio no avalan esta metodología de reducción de volúmenes dado que no se basa en la comparación efectiva de los valores informados en relación con los que surgen de la comparación de relevamientos batimétricos, sino en una inferencia o hipótesis sobre que los volúmenes informados son volúmenes totales de agua y sedimentos en la cántara, que no ha sido demostrada. En la experiencia de nuestra Consultora a través del cálculo de volúmenes in-situ calculados por comparación de relevamientos batimétricos post-dragado y pre-dragado con los volúmenes de dragado informados por el Concesionario, se ha encontrado que los órdenes de magnitud de ambos son similares, por lo que no se debe aplicar un factor de reducción tan significativo. También a través de las diversas supervisiones de obras de dragado efectuadas por nuestra Consultora, se conoce la manera de estimar los volúmenes de dragado que informa Jan de Nul así como otras empresas de dragado, estimando el valor in-situ a partir del volumen total en la cántara y un dato de densidad del material contenido. Típicamente esto implica que el volumen informado por ciclo suele ser inferior al 50% del volumen de la cántara. Luego, al efectuar comparaciones batimétricas para definir los volúmenes reales in-situ, suelen haber diferencias con los valores estimados previamente, tanto en exceso como por defecto, pero tienen un orden de magnitud muy inferior al factor de reducción 0,4 aplicado en el estudio de BCR (2020), que implicaría que el volumen en cántara es 2,5 veces el volumen in-situ.

Por otro lado, todo el estudio de sedimentación del Canal Magdalena se basa en la calibración del modelo de EIH en el tramo del canal Punta Indio alineado con el flujo (al Norte de El Codillo), como se indica más adelante, correspondiente a un dragado de 0,7 millones de m<sup>3</sup>/año para 32 pies. Ese volumen de “calibración” que corresponde al período 1998/2004 no está afectado por un factor 0,4, por lo cual, sería incorrecto comparar los volúmenes de mantenimiento del Canal Magdalena estimados por EIH, con los volúmenes del Canal Punta Indio estimados por BCR (2020) reduciendo los valores informados con un factor 0,4.

Por otro lado, se ha avanzado en el análisis de los volúmenes de mantenimiento a corto y largo plazo del Canal Punta Indio para 34 pies presentado anteriormente. El volumen promedio del mantenimiento a 34 pies en todo el período es de unos 5 millones de  $m^3$ , pero en los 5 primeros años supera los 6,5 millones de  $m^3$ . Este efecto sería atribuible a un deslizamiento de taludes inicial, lo cual volvería a suceder probablemente si se profundiza el canal Punta Indio, dado que el talud de dragado nunca llega a ser tan tendido como el de equilibrio.

Por esa razón se debe considerar como referencia el volumen de los primeros años para un período inicial, mientras que a largo plazo se podría adoptar para el mantenimiento a 34 pies el valor promedio del decenio 2010-2019, igual a 4,3 millones de  $m^3/año$ .

Se debe tener en cuenta que ese promedio no incluiría períodos extremos como el evento El Niño del año 2009, cuando se dragaron 9,7 millones de  $m^3$ , lo cual llevaría el promedio a 5,3 millones de  $m^3/año$ . Este tipo de eventos, aunque infrecuentes, ocurren e inciden en los promedios. No obstante, como no habrían sido considerados en el Canal Magdalena, no se lo incluye en el Canal Punta Indio para no sesgar la comparación entre ambos.

En resumen, se considera conveniente adoptar un valor de base 6,5 millones de  $m^3/año$  para el Canal Punta Indio a 34 pies como representativo de un período de al menos 5 años posterior a un dragado de profundización, y un promedio de 4,3 millones de  $m^3/año$  como valor de largo plazo. La diferencia en los primeros 5 años en el tramo entre los km 121 y 239 es un incremento de 2,2 millones de  $m^3/año$  lo cual representa casi 20 mil  $m^3/km/año$ .

A modo de referencia, utilizando los datos de volúmenes informados disponibles para el Canal Punta Indio para los primeros 5 años luego de la profundización a 34 pies, segmentados para el tramo entre El Codillo (km 143) y el km 239 con un factor del 84% del total, y empleando la tasa de incremento por pie dragado estimada en el estudio de Delft (2015), igual a 258593  $m^3/año/pie$ , se adoptan las siguientes tasas de sedimentación:

- Canal Punta Indio a 34 pies: 5,5 millones de  $m^3/año$  primeros 5 años, 3,6 millones de  $m^3/año$  posteriormente (valor correspondiente a la situación actual).
- Canal Punta Indio a 42 pies: 7,6 millones de  $m^3/año$  primeros 5 años, 5,7 millones de  $m^3/año$  posteriormente.

### 3.3.2 Sedimentación en el Canal Magdalena

Con respecto a la sedimentación en el Canal Magdalena se dispone principalmente de dos estudios que buscan estimarla. Uno es el desarrollado por TU Delft y la Universidad de Buenos Aires (2015), el cual aplica coeficientes de extrapolación en función del ancho, profundidad y longitud del canal, con base en resultados de un estudio previo de Hidrovía S.A. (2000), en el cual se estimaron tasas de sedimentación para el canal empleando el modelo EIH-AD32, con una geometría diferente a la utilizada en el estudio de 2015.

Este estudio realiza consideraciones sobre la influencia que tendrían las hélices de los buques en la reducción de la sedimentación, favoreciendo un “autodragado” parcial del canal, con base en datos del Canal Punta Indio.

La tabla siguiente resume los resultados obtenidos considerando un ancho de canal de 117 m para 36 pies para el caso de Buques Graneleros, y de 144 m para Portacontenedores:

<b>Design draft Magdalena [feet]</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>42</b>
<b>Design vessel</b>	Bulk	Container	Container
<b>Sedimentation [m<sup>3</sup>/year]*10<sup>6</sup></b>	3,1	2,3	3,1

TABLE 15: OVERVIEW EXPECTED REQUIRED MAINTANCE DREDGING MAGDALENA CHANNEI

<b>Design draft Punta Indo</b>	<b>34</b>	<b>36</b>
<b>Sedimentation [m<sup>3</sup>/year]*10<sup>6</sup></b>	5,4	5,9

TABLE 16: OVERVIEW EXPECTED REQUIRED MAINTANCE DREDGING PUNTA INDIO.

Tabla 11: Requerimiento de dragado de mantenimiento en los Canales Magdalena y Punta Indio. Fuente: Universidad de Delft y la Universidad de Buenos Aires, 2015.

En el estudio elaborado posteriormente por EIH S.A. para la Delegación Argentina ante la CARP, se aplica el mismo modelo matemático EIH-AD32 desarrollado por esta consultora, empleando parámetros de diseño del canal actualizados.

Este estudio considera diversas relaciones empíricas, entre la densidad del sedimento depositado y el porcentaje de arena, entre la concentración de sedimentos en suspensión y la velocidad de la corriente (determinada en el Canal Farallón de los Canales a Martín García, en un entorno del Río de la Plata Interior diferente al del Canal Magdalena) ajustada duplicando los valores en base a la diferencia entre las isóneas de concentración del Río de la Plata Interior y Exterior presentadas en el estudio antecedente de la CARP (1989), y entre los tamaños de los flocs (debidos a la floculación de las partículas en contacto con agua salada) y la velocidad media de la corriente.

Se modelan 4 condiciones hidrometeorológicas con sus porcentajes de participación estimados en un año y medio y una condición de oleaje asociado, 8 tramos definidos por condiciones similares en la composición granulométrica de los sedimentos, 5 diámetros representativos de la granulometría de los sedimentos (5,5 μ, 11 μ, 23 μ, 46 μ y 94 μ), aplicados con sus proporciones en cada tramo y 2 profundidades de proyecto: 40 y 47 pies. El diseño del canal consideró un ancho de solera de 150 metros y taludes 1:8.

Los resultados obtenidos, indican las siguientes tasas de sedimentación incluyendo el impacto de la floculación potencial en el área: 2,6 a 2,8 millones de m<sup>3</sup>/año para 40 pies y de 3,2 a 3,5 millones de m<sup>3</sup>/año para 47 pies. Estos valores son similares a los obtenidos en el estudio previo antes presentado mediante técnicas de extrapolación en base a valores preliminares antecedentes elaborados por la misma consultora con el mismo software.

Al respecto, se verificó que varias de las relaciones empíricas adoptadas presentan discrepancias con lo hallado en un estudio elaborado con información de campo medida en el marco del proyecto FREPLATA en la zona del Río de la Plata Exterior (Fossati, 2013). Dicho estudio indica que esta es una zona de altas concentraciones en suspensión gobernada por las condiciones de marea, por las tormentas y por el campo salino, con una tendencia a la deposición del material sobre el fondo. El cambio en el patrón de corrientes y el inicio de las aguas salubres que ocurren en esta zona generan una dinámica de sedimentos finos caracterizada por un valor basal de concentración de sedimento en suspensión de aproximadamente 50 mg/l con cierta variación en la vertical (40 mg/l en superficie y 70 mg/l sobre el fondo) que varía levemente según las condiciones de la marea, y que presenta valores

extremos altos de concentración asociado a los eventos de tormenta de más de 200 mg/l. En esta zona en general ocurre la mayor parte de la deposición en el fondo del material en suspensión, principalmente en los instantes siguientes a las grandes tormentas, y se trata de finos tipo mezcla de limos y arcillas, ya que los porcentajes de ambos materiales en la zona son muy similares. Los estudios realizados muestran que la influencia del oleaje en las concentraciones de sedimentos es mayor que la de las velocidades de la corriente, y destacan la gran complejidad del comportamiento sedimentológico del área.

En síntesis, se puede considerar que la estimación de sedimentación disponible a través del modelo EIH-AD32 se basa en una simplificación del comportamiento sedimentológico del área que tiene como sustento el ajuste realizado representando la sedimentación de un tramo del canal Punta Indio comprendido entre los Km 121 y 143, que es el sector alineado con las corrientes antes de El Codillo, donde reportan un volumen de dragado de 0,7 millones de m<sup>3</sup>/año para 32 pies, y estiman con el modelo un valor superior en sólo un 6%. Se debe tener en cuenta que para esta profundidad es probable que se produzca algún efecto de resuspensión por las hélices de los buques que reduzca la sedimentación, mientras que para las profundidades de diseño consideradas para el Canal Magdalena ese efecto sería menor, debido a que normalmente se tendría una mayor revancha bajo quilla.

No obstante, cuando se considera que los procesos de sedimentación se intensifican en caso de existir corrientes cruzadas respecto al canal (como sucede en el Canal Punta Indio), y se tiene en cuenta que de acuerdo con la información disponible de todas las fuentes consultadas existen corrientes significativas no alineadas con el canal principalmente en la zona exterior (luego del cambio de rumbo), se considera probable que las tasas de sedimentación calculadas se encuentren subestimadas. Si se adopta como referencia el volumen indicado en el estudio de la Universidad de Delft (2015) de 6,5 millones de m<sup>3</sup>, en una longitud del Canal Punta Indio de 96 km entre los km 143 y 239, la tasa media resulta igual a unos 68 mil m<sup>3</sup>/km para una condición de aproximadamente 42 pies de profundidad.

El estudio de EIH indica para 40 pies de profundidad y un ancho de solera de 150 metros tasas variables entre 40 y 60 mil m<sup>3</sup>/año en el tramo más alineado con el flujo hasta el km 186, cayendo luego significativamente en el tramo final, donde por otro lado, es lógico que esto suceda pues las profundidades naturales son mayores y por lo tanto el canal es menos profundo en relación con los bancos adyacentes. Se considera probable que especialmente en este último sector las tasas de sedimentación puedan ser superiores a las estimadas.

Considerando este factor, más la posible subestimación debido a haber considerado para la verificación del modelo un tramo donde existiría un mayor efecto de autdragado por las hélices de los buques, más el hecho de que la revancha bajo quilla a ser adoptada en el Canal Magdalena sería mayor que 2 pies, y teniendo en cuenta además el incremento en el ancho del canal que se produce al profundizarse, se considera recomendable considerar un incremento mínimo del 20% sobre el valor de sedimentación más conservativo estimado en el estudio de EIH S.A.

En consecuencia, los valores de sedimentación anual en el Canal Magdalena que se consideran como referencia en el estudio de EIH son los siguientes: 3,4 millones de m<sup>3</sup>/año para 40 pies y 4,2 millones de m<sup>3</sup>/año para 47 pies (aproximadamente 114.300 m<sup>3</sup>/año/pie).



La pendiente de la relación entre el volumen sedimentado y la profundidad de dragado que se proponen en el estudio de Delft (2015) es igual a 112.970 m<sup>3</sup>/año/pie, prácticamente igual a la que se deduce del estudio de EIH.

Para estimar los valores correspondientes a 34 y 42 pies en el Canal Magdalena, se aplica la relación que surge de los volúmenes de referencia estimados para 40 y 47 pies (del orden de 0,11 millones de m<sup>3</sup>/pie/año), Por otro lado, los valores obtenidos se consideran de largo plazo, es decir, luego del “acomodamiento” de los taludes que se dragan en 1:8 y que se estima que tenderán a un valor más cercano a 1:20 en un plazo del orden de 5 años, lo cual incrementaría la sedimentación por deslizamiento. Se ha estimado este proceso incrementando el volumen en ese período en unos 20 mil m<sup>3</sup>/km/año, lo cual implica 1,1 millones de m<sup>3</sup> adicionales para 34 pies y 1,2 millones de m<sup>3</sup> para 42 pies.

Resultando así las siguientes tasas de sedimentación (redondeadas a los cientos de miles de m<sup>3</sup>):

- Canal Magdalena a 34 pies: 3,8 millones de m<sup>3</sup>/año primeros 5 años, 2,7 millones de m<sup>3</sup>/año posteriormente
- Canal Magdalena a 42 pies: 4,8 millones de m<sup>3</sup>/año primeros 5 años, 3,6 millones de m<sup>3</sup>/año posteriormente

## 3.4 ANALISIS DEL DISEÑO GEOMETRICO DEL CANAL

### 3.4.1 Aspectos generales

Como ya fuera mencionado, el análisis considera los diseños previstos para el Canal Magdalena, y no se diseñan modificaciones. Se toman las condiciones geométricas publicadas por CARP, y las consideraciones en antecedentes disponibles, entre ellos el EIA 2015.

El diseño original del canal tiene su origen a la altura del denominado “Codillo” en Punta Indio, y se prolonga con una alineación semejante al tramo anterior aguas arriba del Codillo, hasta que encuentra la zona de aguas profundas frente a la Bahía de Samborombón. El diseño original tiene dos etapas, una primera etapa con una profundidad de diseño de 40 pies al cero, y una segunda etapa con profundidad de diseño de 47 pies al cero. Estas profundidades son totales, y para las condiciones de operación ya incluyen márgenes de seguridad y cumplimiento de normativa vigente. Para el presente estudio, se estudia la factibilidad del Canal a 42 pies como única etapa, quedando la definición a 47 pies únicamente desde un enfoque geométrico.

La sección transversal presenta un ancho de solera de 150m, con taludes laterales con pendiente 1:8. Desde su inicio a la altura del Codillo, hasta la zona donde la profundidad natural es de 42 pies, el canal tendrá una longitud de 57,3Km, mientras que, la eventual prolongación a 47 pies de profundidad lleva la longitud del canal hasta alcanzar 61,4Km totales.

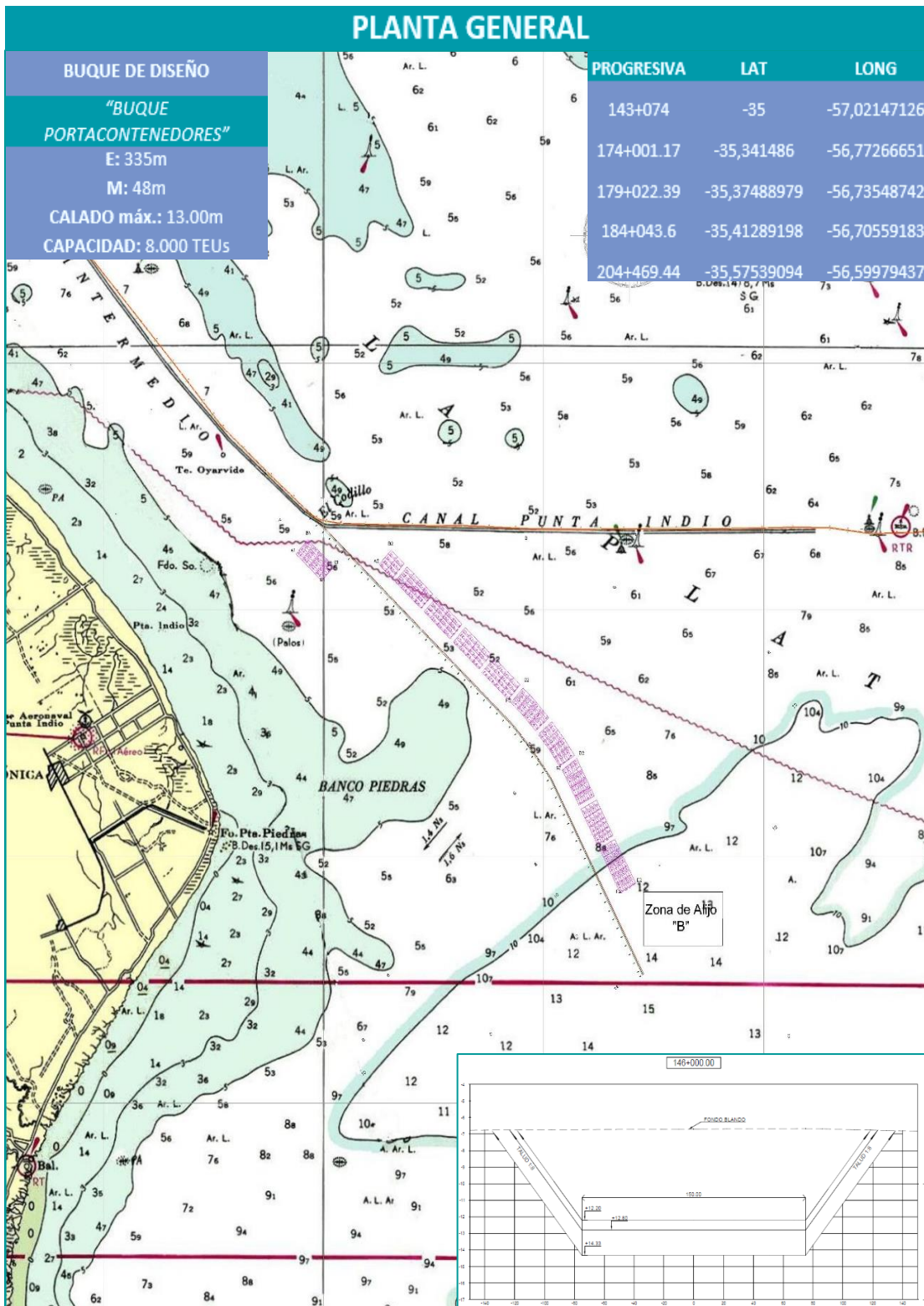


Figura 28: Layout original del proyecto, y parámetros de diseño. Fuente: elaboración propia.

Es importante señalar que el empalme del Canal Magdalena con el Canal Punta Indio demandará un tramo de transición entre la geometría del primero y del segundo que se desarrollará en los 3 km terminales de la traza del Canal Magdalena.

DISEÑO DEL ALINEAMIENTO						
PROGRESIVA	PUNTO	COORDENADAS				R (m)
		E	N	Lat.	Long.	
143+074	Inicio	6498043.55	6110551.33	-35.1516224	-57.02147126	
174+001.17	Principio de Curva	6520666.29	6089463.39	-35.341486	-56.77266651	
179+022.39	Punto medio C	6524036.25	6085748.93	-35.37488979	-56.73548742	30000
184+043.6	Fin de curva	6526740.32	6081524.98	-35.41289198	-56.70559183	
204+469.44	Fin	6536276.55	6063461.88	-35.57539094	-56.59979437	

Tabla 12: Coordenadas de puntos notables de la traza del Canal. Fuente elaboración propia.

Siguiendo con las recomendaciones internacionales dadas para el trazado de las vías navegables, el canal en estudio se presenta como una vía prácticamente rectilínea conformada por dos tramos rectos unidos por un único tramo curvo, cuyo radio de curvatura es igual a 30.000 metros. El Canal, que corre paralelo a la ribera bonaerense del Río de La Plata, se encuentra alineado con la dirección de las corrientes, minimizándose los temporales de través que podrían perjudicar la navegación de las embarcaciones. El diseño incluye como concepto de buque de diseño un buque de dimensiones asimilables a un buque tipo NEOPANAMAX, con las siguientes dimensiones:

	Buque de Diseño: Buque Portacontenedores
Eslora	335 m
Manga	48 m
Calado Máximo	13 m / 42 pies
Capacidad	8.000 TEUs

Tabla 13: Características del buque de diseño. Fuente elaboración propia.

Respecto al diseño del ancho del Canal, según la información suministrada por la nota externa DACARP N° 10/2015 se proyectó un valor de 150 metros de solera para el buque de diseño y considerando una vía de doble circulación. Dicho valor contempla el ancho máximo de la manga del buque de diseño, una serie de valores por sobreancho, la banda de separación entre dos buques que navegan en sentidos opuestos, y por último un resguardo, a ambos lados del Canal, para evitar efectos indeseados producto de la interacción buque veril. Cumpliendo con las reglas de diseño de canales de acceso, el mismo debe tener una profundidad suficiente y constante como para permitir la navegación segura e ininterrumpida del buque de diseño, cargado y sometido, además, a las alteraciones dimensionales (manga aparente) y de su calado dinámico (efecto Squat).

### 3.4.2 Recomendaciones Generales para el ancho de Canales

Respecto al diseño del ancho de la vía navegable existe una importante cantidad de recomendaciones internacionales, pudiéndose nombrar las recomendaciones PIANC, las recomendaciones dadas por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos (USACE) y algunas otras consideraciones presentadas en las Normas Españolas para Oras Marítimas (ROM).

Dentro del espectro de recomendaciones y al solo efecto de una simple aproximación hay recomendaciones de que un canal de navegación de una sola mano debe tener un ancho útil de solera de no menos de 3 a 5 mangas del buque de mayores dimensiones que lo navegue. Si tal canal fuera de doble mano su ancho útil de solera tendría que ser de 8 a 10 mangas del mismo buque, según la clase de fondo.

Una referencia mundial y muy empleada para realizar el estudio del diseño de canales de acceso es el informe “Approach Channels – A guide for design” WG121 elaborado por PIANC (2014). A partir de este elemento como herramienta de diseño puede determinarse una primera aproximación del ancho necesario del canal.

De acuerdo si se diseña un canal de una o dos manos de circulación el ancho del mismo quedará definido como la suma del ancho de la franja de maniobrabilidad básica, una sumatoria que comprende los sobreanchos que tienen en cuenta los efectos medioambientales (vientos, corrientes, etc.) y una distancia de resguardo por la existencia de bancos a ambos lados del canal, y en caso de un canal de dos manos, se deberá adicionar una franja de “distancia de paso” entre ambas franjas de circulación. Todos estos parámetros quedarán definidos a partir de la manga “B” del buque de diseño.

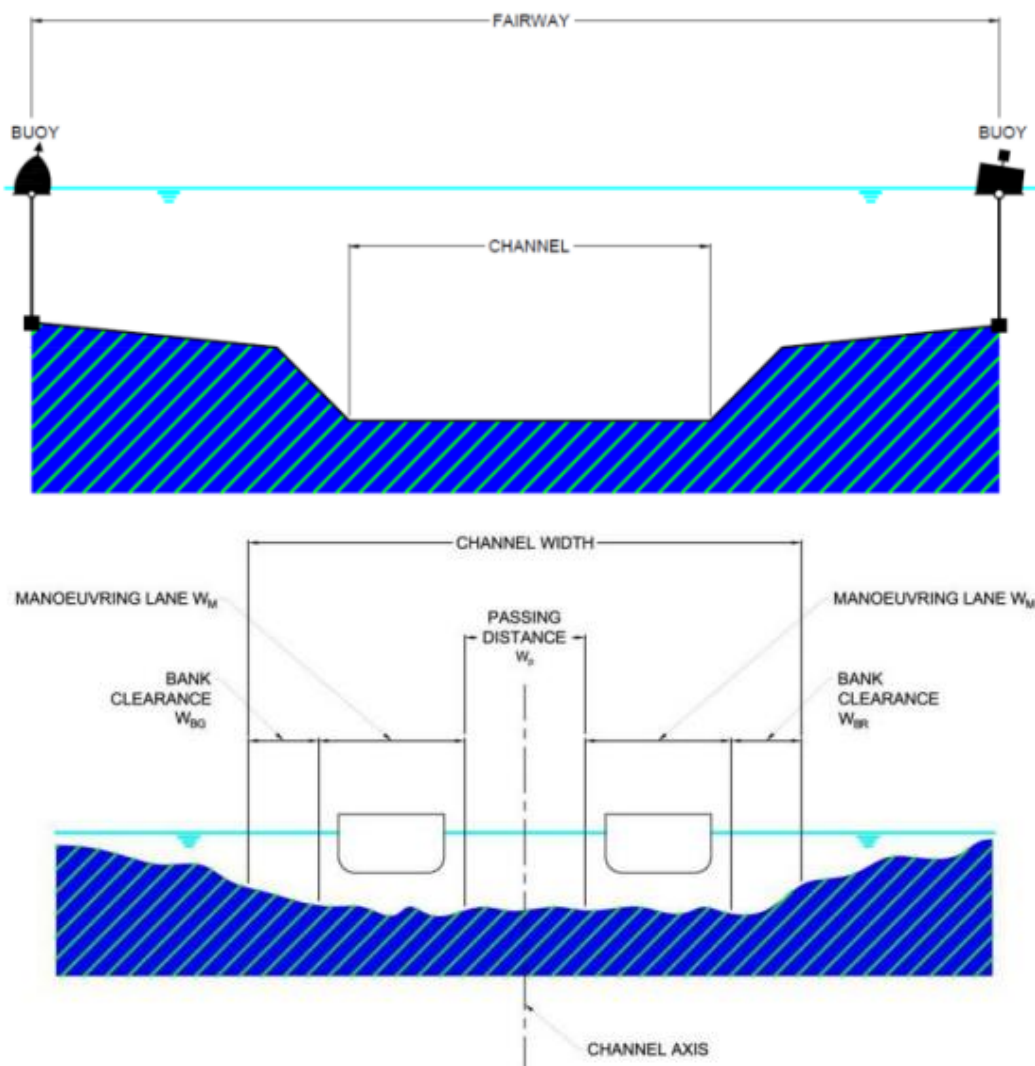


Figura 29: Elementos para determinar el ancho del canal, en canales de una vía y de doble vía. Fuente: PIANC, 2014.

Llevada la metodología que propone PIANC en su documento "Approach Channels – A guide for design", al caso del Canal Magdalena, proyectado con una vía de circulación, conforme su diseño original queda:

$$W \text{ (Una vía)} = WBM + \Sigma Wi + WBR + WBG = WM + WBR + WBG$$

Donde:

WBM = ancho de la vía de maniobrabilidad básica

$\Sigma Wi$  = sobreeanchos para tener en cuenta los efectos del viento, corrientes, etc.

WBR, WBG = distancia a las márgenes verde y roja.

WBM +  $\Sigma Wi$  = WM = ancho de maniobrabilidad

La metodología se basa en determinar un ancho básico, que depende de la manga del buque de diseño y en la capacidad de maniobra del mismo. Luego se agrega una serie de sobreeanchos que se relacionan con las condiciones ambientales, el fondo, los taludes, entre otros. Finalmente, se adiciona un margen de espacio hasta el borde del veril definido por el sistema de balizamiento. Para este caso se supone:

- moderada maniobrabilidad (condición conservadora)
- Velocidades de circulación dentro del rango de 8 a 12 nudos
- Corrientes transversales, longitudinales y oleajes conforme los resultados del análisis de datos, que arrojan condiciones poco desfavorables.
- Muy buena cobertura y calidad del sistema de balizamiento y señalización

En función de lo anterior, y para los factores propuestos por esta metodología se obtuvo el siguiente ancho mínimo necesario de 134,4m, que, para el caso de una vía, resulta suficiente para el buque de diseño previsto.

Manga del buque de diseño (B)		48 m
<b>Ancho de maniobra BASICA</b>		<b>72 m</b>
	<b>Tipo de Sobreeancho</b>	<b>Factor      sobreeancho</b>
	Velocidad	0 B      0 m
	Vientos Cruzados	0,2 B      9,6 m
	Corrientes Cruzadas	0,7 B      33,6 m
	Corrientes Longitudinales	0,1 B      4,8 m
	Oleaje	0 B      0 m
	Sistema de Señalización	0 B      0 m
	Tipo de fondo	0,2 B      9,6 m
	Profundidad disponible	0,1 B      4,8 m
	Margen al veril rojo - WBR	0,1 B      4,8 m
	Margen al veril verde - WBG	0,1 B      4,8 m
<b>ANCHO MINIMO NECESARIO</b>		<b>144 m</b>

Tabla 14: Cálculo del ancho mínimo necesario para el canal Magdalena según recomendaciones PIANC, 2014.

Adicionalmente, si se considerara un caso de canal de doble vía, para las mismas condiciones, el ancho se aumenta a 336m. Esto muestra que no sería posible el cruce entre buques con las dimensiones de diseño.

Por otro lado, si se toman buques de menor porte, como por ejemplo un buque tanque de 128m de eslora y 20 m de manga, similar a los que actualmente recorren el tramo entre La Plata y el Sur, y tomando una moderada maniobrabilidad, los anchos necesarios son de 61m y 151m para el caso de una y dos vías respectivamente. Esto podría favorecer a la posibilidad de cruces en el canal, en el caso de buques de menor porte.

Además de los cálculos realizados, del análisis de antecedentes se obtuvo una serie de resultados y conclusiones incluidas en marco de los Estudios Técnicos Complementarios al Proyecto del Canal de Navegación Magdalena, el Centro de Investigación y Entrenamiento Marítimo y Fluvial (CIEMF). En esa oportunidad se realizó un estudio de simulaciones para verificar la aptitud y factibilidad del nuevo Canal de Navegación Magdalena. Los objetivos específicos de las pruebas fueron:

- Analizar las posibles interferencias que puedan ocasionar el canal proyectado sobre el Canal Punta Indio, la Zona de Alijo, el Complemento de Carga B y el tráfico marítimo de la zona.
- Evaluar los movimientos evolutivos de los buques en las zonas de intersección del canal proyectado con los restantes canales y el tráfico marítimo de la zona.

Del resultado de las pruebas realizadas en el simulador, surgieron las conclusiones que se transcriben a continuación:

- La traza del canal previsto es adecuada para una navegación segura y fluida. Con una solera de 150 metros sobrepasa en un 50% al actual Canal Punta Indio.
- Con pocas y pequeñas caídas de rumbo se facilita la estabilidad en el gobierno de los buques y se elimina la gran caída de rumbo que significa El Codillo actual.
- Teniendo en cuenta la Ordenanza Marítima N°4/00, solo se contemplan sobrepasos de buques Clase C a buques Clase A y B.
- Se prevé el sobrepaso de buques Clase C (de 6,40 metros de calado o menos) navegando por la Zona Contigua de Tránsito, similar a como acontece actualmente, a buques de Clase A y B que navegan dentro del canal.
- La simulación de prácticas de cruces entre buques de vuelta encontrada, de determinados tamaños, para verificar la factibilidad de llevar a cabo estas maniobras indicó que es posible efectuarlos con suficiente margen de maniobra y amplitud a lo largo de toda su traza, dado que se dispone de 150 metros de ancho de solera.
- En la zona de confluencia (denominada así a la zona donde el Canal Punta Indio se une al Canal Magdalena), no se registra ningún tipo de interferencias en el tráfico que circula por ambos. Obviamente, se requerirán las medidas de coordinación necesarias para ordenar y gestionar el tráfico marítimo, por parte de la Autoridad Marítima (CONTRASE BS.AS.).

- En el Canal Magdalena, los vientos fuertes predominantes del sudeste no provocan efectos indeseables como por ejemplo mayor manga aparente y/o desvíos de las embarcaciones de su curso, dado la alineación del canal con la dirección del fenómeno meteorológico.

### 3.4.3 Condiciones para la Navegación

Actualmente, la Prefectura Naval Argentina (PNA), establece Normas de Navegación para los diferentes Canales del Río de la Plata, que tienen como objetivo el de reglar condiciones particulares que hacen al tránsito en estos canales de aguas restringidas. Según la Ordenanza N°4/18 “Normas Particulares de Seguridad de la Navegación en el Río de la Plata” se establece como margen de seguridad mínimo bajo la quilla (MSBQ) para navegar por los Canales Punta Indio, Intermedio, Paso Banco Chico, Acceso al Puerto de Buenos Aires hasta el Km 12 y Canal Emilio Mitre, incluidas las zonas contiguas de tránsito, los buques de hasta diez metros con treinta y seis (10,36 m) (34') dejarán un MSBQ no inferior al decimal sesenta metros (0,60 m) (2'). Además, considera incrementos adicionales al MSBQ para calados iguales o superiores a diez con treinta y siete (10,37) y hasta diez con sesenta y siete (10,67) metros, el incremento de un centímetro con cincuenta (1,5 cm) por cada centímetro adicional, y para calados iguales o superiores a diez con sesenta y ocho (10,68) metros, la aplicación del diez por ciento (10 %) del calado estático.

Por ello podría suponerse que ante el nuevo Canal la Prefectura disponga como normativa el cumplimiento de la ordenanza 4/18, dando para el buque de diseño un MSBQ igual a 4 pies, o bien, dicho de otro modo, que, para una profundidad de diseño del Canal Magdalena de 42 pies al cero, el calado máximo permitido sea de 38 pies. Estas condiciones son las que se han tomado, como se ha repasado en las hipótesis de base del estudio.

No obstante, se supone en el futuro la revisión del marco normativo por parte de los organismos competentes, ya que el Canal Magdalena está en fase de proyecto. Llegado el momento de su ejecución, será potestad de la PNA la elaboración de la normativa que, a criterio de dicho organismo, asegure la seguridad en la navegación, y establezca las condiciones límites de velocidad de navegación y MSBQ para dicho canal.

### 3.4.4 Señalización

El Servicio de Hidrografía Naval (SHN) diseñó el sistema de ayudas a la navegación (AtoN) del Canal de Navegación Magdalena. El mismo se compone de señales de carácter diurno y nocturno materializado conforme los estándares definidos por la Asociación Internacional de Autoridades de Balizamiento (IALA/AISM)

Según el sistema internacional de balizamiento IALA/AISM el mundo queda dividido en dos regiones, en el caso de nuestro país corresponde la región tipo B, donde el sentido convencional de boyado responde de la siguiente manera, desde aguas abiertas hacia aguas de puertos, señales a babor color verdes y señales a estribor color rojas.

A los efectos de diseñar el tipo de señalización que delimitará al Canal y sus aguas adyacentes las AtoN proyectadas deberán incluir sistemas visuales, acústicos y eventualmente radioeléctricos para posicionar las embarcaciones o los peligros cercanos en su travesía.

Además, se deberá definir el valor de disponibilidad del sistema de ayudas a la navegación como una medida de la calidad del servicio que recibe el usuario. Queda así definida la probabilidad de que en un instante aleatorio el sistema o una ayuda a la navegación no estén funcionando de acuerdo con los requisitos establecidos (alcance, cantidad y calidad) Para ello, la IALA propone 3 categorías de disponibilidad y un valor de mínimo absoluto,

- 1° categoría: Disponibilidad mínima del 99,8 %
- 2° categoría: Disponibilidad mínima del 99 %
- 3° categoría: Disponibilidad mínima del 97 %
- Mínimo absoluto de disponibilidad: 95 %

El diseño realizado por el SHN consta de pares de boyas tipo Spar para demarcación de los veriles del Canal y una boya especial ubicada en la zona de confluencia, denominada así al encuentro entre el Canal Magdalena y el Canal Punta Indio.

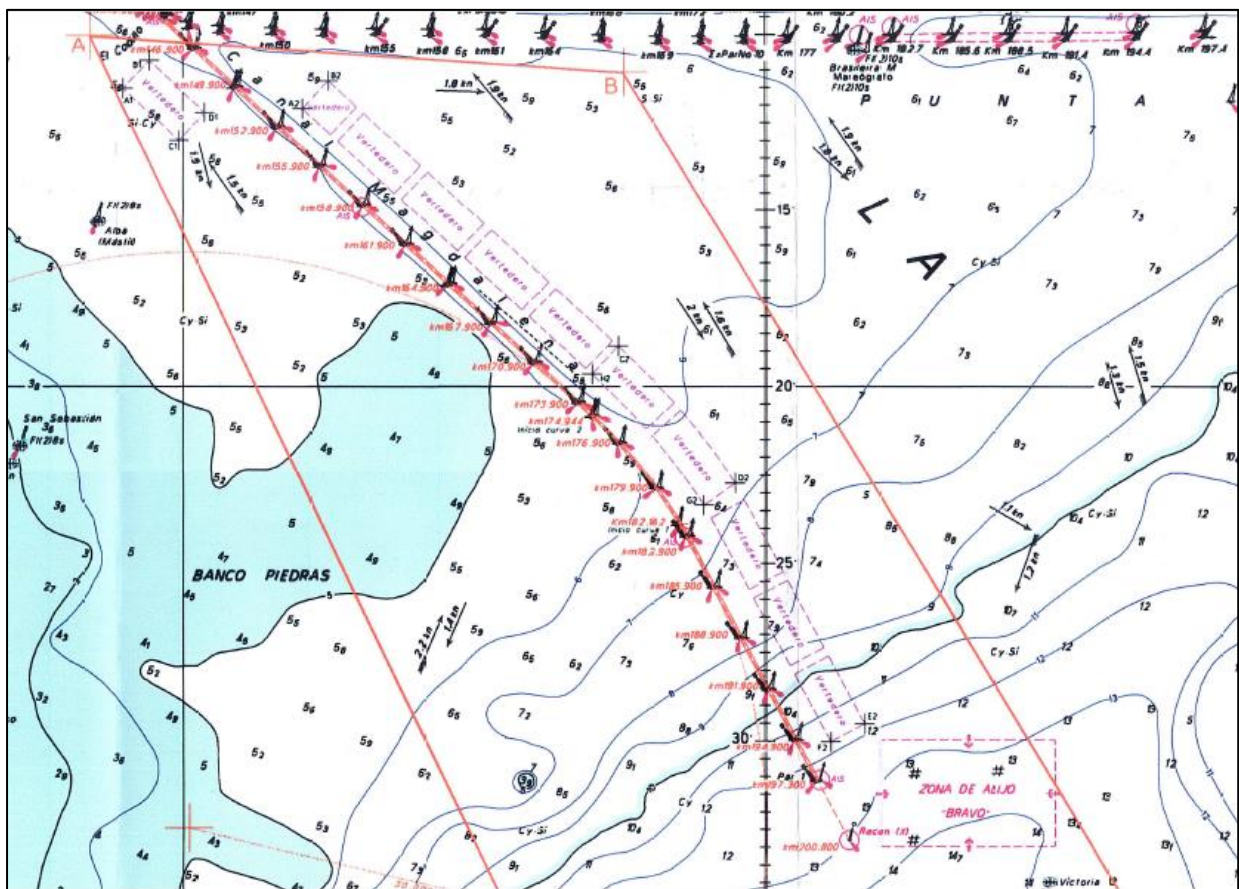


Figura 30: Sistema de balizamiento Canal Magdalena. Carta especial H-113. Fuente: Servicio de Hidrografía Naval.



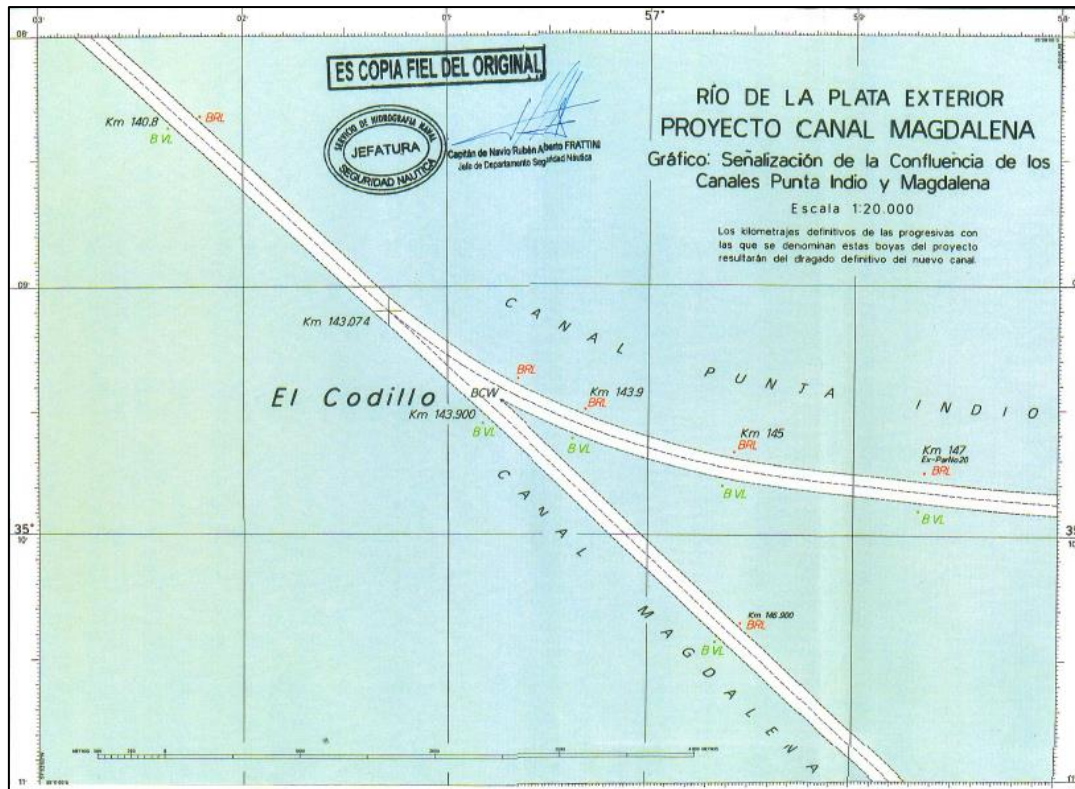


Figura 31: Diseño del balizamiento en Zona de Confluencia. Fuente: SHN.

Así, el sistema de balizamiento para el Canal queda definido por señales tipo SPAR, en la siguiente configuración:

- Una (1) señal de aguas seguras (con racón) colocada al ingreso,
- Veinte (20) pares de señales luminosas, para babor y estribor, como marcas laterales, materializadas mediante boyas tipo Spar verdes y boyas rojas, respectivamente,
- En confluencia del canal Magdalena con el canal Punta indio, en la zona del codillo, una señal amarilla/negra/amarilla denominada cardinal oeste para indicar el cuadrante correspondiente donde han de pasar las embarcaciones en esa intersección.

Además del proyecto de señalización, se asume que en el extremo aguas abajo del canal, se generaría una zona de espera similar a la que actualmente existe en Recalada, donde el tráfico se podría ordenar para el ingreso a la VNT.

De las señales laterales proyectadas, es decir los 20 pares de señales tipo Spar verdes y rojas, 19 pares se colocarían en la etapa a 34" de profundidad. Luego, una posterior profundización a 42" implicaría un reposicionamiento de las señales y el agregado del último par. En caso de una tercera etapa de profundización a 47", el reposicionamiento además incluye la redistribución de los tres pares de señales sobre el extremo aguas abajo del Canal Magdalena.

Se asume que, bajo la hipótesis de que no se han modificado las condiciones de diseño originales del Proyecto del Canal Magdalena, entonces el proyecto original de balizamiento elaborado por el SHN,

Organismo competente en la materia, sería suficiente para las condiciones de seguridad de la navegación.

## 3.5 VOLUMENES DRAGADO DE APERTURA

Para un correcto análisis de los costos y tecnologías asociados a la apertura y mantenimiento del Canal Magdalena, es necesario realizar una estimación de los volúmenes totales, tanto en etapa de apertura, como los estimados en etapa de mantenimiento. En este capítulo, se desarrollan los dragados de apertura, mientras que, para los dragados de mantenimiento, se adoptan los resultados arribados en el capítulo relativo a Sedimentación.

### 3.5.1 Condiciones de base

Se estiman los volúmenes del Canal Magdalena y además los volúmenes del Canal Punta Indio, para arribar a una base equiparable, tanto por tipo de material, como por volumen total.

Cabe resaltar que la falta de disponibilidad de perfiles batimétricos transversales a lo largo del Canal Magdalena hace necesario que los volúmenes se calculen por proyección de perfil longitudinal. Una mejor exactitud podría lograrse con una batimetría que abarque completamente el área del canal, incluyendo zonas adyacentes e incluso áreas de vaciado. En el caso del Canal Punta Indio, se realiza con relevamientos de control de dragado.

### 3.5.2 Canal Magdalena

La traza correspondiente al nuevo Canal Magdalena se encuentra definida, entre otros documentos, en la Nota DACARP DNVN N° 1365 del 20 de Noviembre de 2014; donde se incluye, para los dragados considerados (40 pies o 12,20 m y 47 pies o 14,33 m), los puntos notables ("waypoints") de la poligonal.

A partir de dicha traza y en conjunto con la información del perfil geológico – geotécnico correspondiente al relevamiento realizado por Ezcurra & Schmidt (2015) – que se encuentra disponible en formato de AutoCAD® en la página Web de información técnica relativa al proyecto Hidrovía Federal (Subsecretaría de Puertos, Vías Navegables y Marina Mercante)<sup>20</sup> – se procedió a la estimación de los volúmenes de dragado aplicando, para ello, las facilidades brindadas por el programa AutoCAD® CIVIL 3D®. Así, la traza del canal y su perfil geológico – geotécnico fueron posicionados geográficamente en un modelo tridimensional donde se generaron las superficies correspondientes tanto al lecho del río como al nivel de fondos duros.

Los cálculos de volúmenes, por comparación entre superficies, se realizaron en etapas progresivas considerando sucesivos incrementos de la profundidad de dragado (de 0,61 m o 2 pies) y partiendo desde una primera etapa de profundización que se corresponde con una profundidad de 10,36 m (34 pies) equivalente al estado actual de los canales del Río de la Plata.

20 Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/hidrovia-federal-2021/informacion-tecnica>

Para cada incremento de profundidad se procedió al modelado del nuevo canal (determinando las coordenadas del punto extremo donde se alcanza la profundidad objetivo) y al cálculo de los volúmenes de dragado (por comparación entre las superficies correspondientes al canal, el lecho y los fondos duros). Las tablas y el gráfico que se presentan a continuación sintetizan los resultados obtenidos:

Prog. (km)	Observaciones	Long. canal (km)	POSGAR´ 94		WGS´ 84	
			X	Y	Latitud (S)	Longitud (N)
143+074	Inicio de canal	---	6.498.043,55	6.110.551,33	35° 09' 05,84"	57° 01' 17,30"
174+944	Inicio de curva	---	6.521.356,65	6,088.819,86	35° 20' 50,18"	56° 45' 54,20"
Curva de 30.000 m de radio						
184+043,6	Fin de curva	---	6.526.740,32	6.081.524,98	35° 24' 46,41"	56° 42' 20,13"
196+293	Fin dragado a 34" (10,36 m)	53,22	6.532.459,21	6.070.692,52	35° 30' 37,28"	56° 38' 31,91"
197+188	Fin dragado a 36" (10,97 m)	54,11	6.532.877,05	6.069.901,05	35° 31' 02,91"	56° 38' 15,21"
198+315	Fin dragado a 38" (11,58 m)	55,21	6.533.403,22	6.068.904,41	35° 31' 35,18"	56° 37' 54,18"
199+286	Fin dragado a 40" (12,20 m)	56,21	6.533.856,55	6.068.045,73	35° 32' 02,99"	56° 37' 36,06"
200+334	Fin dragado a 42" (12,80 m)	57,26	6.534.345,83	6.067.118,96	35° 32' 22,62"	56° 37' 16,50"
204+469,4	Fin dragado a 47" (14,33 m)	61,40	6.536.276,55	6.063.461,88	35° 34' 31,41"	56° 35' 59,26"

Tabla 15: Nuevo canal Magdalena, Coordenadas de puntos notables para distintas profundidades de dragado. Fuente: elaboración propia.

Profundidad de dragado		Volúmenes apertura (m³)		
		Tipo de material		Total
Pies	Metros	Blandos	Duros	
34	10,36	35.680.000	181.000	35.870.000
36	10,97	41.720.000	1.612.800	42.830.000
38	11,58	47.050.000	2.627.000	50.210.000
40	12,20	51.580.000	6.570.000	58.150.000
42	12,80	55.780.000	10.470.000	66.250.000
47	14,33	66.690.000	22.260.000	88.950.000

Tabla 16: Nuevo Canal Magdalena: Volumen total y por tipo de material (m³) para distintas profundidades de diseño. Fuente: elaboración propia.

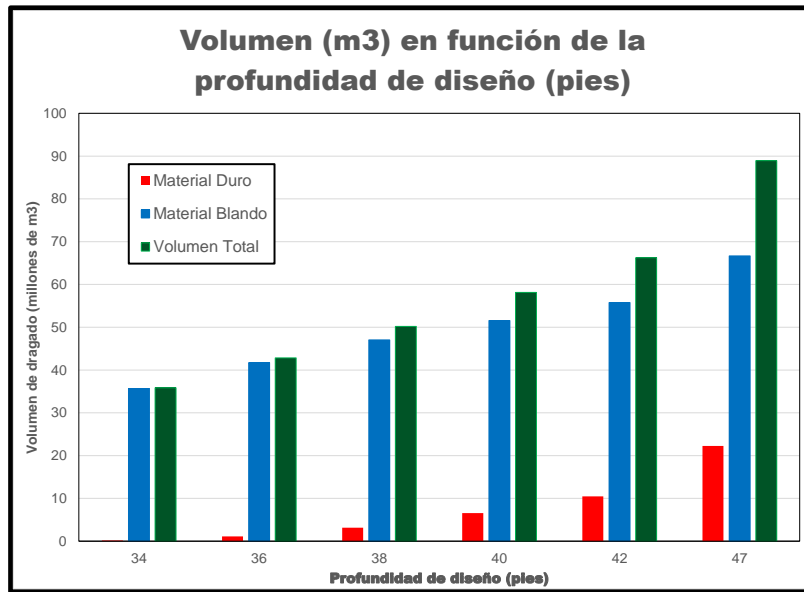


Figura 32: Cálculo de los volúmenes de dragado en el nuevo canal. Fuente: elaboración propia.

Con relación al volumen de los materiales a dragar (según sea su naturaleza, blandos o duros) los resultados evidencian que para una profundidad de diseño de 34 pies / 10,36 m (equiparable a la actualmente existente en el resto de los canales del Río de la Plata).

El volumen de materiales blandos sería algo superior a los 35 millones de m³ y la profundización a 36 pies (12,97 m) superaría los 40 millones de m³; a partir de allí cada nueva profundización implicaría entre 1,3 y 1,6 veces el volumen de la anterior; es decir, en cada profundización el volumen de materiales blandos a dragar varía, en relación con la profundización inicial (34" / 10,36 m), de acuerdo a una ecuación lineal (R= 0,997). El volumen de materiales duros sería algo inferior a los 200.000 m³ y la profundización a 36 pies (12,97 m) superaría el millón de metros cúbicos; a partir de allí cada nueva profundización implicaría entre 1,5 y 3,0 veces el volumen de la anterior; es decir, en cada profundización el volumen de materiales a dragar varía, en relación a la profundización inicial (34" / 10,36 m), de acuerdo a una ecuación polinómica de 2º grado (R= 0,9993). Lo anterior se evidencia en las siguientes figuras:

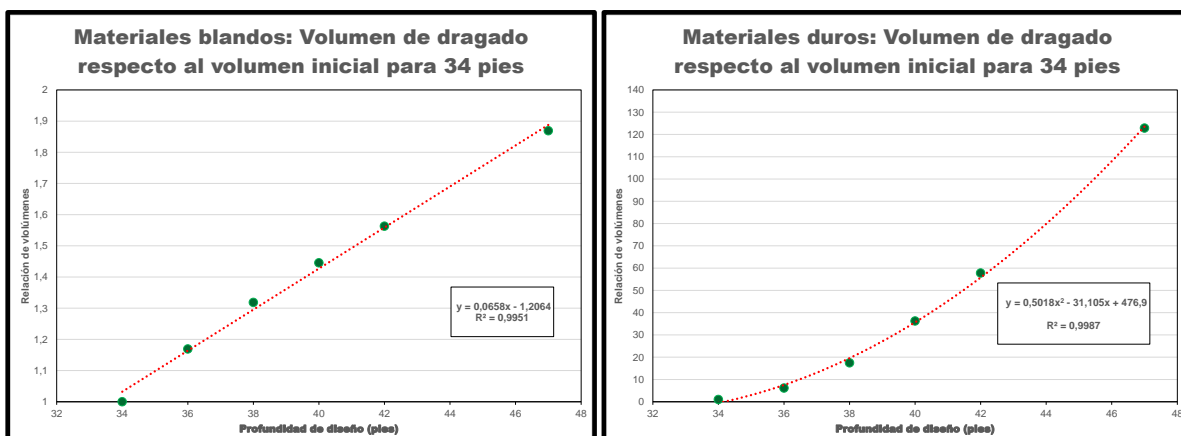


Figura 33: Volúmenes de materiales a dragar según su naturaleza, para profundidad de diseño de 34 pies. Fuente: elaboración propia.

### 3.5.3 Canal Punta Indio

El denominado canal Punta Indio se extiende entre las progresivas del km 121,0 y km 239,1 de la vía navegable del Río de la Plata estando conformado por dos tramos: a) el “Canal Principal” objeto de obras de dragado (entre las progresivas km 121,0 y 205,3); y b) la denominada “Extensión Punta Indio” (entre las progresivas km 205,3 y 239,1). Conforme a sus condiciones de diseño, dicho canal es mantenido a una profundidad de 34 pies (10,36 m) al plano de referencia con un ancho de solera de 100 m; no obstante, en la práctica, tanto la profundidad como el ancho alcanzan valores muy superiores (la mayoría de las secciones transversales presentan anchos efectivos mayores con casi un 30% de las mismas en el entorno de los 140 m y un 50% en el entorno de los 120 m). A modo de ejemplo, se presentan a continuación un conjunto de secciones transversales que incluyen el perfil de diseño a 34 pies (10,36 m) y las condiciones batimétricas a agosto de 2018:

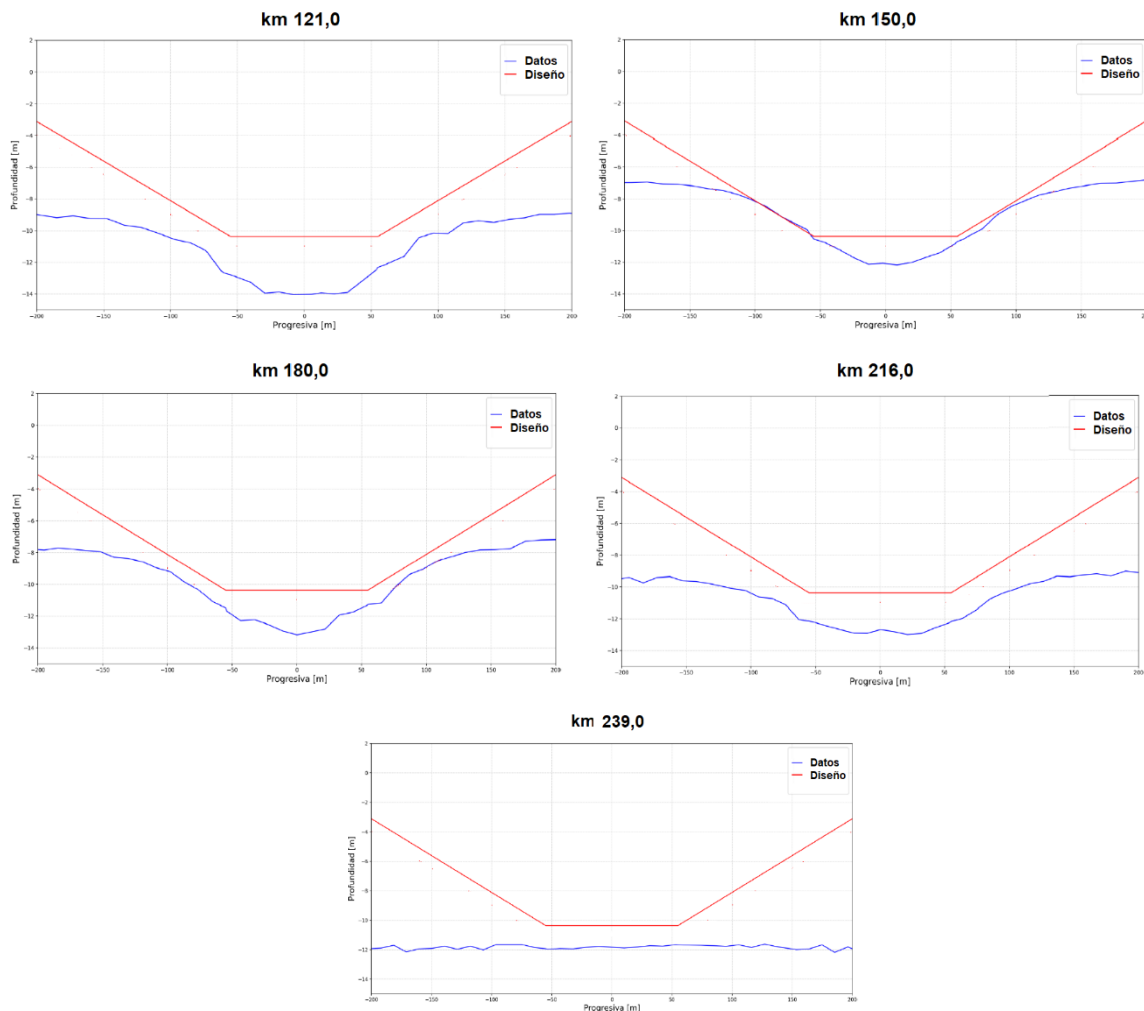


Figura 34: Selección de perfiles transversales a lo largo del canal Punta Indio. Fuente: elaboración propia en base a batimetrías.

De la misma forma, y también a partir de la información batimétrica correspondiente a agosto de 2018, se elaboraron los siguientes procesamientos que evidencian que amplios tramos del canal presentan profundidades incluso superiores a los 42 pies (12,80 m) al plano de referencia:

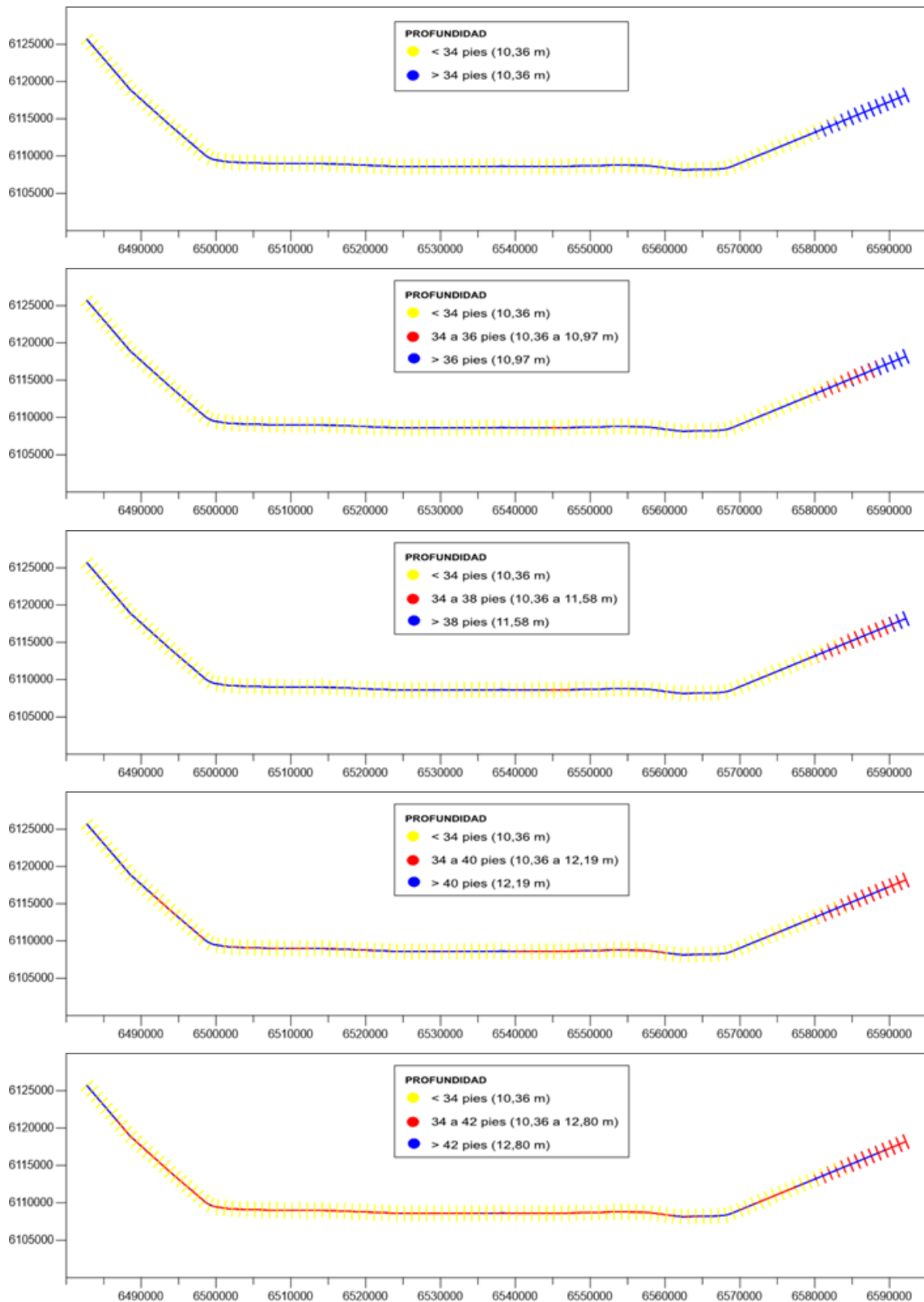


Figura 35: Análisis de profundidades en el Canal Punta Indio. Fuente: elaboración propia.

Adicionalmente, corresponde indicar que entre las progresivas km 182,7 y 194,4 se desarrolla una zona de cruce cuyo ancho de solera alcanza los 160 m.

En cuanto a la naturaleza de los materiales y a partir de la consideración de los antecedentes disponibles – ver los perfiles correspondientes al relevamiento sísmico del canal Magdalena (Ezcurra & Schmidt SA, 2014, 2015)<sup>21</sup> y las secciones Delta – Barra del Indio y Punta Piedras – Barrancas de San Gregorio (Parker, 1985, 1990)<sup>22</sup> – se asumió que el subsuelo estaría integrado por dos unidades sísmo – estratigráficas principales que fueron identificadas bajo la misma denominación utilizada por Ezcurra & Schmidt SA (2015):

- Unidad sísmo – estratigráfica “A”: Sedimentos superficiales recientes

Conformada por sedimentos finos (limos arcillosos, arcillas y arcillas limosas), inconsolidados, blandos a muy blandos, a veces fluidos y ricos en materia orgánica, que representan los materiales transportados en suspensión y depositados como consecuencia de los fenómenos de floculación asociados al comportamiento de la salinidad.

En la mayor parte de la traza se presenta como una delgada capa superficial (que se entremezcla con los materiales correspondientes a la unidad subyacente); no obstante, sobre la costa uruguaya (más allá de las progresivas km 208 / 210) alcanza espesores notables (en coincidencia con los rasgos paleo – geomorfológicos del río).

- Unidad sísmo – estratigráfica “C”: Sedimentos marinos semi – consolidados a consolidados:

Se encuentra subyacente a la unidad anterior y corresponde a un horizonte bien definido y de marcada continuidad que desaparece hacia la costa uruguaya (progresivas km 206 / 210); en líneas generales, conforma una unidad homogénea, sin discontinuidades ni horizontes internos, cuya superficie se presenta como marcadamente irregular y rugosa y con presencia de algunas depresiones (progresivas km 166 / 178).

Desde el punto de vista de sus características mecánicas se trata de materiales medianamente consolidados y duros con posibles intercalaciones de materiales calcáreos, muy duros y/o cementados.

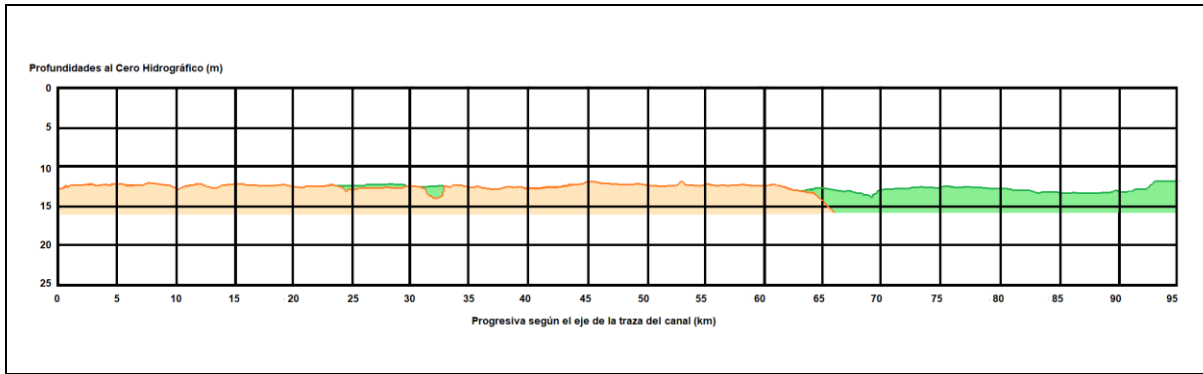
---

21 **Ezcurra & Schmidt SA (2014).** Estudio Geofísico para el proyecto Canal Magdalena. Informe de Consultoría para Estudio de Ingeniería Hidráulica SA (EIH SA).

**Ezcurra & Schmidt SA (2015).** Estudios Geofísicos con extracción de muestras de suelos sobre la traza proyectada del nuevo Canal Magdalena. Informe de Consultoría para la Delegación Argentina de la Comisión Administradora del Río de la Plata (CARP).

22 **Parker, G. (1985).** El subsuelo del Río de la Plata: Recopilación de Perforaciones. Servicio de Hidrografía Naval (SHIN, Rep. Argentina). División Geología Marina, Informe Técnico N° 36/85.

**Parker, G. (1990).** Estratigrafía del Río de la Plata. Revista de la Asociación Geológica Argentina 45(3–4): 193 – 204.



Referencias

- Materiales blandos y muy blandos (Unidad sismo – estratigráfica “A” de Ezcurra & Schmidt, 2015)
- Materiales semi – consolidados a consolidados, moderadamente duros a duros (Unidad sismo – estratigráfica “C” de Ezcurra & Schmidt, 2015)

Figura 36: Perfil geológico esquemático correspondiente al eje de la traza del canal Punta Indio. Fuente: elaboración propia en base a perfiles geológicos y relevamientos sísmicos de estudios antecedentes. <sup>22 y 23</sup>

La existencia, en el canal Punta Indio, de materiales semi – consolidados a consolidados, moderadamente duros a duros, es confirmada por el propio perfil sísmico correspondiente al canal Magdalena (Ezcurra & Schmidt, 2015):

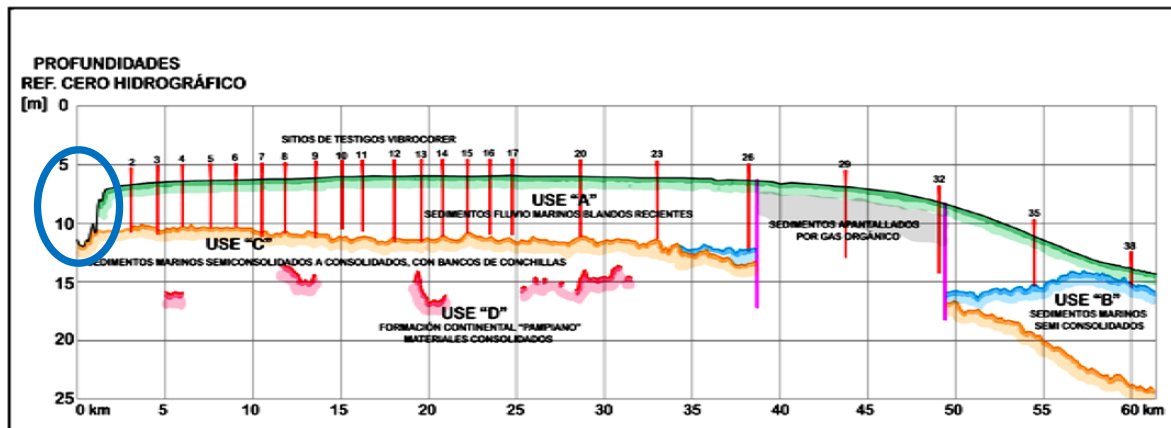


Figura 37: Perfil geológico esquemático correspondiente al eje de la traza del canal Magdalena (incluyendo la ubicación y penetración de los testigos de suelos). Fuente: Ezcurra & Schmidt SA (2015).

Lo anterior también es confirmado por la información disponible respecto al equipamiento realizado a efectos de la profundización a 34 pies (10,36 m) realizada en el año 2005; en efecto, en dicho canal trabajaron las dragas de succión por arrastre (TSHD) Capitán Núñez (256–C), Francis Beaufort, James Ensor y Niña.



Dichas dragas trabajaron de acuerdo con el esquema y los volúmenes de dragado que se presentan a continuación:

Año	Período	Draga	Tramo		Volumen (m <sup>3</sup> )
			Inicio (km)	Fin (km)	
2005	01 al 07/09	James Ensor	150,0	180,0	388.000
	01 al 07/09	Francis Beaufort	180,0	195,0	511.000
	08 al 11/09	Francis Beaufort	182,0	195,0	280.000
	23/09 al 17/10	Capitán Núñez (256-C)	125,0	150,0	1.168.000
	17 al 27/10	Francis Beaufort	121,0	145,0	263.000
	18/10 al 11/11	Capitán Núñez (256-C)	145,0	205,0	1.272.000
	17 al 27/11	Francis Beaufort	121,0	130,0	624.000
	01/12	Francis Beaufort	124,0	125,0	15.000
	26 al 27/12	Niña	142,0	145,0	23.000
2006	19 al 25/01	Capitán Núñez (256-C)	145,0	160,0	412.000
	21 al 28/01	Niña	130,0	143,0	245.000
	28/02 al 23/03	Capitán Núñez (256-C)	130,0	202,0	1.362.000
	16 al 18/04	Capitán Núñez (256-C)	140,0	145,0	145.000
	12 al 24/05	Capitán Núñez (256-C)	150,0	202,0	743.000
<b>Volumen total (m<sup>3</sup>)</b>					<b>7.451.000</b>
<b>Fuente:</b> <a href="https://drive.google.com/drive/folders/1LuvJuxt3RTrefFHRsxo3sZUIZFkj_Vd9">https://drive.google.com/drive/folders/1LuvJuxt3RTrefFHRsxo3sZUIZFkj_Vd9</a>					

Tabla 17: Canal Punta Indio: Apertura y Profundización a 34 pies (años 2005 / 2006). Esquema de trabajo, dragas utilizadas y volúmenes movilizados

Por otra parte, corresponde considerar las características principales de cada draga y su participación tanto en el desarrollo temporal de las obras como en el volumen total dragado:




	James Ensor	Francis Beaufort	Niña	Capitán Núñez (256-C)
				
Cántara (m <sup>3</sup> )	3.600	11.300	3.400	6.000
DWG (ton)	6.170	18.620	5.090	13.060
Eslora (m)	112,8	142,5	89,7	146,3
Manga (m)	18,2	27,5	18,4	22,5
Calado cargada (m)	6,25	9,1	5,4	6,8
Profundidad máxima de dragado (m)	30	38 / 57,5 / 77	31	26,5
Diámetro de la cañería (mm)	800	1.200	900	900
Potencia bomba de dragado (kW)	2 x 810	3.400	1.250	2 x 1.005
Potencia bomba de descarga (KW)	3.240	7.500	---	2.010
Propulsión (kW)	2 x 2.650	2 x 5.750	2 x 1.325	2 x 3.130
Potencia total instalada (kW)	7.350	13.110	5.530	10.230
Construcción	1980	2003	1997	1977 (1998)

Tabla 18: Canal Punta Indio: Apertura y Profundización a 34 pies (años 2005 / 2006). Características principales de las dragas utilizadas.

Año	Mes	James Ensor	Francis Beaufort	Niña	Capitán Núñez (256-C)
2005	09				
	10				
	11				
	12				
2006	01				
	02				
	03				
	04				
	05				

Tabla 19: Canal Punta Indio: Apertura y Profundización a 34 pies (años 2005 / 2006). Participación de cada draga.

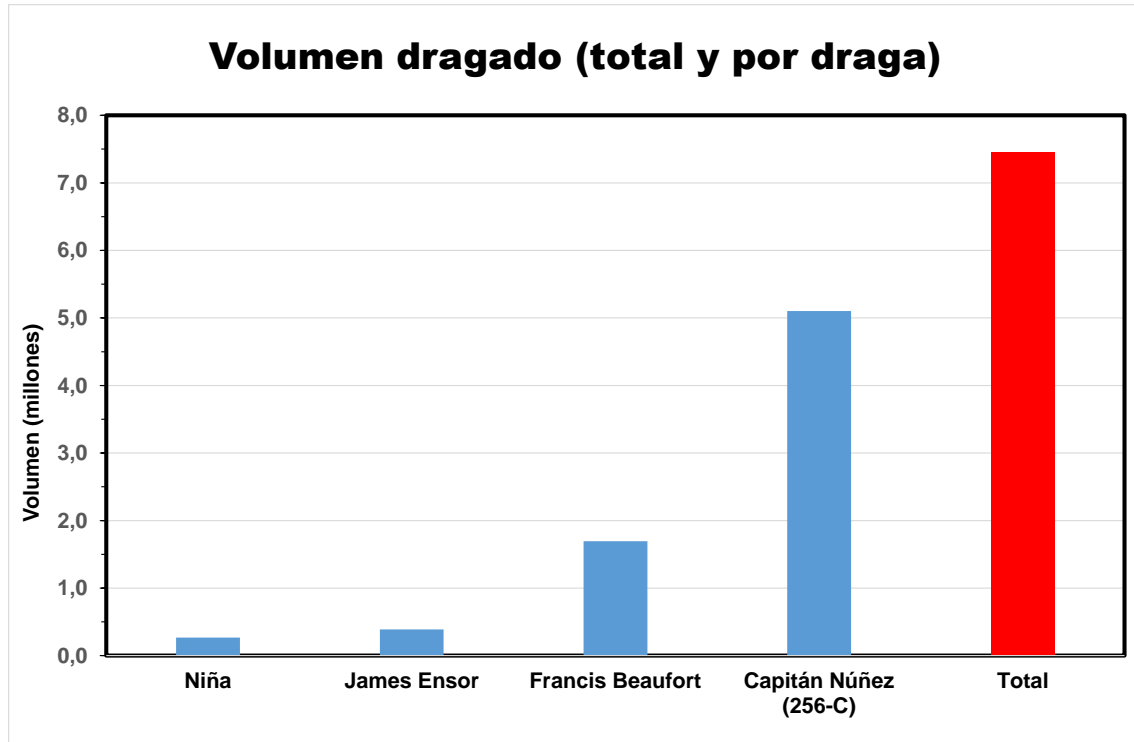


Figura 38: Canal Punta Indio: Apertura y Profundización a 34 pies (años 2005 / 2006). Participación de cada draga en el volumen total.

Se observa que las obras de apertura y profundización a 34 pies (10,36 m) comenzaron en septiembre de 2005 mediante la draga de succión por arrastre (TSHD) James Ensor, de 3.650 m<sup>3</sup> de capacidad de cántara y dos cabezales con 810 kW de potencia en cada bomba de dragado (7.350 kW de potencia total instalada) que trabajó tan sólo durante una semana (del 01 al 07 de septiembre).

Posteriormente, entre los meses de septiembre y diciembre de 2005, trabajó la draga de succión por arrastre (TSHD) Francis Beaufort, de 11.300 m<sup>3</sup> de capacidad de cántara y un único cabezal con 3.400 kW de potencia en la bomba de dragado (13.100 kW de potencia total instalada) que operó en cuatro períodos (1 al 11 de septiembre, 17 al 27 de octubre, 17 al 27 de noviembre y 1° de diciembre).<sup>23</sup>

Entre octubre y noviembre de 2005 y también entre enero y mayo de 2006 trabajó la draga de succión por arrastre (TSHD) Capitán Núñez (256-C), de 6.000 m<sup>3</sup> de capacidad de cántara y dos cabezales con 1.005 kW de potencia en cada bomba de dragado (10.230 kW de potencia total instalada) que operó en cinco períodos (23 de septiembre al 11 de noviembre, 19 al 25 de enero, 28 de febrero al 23 de marzo, 16 al 18 de abril y 12 al 24 de mayo).

Adicionalmente, en dos cortos períodos (26 y 27 de diciembre y 21 al 28 de enero), trabajó la draga de succión por arrastre (TSHD) Niña, de 3.400 m<sup>3</sup> de capacidad de cántara y un único cabezal con 1.250 kW de potencia en la bomba de dragado (5.530 kW de potencia total instalada).

<sup>23</sup> Las actividades de dicha draga comenzaron, en realidad, el día 29 de agosto habiendo realizado obras por un total de 66.000 m<sup>3</sup> entre las progresivas km 121 y 125 (durante los días 29 y 30 de agosto) y 112.000 m<sup>3</sup> entre las progresivas km 180 y 190 (el día 31 de agosto); no obstante, dichos volúmenes fueron asignados como dragado de mantenimiento.

Las dos dragas mayores fueron responsables de dragar el 91,2% del total del volumen dragado (7.451.000 m<sup>3</sup>): a) 1.693.000 m<sup>3</sup> (22,7% del total) por la draga Francis Beaufort, que concentró sus trabajos en los tramos comprendidos entre las progresivas km 121 – 130 y 180 – 195; y b) 5.102.000 m<sup>3</sup> (68,5% del total) por la draga Capitán Núñez (256–C) que concentró sus trabajos en los tramos comprendidos entre las progresivas km 125 y 205.

En cuanto a las dragas menores, las mismas fueron responsables de dragar tan sólo 656.000 m<sup>3</sup> (8,8% del total) y concentraron sus trabajos en: a) el tramo comprendido entre las progresivas km 150 y 180 (la draga James Ensor); y b) el tramo comprendido entre las progresivas km 130 y 145 (la draga Niña).

A partir de los elementos anteriores, tomando en consideración tanto las características de los materiales como de las dragas (en particular su año de construcción / actualización)<sup>24</sup> y sus períodos de trabajo, se entiende que la draga Francis Beaufort, por sus dimensiones y potencias, habría estado a cargo del dragado de materiales semi – consolidados a consolidados, moderadamente duros a duros, correspondientes a la unidad sismo – estratigráfica “C” utilizando, a tales efectos, un cabezal de succión de tipo “activo” (es decir, un cabezal equipado con dientes y chorros de agua capaces de “cortar” los materiales tanto vertical como horizontalmente).

Cabe agregar, además, que el tramo de actuación de dicha draga – entre las progresivas km 121 y 185 – coincide con el área asignada, en este informe, como correspondiente a materiales semi – consolidados a consolidados y moderadamente duros a duros.

Finalmente, al igual que para el canal Magdalena, a partir del perfil geológico – geotécnico, que fuera construido – en formato de AutoCAD ® – a partir del relevamiento batimétrico de control correspondiente a agosto de 2018, se procedió a la estimación de los volúmenes de dragado aplicando, para ello, las facilidades brindadas por el programa AutoCAD ® CIVIL 3D ®.

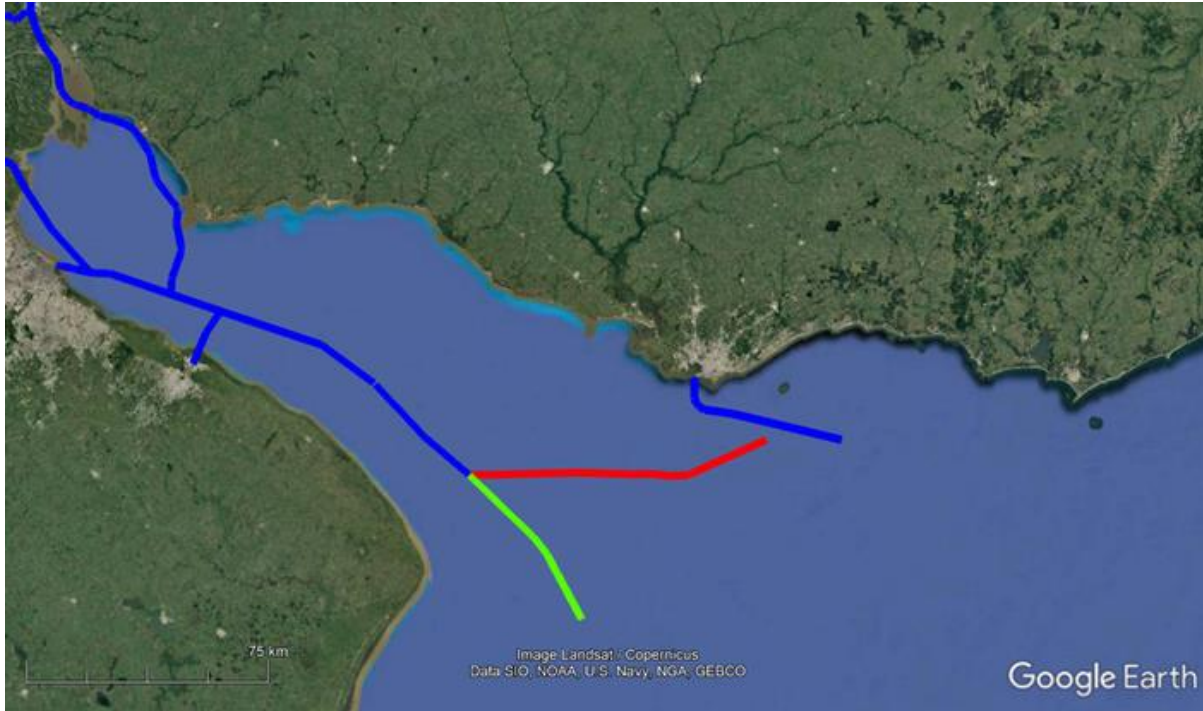
Es así que la traza del canal y su perfil geológico – geotécnico fueron posicionados geográficamente en un modelo tridimensional donde se generaron las superficies correspondientes tanto al lecho del río como al nivel de fondos duros.

Los cálculos de volúmenes, por comparación entre superficies, se realizaron en etapas progresivas considerando sucesivos incrementos de la profundidad de dragado (de 0,61 m o 2 pies) y partiendo desde una primera etapa de profundización que se corresponde con una profundidad de 10,97 m (36 pies).

Para cada incremento de profundidad se procedió al modelado del nuevo canal y al cálculo de los volúmenes de dragado (por comparación entre las superficies correspondientes al canal, el lecho y los fondos duros); en todos los casos el tramo correspondiente al cálculo de volumen se corresponde con la traza actual y se inicia en un punto común a ambos canales (el nuevo canal Magdalena y el Punta Indio) correspondiente – aproximadamente – a la progresiva km 143,074.

---

24 La draga Francis Beaufort fue construida en el año 2003 mientras que la draga Capitán Núñez (256–C) fue construida en el año 1977 y modernizada en 1998.



REFERENCIAS



Figura 39: Canal Punta Indio: Tramo considerado a efectos del cálculo de volúmenes de profundización

A efectos del cálculo de volúmenes se consideró (conforme a las propuestas existentes): a) un ancho de canal de 110 m; b) la ampliación de la zona de cruce actual (km 182,7 a 194,4) desde los actuales 160 a 255 m de ancho; y c) una eventual bifurcación entre, aproximadamente, las progresivas km 140,8 y 150,0.

Una bifurcación como la considerada fue propuesta por Mancere y García (2020)<sup>25</sup> quienes, a partir de la aplicación del programa IWRAP – elaborado por la Asociación Internacional de Faros y Ayudas a la Navegación Marítima (IALA) – que permite el procesamiento de datos de densidad de tráfico a efectos de obtener información sobre su distribución transversal y longitudinal, estudiaron la navegación en el canal Punta Indio en el tramo ubicado 10 km aguas arriba y aguas debajo de la progresiva km 143,9 (El Codillo) para, a partir de los resultados obtenidos, proponer, a efectos de disminuir las demoras y aumentar la eficiencia de la navegación, una bifurcación entre las progresivas km 140,8 y 150,0 (manteniendo el resto del canal como de única vía).

25 Mancere, A. y García, S. 2020. Ejemplo de uso del modelo IWRAP en el Río de la Plata: Navegación en “El Codillo”. XI Congreso de la Asociación Argentina de Ingeniería Portuaria (AADIP); Buenos Aires, 7 al 11 de Setiembre de 2020.

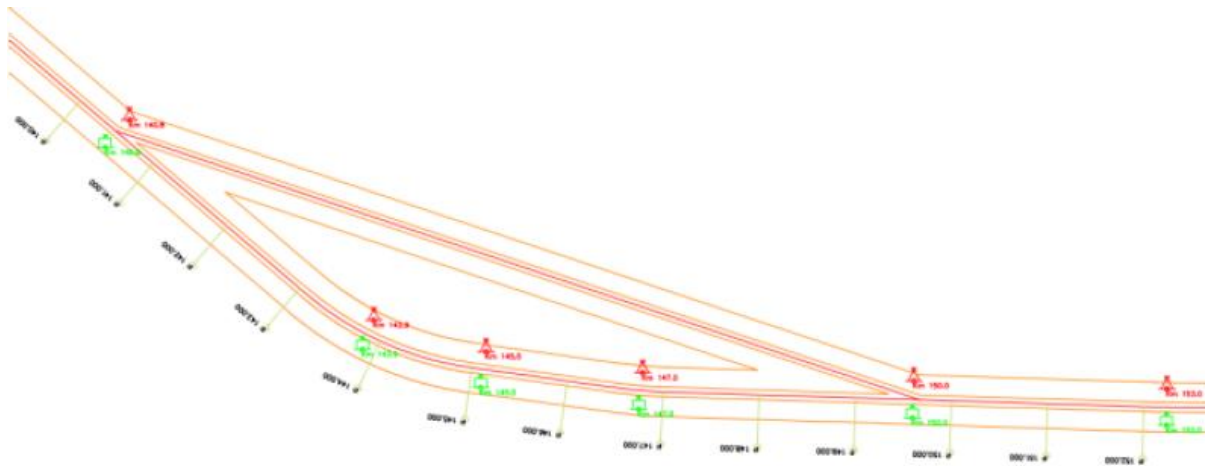


Figura 40: Canal Punta Indio: Bifurcación el Codillo. Fuente: Mancere y García (2020)

En cuanto al talud y conforme a la práctica adoptada por Hidrovía SA, se consideró que a efectos del dragado de apertura se aplicaría una pendiente de 1V: 8H para posteriormente alcanzar, por desmoronamiento, la pendiente natural de – aproximadamente – 1V:20H.

Las tablas y el gráfico que se presentan a continuación sintetizan los resultados obtenidos para las siguientes alternativas:

- Alternativa 1 (Situación actual): Considera el canal desde el km 143,074 (punto común a los canales Punta Indio y Magdalena) con 110 m de ancho y una zona de cruce de 160 m de ancho entre las progresivas km 182,7 a 194,4.
- Alternativa 2 (Propuesta Proyecto BCR, 2020): Considera el canal desde el km 143,074 (punto común a los canales Punta Indio y Magdalena) con 110 m de ancho y una zona de cruce de 255 m de ancho entre las progresivas km 182,7 a 194,4.
- Alternativa 3 (Propuesta Mancere y García, 2020): Considera el canal desde el km 143,074 (punto común a los canales Punta Indio y Magdalena) con 110 m de ancho y un canal de bifurcación de 110 m de ancho entre las progresivas km 140,8 y 150,0.

Corresponde aclarar que – en todos los casos y muy especialmente para las Alternativas 2 y 3 – se asumió que en las proximidades de la progresiva km 143 la cota original del material duro se encuentra en torno a los –10,0 m al cero local y ello teniendo en cuenta tanto lo observado en el perfil geológico correspondiente al Canal Magdalena como los antecedentes respecto al dragado de apertura a 34 pies.

En primera instancia se concluye que tanto el volumen de materiales blandos como el volumen total –en las Alternativas 2 y 3 no se presentarían grandes diferencias; no obstante, cuando se consideran los materiales “duros” dichas diferencias resultan significativas ya que a partir de la profundización a 40 pies (12,20 m) su participación alcanza valores de importancia (no se consideran en el cálculo las tolerancias ni el sobre dragado técnico).

**ALT 1 - CANAL PUNTA INDIO desde progresiva km 143,074 con 110 m de ancho y zona de cruce de 160 m de ancho (entre progresivas km 182,7 a 194,4, aproximadamente)**

Profundidad de dragado		Volúmenes (m <sup>3</sup> )		Total
		Tipo de material		
Pies	Metros	Blandos	Duros	
34	10,36	140.000	253.000	393.000
36	10,97	541.000	381.000	921.000
38	11,58	1.053.000	1.241.000	2.294.000
40	12,20	3.063.000	2.523.000	5.586.000
42	12,80	5.646.000	5.876.000	11.521.000
47	14,33	15.844.000	18.154.000	33.997.000

**ALT 2 - CANAL PUNTA INDIO desde progresiva km 143,074 con 110 m de ancho y zona de cruce de 255 m de ancho (entre progresivas km 182,7 a 194,4, aproximadamente)**

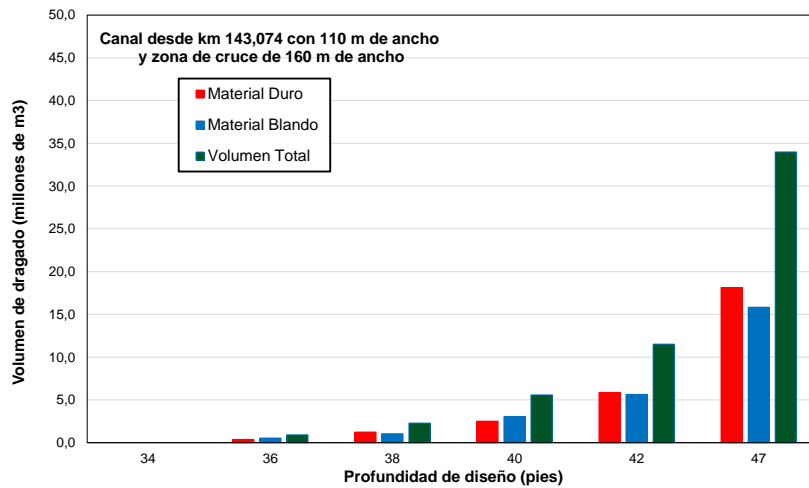
Profundidad de dragado		Volúmenes (m <sup>3</sup> )		Total
		Tipo de material		
Pies	Metros	Blandos	Duros	
34	10,36	1.507.000	330.000	1.837.000
36	10,97	1.730.000	1.990.000	3.720.000
38	11,58	3.000.000	2.780.000	5.780.000
40	12,20	6.550.000	3.590.000	10.140.000
42	12,80	11.550.000	6.860.000	18.410.000
47	14,33	21.190.000	21.330.000	42.520.000

**ALT 3 - CANAL PUNTA INDIO desde progresiva km 143,074 con 110 m de ancho y BIFURCACIÓN de 110 m de ancho (entre km 140,8 y 150,0, aproximadamente)**

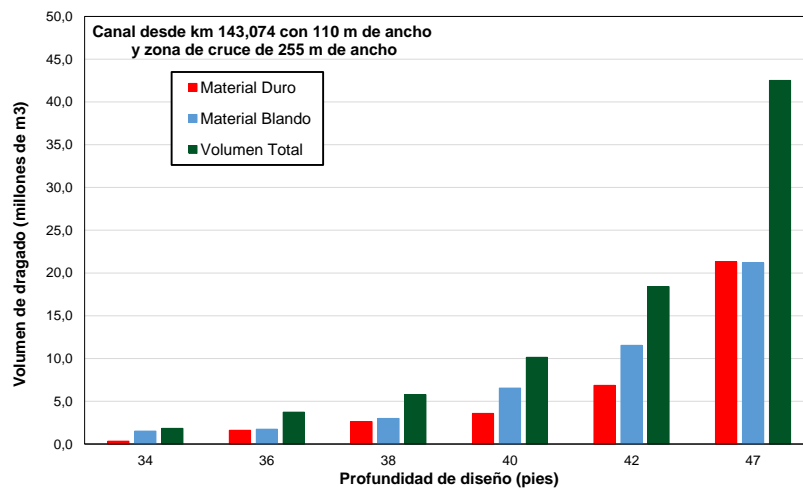
Profundidad de dragado		Volúmenes (m <sup>3</sup> )		Total
		Tipo de material		
Pies	Metros	Blandos	Duros	
34	10,36	3.427.000	352.000	3.779.000
36	10,97	5.770.000	2.254.000	8.024.000
38	11,58	5.971.000	4.572.000	10.542.000
40	12,20	8.016.000	7.044.000	15.060.000
42	12,80	10.921.000	11.316.000	22.237.000
47	14,33	22.013.000	26.124.000	48.136.000

Tabla 20: Canal Punta Indio, Alternativas. Volumen total (m<sup>3</sup>) por tipo de material y profundidades de diseño.  
Fuente: elaboración propia.

### Alternativa 1



### Alternativa 2



### Alternativa 3

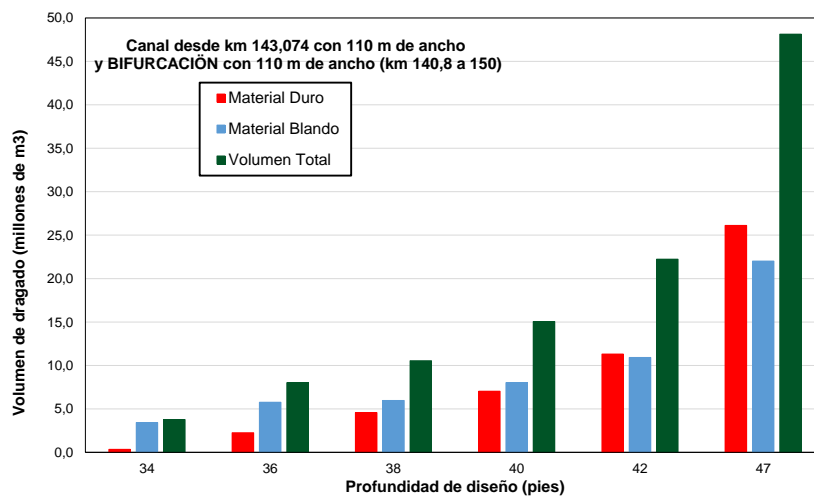
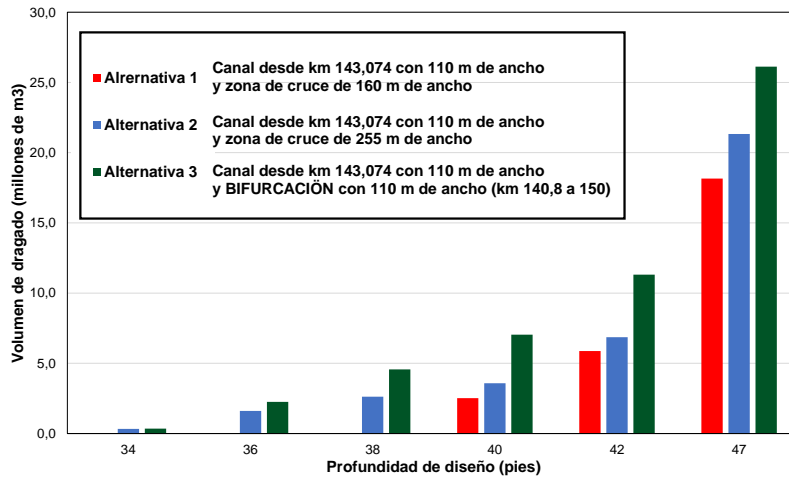


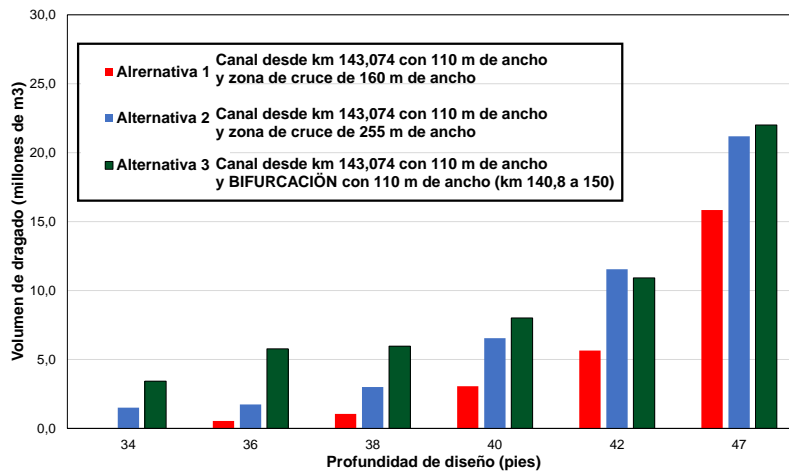
Figura 41: Volumen de dragado (m<sup>3</sup>) según tipo de material y profundidad (por alternativa). Fuente: elaboración propia.



### Materiales Duros



### Materiales Blandos



### Volúmenes totales

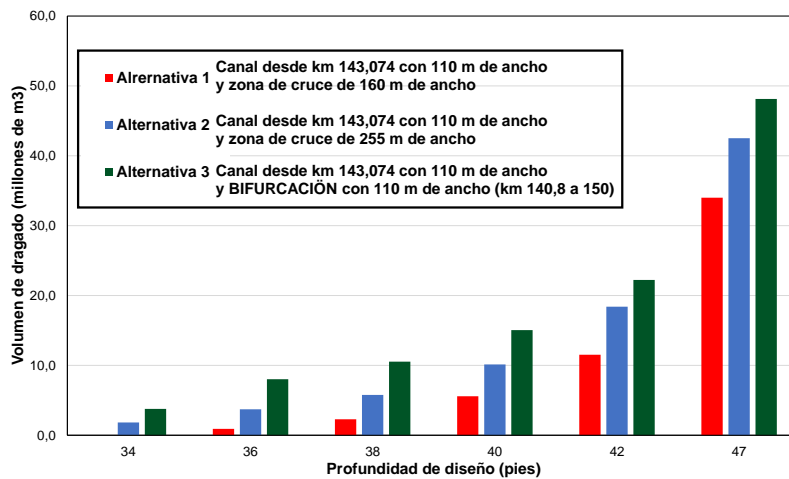


Figura 42: Volumen de dragado (m³) según alternativa y profundidad (por tipo de material). Fuente: elaboración propia.

### 3.5.4 Comparación de volúmenes entre Punta Indio y Canal Magdalena

A partir de los cálculos realizados y expuestos en los párrafos anteriores, se presenta una comparación entre ambos canales. En ambos casos, el canal Magdalena y el canal Punta Indio, los cálculos se iniciaron en un punto común a ambos canales correspondiente – aproximadamente – a la progresiva km 143,074 del canal Punta Indio.

Adicionalmente en el caso del canal Magdalena, para cada incremento de profundidad, se procedió, además, a la determinación de las coordenadas del punto extremo donde se alcanza la profundidad objetivo.

En el caso del canal Punta Indio – que actualmente se extiende entre las progresivas km 121,0 y 239,1 de la vía navegable del Río de la Plata siendo mantenido a una profundidad de 34 pies (10,36 m) al plano de referencia con un ancho de solera de 100 m y una zona de cruce entre las progresivas km 182,7 y 194,4 en la que alcanza un ancho de solera de 160 m – corresponde indicar que, en el mismo, tanto la profundidad como el ancho alcanzan valores muy superiores al diseño. En efecto, la mayoría de las secciones transversales presentan anchos efectivos mayores con casi un 30% de las mismas en el entorno de los 140 m y un 50% en el entorno de los 120 m.

Los resultados así obtenidos, por tipo de material y profundidad de dragado, se resumen en las tablas y figuras que se presentan a continuación (en esta instancia, los cálculos no consideran tolerancias ni sobre dragado técnico):

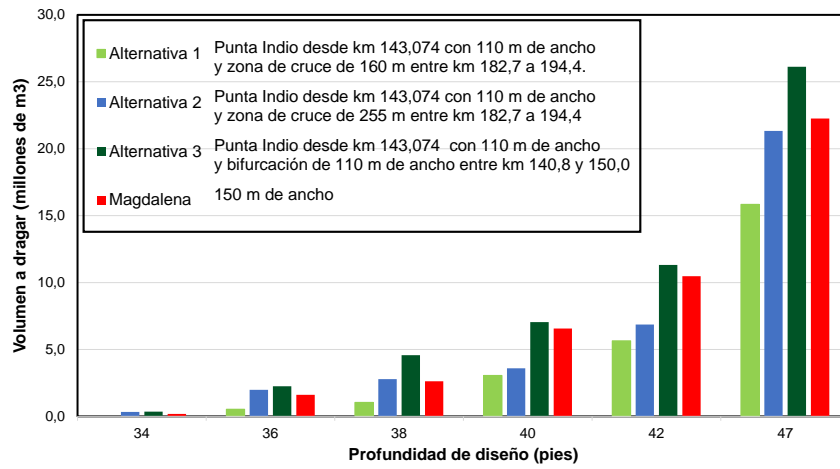
VOLUMEN DE MATERIALES DUROS (m <sup>3</sup> )					
Pies	Metros	Canal Punta Indio			Canal Magdalena
		Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	
34	10,36	253.000	330.000	352.000	181.000
36	10,97	381.000	1.990.000	2.254.000	1.613.000
38	11,58	1.241.000	2.780.000	4.572.000	2.627.000
40	12,20	2.523.000	3.590.000	7.044.000	6.570.000
42	12,80	5.876.000	6.860.000	11.316.000	10.470.000
47	14,33	18.154.000	21.330.000	26.124.000	22.260.000

VOLUMEN DE MATERIALES BLANDOS (m <sup>3</sup> )					
Pies	Metros	Canal Punta Indio			Canal Magdalena
		Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	
34	10,36	140.000	1.507.000	3.427.000	35.680.000
36	10,97	541.000	1.730.000	5.770.000	41.720.000
38	11,58	1.053.000	3.000.000	5.971.000	47.050.000
40	12,20	3.063.000	6.550.000	8.016.000	51.580.000
42	12,80	5.646.000	11.550.000	10.921.000	55.780.000
47	14,33	15.844.000	21.190.000	22.013.000	66.690.000

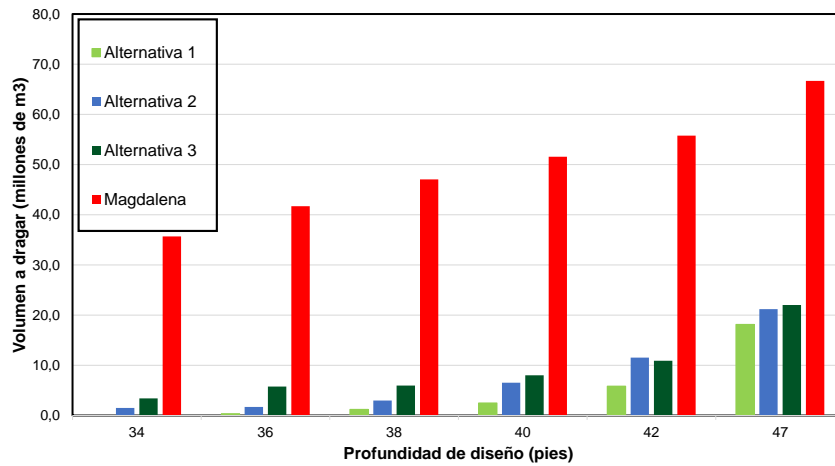
VOLUMEN TOTAL (m <sup>3</sup> )					
Pies	Metros	Canal Punta Indio			Canal Magdalena
		Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	
34	10,46	393.000	1.837.000	3.779.000	35.870.000
36	10,97	921.800	3.720.000	8.024.000	42.830.000
38	11,58	2.294.000	5.780.000	10.542.000	50.210.000
40	12,20	5.586.000	10.140.000	15.060.000	58.150.000
42	12,80	11.521.000	18.410.000	22.237.000	66.250.000
47	14,33	33.997.000	42.520.000	48.136.000	88.950.000

Tabla 21: Canal Punta Indio y Canal Magdalena, Volumen total (m<sup>3</sup>) por tipo de material y profundidades de diseño.  
Fuente: elaboración propia.

### Volumen de materiales Duros según profundidad de diseño y alternativa



### Volumen de materiales Blandos según profundidad de diseño y alternativa



### Volumen TOTAL de materiales según profundidad de diseño y alternativa

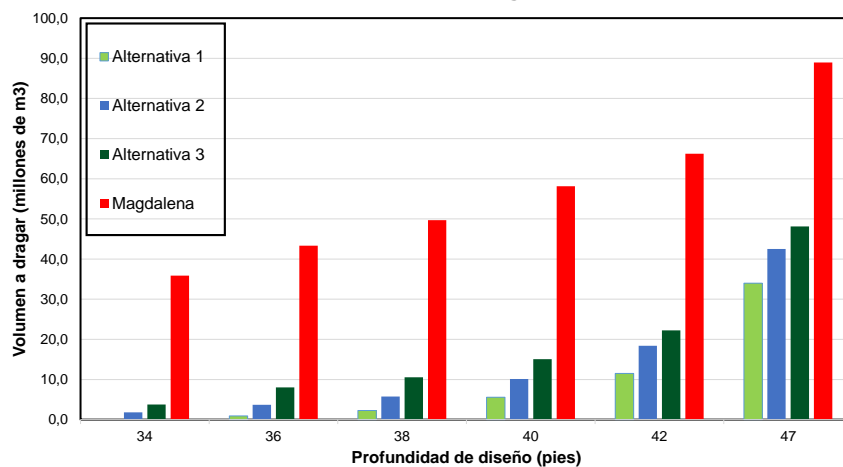


Figura 43: Volumen de dragado (m³) según alternativa y profundidad (por tipo de material). Fuente: elaboración propia

### 3.5.5 Conclusiones

A partir del resultado de cálculos de volumen para diferentes obras y alternativas, se pueden indicar los principales aspectos:

Para el canal Punta Indio:

Las profundidades actuales que presenta el canal generan que, a efectos de su profundización, la mayor parte del volumen sea correspondiente a materiales “duros”.

Asimismo, el volumen de materiales “blandos” como el volumen “total” entre las Alternativas 2 y 3 no presentarían grandes diferencias; no obstante, cuando se consideran los materiales “duros” dichas diferencias resultan significativas ya que a partir de la profundización a 40 pies (12,20 m) su participación alcanza valores de importancia (sin considerar en el cálculo sobreanchos ni sobredragados).

Para el canal Magdalena:

Dado que se trata de un canal nuevo en una zona con profundidades naturales bajas comparadas a las esperadas para la navegación de porte, los volúmenes a movilizar de cada tipo de suelo – e incluso el volumen total – será ampliamente superior que el correspondiente, para esa misma profundidad, al canal Punta Indio.

## 3.6 INGENIERIA DE DRAGADO

La definición de la ingeniería se define a través del Equipamiento y del Diseño de un Plan de Dragado, donde se describen Metodologías, Rendimientos y Plazos de Obra. Esta ingeniería está condicionada por:

- Volúmenes a dragar
- Tipos de suelo y dragabilidad de los mismos
- Plan de dragado (etapas)
- Condiciones ambientales
- Profundidades de trabajo
- Distancia a las áreas de vaciado
- Disponibilidad de equipamiento principal y equipamiento de apoyo.

Los siguientes párrafos describen, de acuerdo con los resultados sobre los tipos de material esperable, los volúmenes calculados y las condiciones reinantes, un Plan de Dragado asociado a este proyecto, con selección de equipamiento y metodologías asociadas.

### 3.6.1 Volúmenes de cálculo

La identificación de la posible metodología a aplicar, a efectos de las obras de dragado de apertura y profundización incluyendo su correspondiente planificación y la determinación tentativa de los costos involucrados en las mismas, tuvo en cuenta:

- La caracterización de las trazas correspondientes al eje principal tanto del nuevo canal Magdalena como del actual canal Punta Indio

- Para la traza del nuevo canal Magdalena se consideró la definición dada, entre otros documentos, en la Nota DACARP DNVN N° 1365 del 20 de noviembre de 2014 mientras que para su caracterización batimétrica y geológico – geotécnica se consideró el relevamiento realizado por Ezcurra & Schmidt (2014, 2015).
- Para la traza actual del canal Punta Indio se consideraron las condiciones geométricas y batimétricas correspondientes al relevamiento realizado en agosto de 2018 (última información disponible) y los principales antecedentes geológicos (Parker, 1985, 1990; Cavallotto y Violante, 2005; Rinaldi, Abril y Clariá, 2006; entre otros) que, en conjunto con el análisis del equipamiento utilizado a efectos del dragado de apertura a 34 pies (10,36 m), permitieron definir su perfil geológico – geotécnico.

La cuantificación de los volúmenes de dragado realizada a partir de dichos perfiles considerando que los mismos estarían conformados, desde el punto de vista geotécnico, por dos unidades fundamentales (Ezcurra & Schmidt, 2014, 2015): a) la unidad sismo – estratigráfica “A” que estaría integrada por materiales blandos y muy blandos; y b) las unidades sismo – estratigráficas “B”, “C” y “D” integradas por materiales moderadamente duros a muy duros. Corresponde destacar que, para ambos casos, el canal Magdalena y el canal Punta Indio, los cálculos se iniciaron en un punto común correspondiente – aproximadamente – a la progresiva km 143,074 del canal Punta Indio (El Codillo) y los volúmenes teóricos de apertura se determinaron para incrementos de profundidad de 2 pies (0,61 m), aunque los escenarios de análisis corresponden a 34 pies y 42 pies de profundidad al cero.

En cuanto al canal Punta Indio se consideró la previamente denominada “Alternativa 2” con un ancho de solera de 110 m y una zona de cruce, entre las progresivas km 182,7 a 194,4, de 255 m de ancho<sup>26</sup>.

Profundidad de dragado		VOLÚMENES (m³)					
Pies	Metros	Materiales Duros		Materiales Blandos		Total	
		Punta Indio (Alt. 2)	Magdalena	Punta Indio (Alt. 2)	Magdalena	Punta Indio (Alt. 2)	Magdalena
34	10,36	330.000	181.000	1.507.000	35.680.000	1.837.000	35.870.000
36	10,97	1.990.000	1.612.819	1.730.000	41.720.000	3.720.000	42.830.000
38	11,58	2.780.000	2.627.066	3.000.000	47.050.000	5.780.000	50.210.000
40	12,20	3.590.000	6.570.000	6.550.000	51.580.000	10.140.000	58.150.000
42	12,80	6.860.000	10.470.000	11.550.000	55.780.000	18.410.000	66.250.000
47	14,33	21.330.000	22.260.000	21.190.000	66.690.000	42.520.000	88.950.000

Tabla 22: volúmenes teóricos de apertura para Canal Punta Indio y Canal Magdalena. Fuente: elaboración propia.

26 En el caso del canal Punta Indio el sobre dragado ya existente es de tal magnitud que, a efectos de su profundización (al menos hasta 36 / 38 y, quizás, 40 pies), la mayor parte del volumen correspondiente a materiales “duros” será producto del sobre dragado y/o de ajustes del pie de talud (a efectos de cumplir con las condiciones de diseño).

Característica		Magdalena	Punta Indio (Alternativa 2)
Inicio (km)		143,074 del canal Punta Indio (zona El codillo)	
Fin (km)	Dragado a 34 pies	53,22 (canal Magdalena)	239,1 (canal Punta Indio)
	Dragado a 42 pies	57,26 (canal Magdalena)	
Longitud (km)	Dragado a 34 pies	53,22	95
	Dragado a 42 pies	57,26	
Ancho de solera (m)		150	110
Zona de cruce	Ubicación	---	km 182,7 a 194,4
	Ancho (m)	---	255
Talud		1V:8H (para alcanzar 1V:20H por desmoronamiento)	
Condiciones del subsuelo		Materiales blandos a muy blandos sobreyacentes a materiales moderadamente duros a muy duros	

Tabla 23: Canal Punta Indio y Canal Magdalena: Resumen de las definiciones consideradas a efectos de las estimaciones y cálculos de volumen. Fuente: elaboración propia.

A efectos de definir los costos probables de las obras, las diversas estimaciones y cálculos realizados consideraron dos escenarios:

- Apertura del nuevo canal Magdalena a 34 pies (10,36 m); es decir, llevándolo a las actuales condiciones del resto de la vía navegable (en la que no se realizarían nuevas intervenciones).
- Apertura y profundización a 42 pies (12,80 m) tanto del nuevo canal Magdalena como del resto de la vía navegable (en las condiciones propuestas por los proyectos más recientes).

Para el análisis del plan de dragado, se calcularon volúmenes de sobredragado técnico (estimado como de 0,5 pies o 0,15 m) y sobre ancho técnico de la solera (3 m adicionales). En los taludes no se realizaron incrementos de volumen por sobredragado ya que se asumió que los mismos podrían realizarse con la metodología de dragar la apertura con pendiente 1V:8H para posteriormente se alcance por desmoronamiento, la pendiente natural de aproximadamente 1V:20H.

De esta forma las definiciones y volúmenes considerados a efectos de la planificación de las obras y la estimación de sus costos fueron los siguientes<sup>27</sup>:

<sup>27</sup> Nota: Se asume que el contratista de las obras de dragado, a efectos de la cuantificación del costo correspondiente al dragado de apertura, incluirá los volúmenes correspondientes al sobre dragado y el sobre ancho mientras que el desmoronamiento del talud (hasta alcanzar su perfil natural) será incluido en el costo correspondiente a las obras de dragado de mantenimiento.

Característica	Magdalena	Punta Indio
Profundidad	34 pies (inicial) / 42 pies (final)	
Sobredragado	0,5 pies (0,15 m)	
Sobre ancho	3 m adicional	
Talud	1V:8H (para alcanzar 1V:20H por desmoronamiento)	

Tabla 24: Canal Punta Indio y Canal Magdalena: resumen de las definiciones adicionales consideradas a efectos del cálculo de costos. Fuente: elaboración propia.

A partir de todo lo antedicho, y para el diseño del plan de dragado, la elección de equipos y el cálculo de costos, se utilizan los siguientes escenarios y volúmenes.

Profundidad de dragado		VOLÚMENES (m³)					
		Materiales Duros		Materiales Blandos		Total	
Pies	Metros	Punta Indio	Magdalena	Punta Indio	Magdalena	Punta Indio	Magdalena
34	10,36	565.800	410.000	1.832.000	37.230.000	2.397.000	37.640.000
42	12,80	8.650.000	11.340.000	13.270.000	56.920.000	21.970.000	68.260.000

Tabla 25: Canal Punta Indio y Canal Magdalena: Volúmenes utilizados para los cálculos de costos y plan de dragado.

### 3.6.1 Metodologías de trabajo

Entre las posibles metodologías a implementar, se consideró:

- Dragado de apertura a partir de dos frentes de avance simultáneos, uno desde las desembocaduras de los canales. En el caso del canal Magdalena: desde el canal Punta Indio y desde el exterior del Río de la Plata y en el caso del canal Punta Indio: desde la zona conocida como “El Codillo” y desde la zona más próxima a la costa Uruguaya.
- Existencia fondos duros, por lo que el equipamiento elegido debe ser técnicamente capaz de remover dichos fondos.
- Existencia de un alto volumen de suelos blandos que demanda eficiencia en los rendimientos de los equipos.
- Elección de equipos que en todos los casos pudieran dragar tanto los materiales blandos y muy blandos como los materiales moderadamente duros a duros que se pudieran presentar.
- Existencia de limitaciones de profundidad disponible para acceso a las zonas de vertido
- Condiciones ambientales.

A continuación, se plantea la distribución de equipos para el dragado de apertura.



### 3.6.1.1 Canal Magdalena

Se divide el canal en dos partes, y se destinan dos equipos diferentes, uno con cada frente de trabajo. Una draga de succión por arrastre con cántara (TSHD) equipada con cabezal activo (es decir, y tal como ya fuera indicado, un cabezal equipado con dientes y chorros de agua capaces de “cortar” los materiales tanto vertical como horizontalmente), y una draga de corte y succión (CSD), autopropulsada. La draga de succión por arrastre con cántara (TSHD) avanzaría desde el interior del Río de la Plata mientras que la draga de corte y succión (CSD) avanzaría desde la zona exterior.

La draga de corte y succión (CSD) – que realizaría el vertido de los productos de dragado mediante la utilización de cañerías de impulsión y (de ser necesario) bombas de refuerzo (“boosters”) y cuya modalidad de trabajo implica una mayor continuidad (al no requerir “viajar” hacia la zona de vertido a efectos de disponer los materiales dragados) y, consecuentemente, una mayor producción diaria – estaría a cargo de aquellas áreas que presentan mayores “espesores” de materiales blandos y, al mismo tiempo, estaría disponible para el dragado de aquellos materiales cuya dureza superase las posibilidades del cabezal activo de la draga de succión por arrastre con cántara (TSHD).<sup>28</sup>

### 3.6.1.2 Canal Punta Indio

Se proponen dos dragas de succión por arrastre con cántara (TSHD), una de ellas equipada con cabezal activo.<sup>29</sup>

## 3.6.2 Equipamiento de dragado

### 3.6.2.1 Análisis de la flota mundial

A efectos de identificar el equipamiento disponible se consultaron las páginas con información de las flotas y equipamientos de las principales empresas dragadoras del mundo, así como también se consultó la página Web de la Asociación Internacional de Empresas de Dragado – IADC (<https://www.iadc-dredging.com/>), una organización mundial que agrupa a los contratistas de la industria privada del dragado y que está dedicada a promover las habilidades, la integridad y la fiabilidad de la industria del dragado contando con más de cien miembros que representan la vanguardia de dicha industria y que incluyen, entre otros, a empresas tales como: Royal Boskalis Westminster NV, DEME NV, Baggerbedrijf de Boer – Dutch Dredging, DC Industrial NV – SA / Group de Cloedt, Gulf Cobla (LLC), Jan de Nul Group, National Marine Dredging Company (NMDC), Penta Ocean Construction Co. Ltd., Rohde Nielsen A/S, Toa Corporation y Van Oord Marine & Ingenuity (ver <https://www.iadc-dredging.com/about/members/>).

---

28 Nota: Dicha metodología de trabajo es similar a la que aplicara Hidrovía SA a efectos del mantenimiento del canal Emilio Mitre donde, a efectos, de movilizar – rápidamente – grandes volúmenes de materiales blandos utilizaron la draga de succión con cortador (CSD) Kaerius e IBN Battuta.

29 Nota: En el caso del canal Punta Indio, se descartó la utilización de una draga de succión con cortador (CSD) a efectos de minimizar el impacto de las obras sobre el tráfico fluvial ya que dicha draga, por su condición de trabajo en condiciones estacionarias, implicaría importantes interrupciones al mismo.

Se elaboraron gráficos que relacionan las características principales de equipamientos disponibles, a saber: a) capacidad de cántara (m<sup>3</sup>) en función del calado a plena carga (m), para el caso de la draga de succión por arrastre con cántara (TSHD); y b) potencia en el cortador (kW) y potencia total instalada (kW) en función del calado (m), para el caso de la draga de corte y succión (CSD).

Dichos gráficos incluyen, además, las características de las dragas que han trabajado previamente en los ríos y canales de la región en consideración (la Cuenca del Plata); mayor información sobre las mismas también se presenta a continuación (incluyendo las obras en las que han trabajado):

### 3.6.2.2 Equipos tipo TSHD

En el caso de las dragas de succión por arrastre, se han relacionado los parámetros de calado máximo y capacidad de cántara, para la flota mundial.

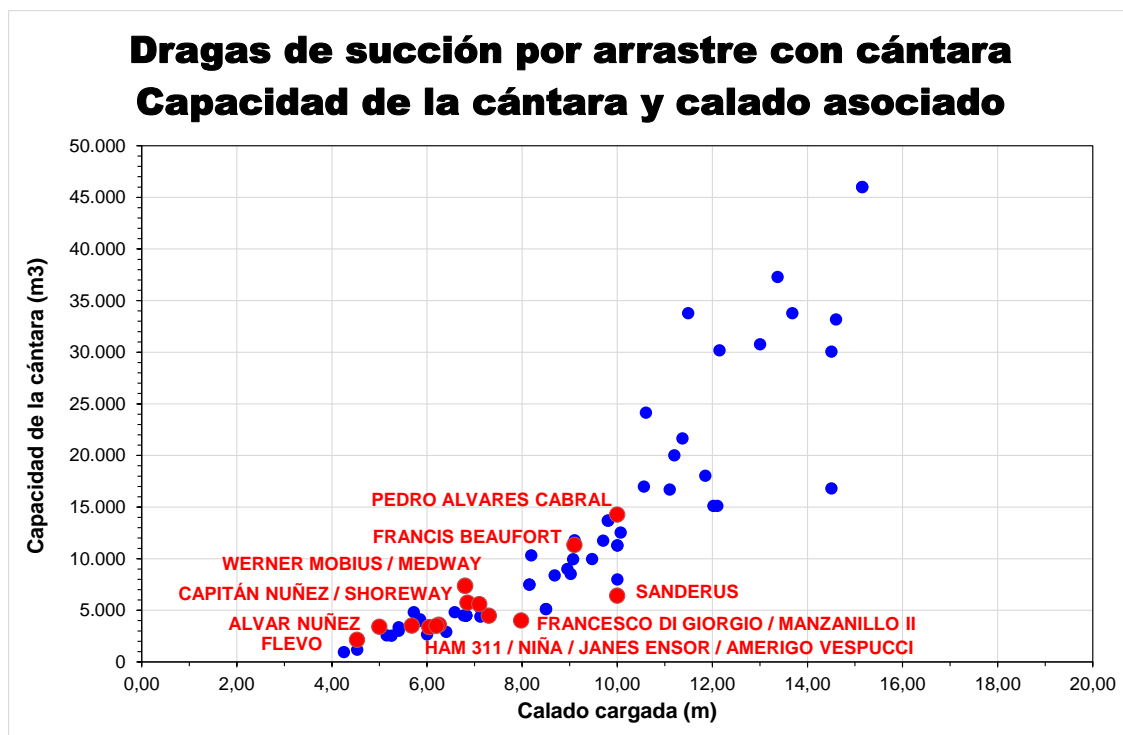





Figura 44: Equipamiento de dragado disponible. Fuente: elaboración propia en base a información consultada.


Nombre	Tipo	Características
Alvar Núñez Cabeza de Vaca	Draga de succión por arrastre	<p>Capacidad = 3.400 m<sup>3</sup>                      Eslora total = 93,3 m                      Manga = 19,8 m                      Máxima profundidad de dragado = 26,5 m                      Calado (cargado) = 5,0 m                      Diámetro del tubo de aspiración = 0,80 m                      Potencia (bomba succión) = 1.250 kW                      Potencia (propulsión) = 2 x 1.000 kW = 4.100 kW                      Potencia (total) = 11,5 kn                      Velocidad =</p>
		
Obras en las que participó:	Mantenimiento del río Paraná y de los canales Emilio Mitre y Martín García	

Nombre	Tipo	Características
Américo Vespucci	Draga de succión por arrastre	<p>Capacidad = 3.500 m<sup>3</sup>                      Eslora total = 97,7 m                      Manga = 17,1 m                      Máxima profundidad de dragado = 29,5 (36,5 m)                      Calado (cargado) = 6,2 m                      Diámetro del tubo de aspiración = 90 mm                      Potencia (bomba de succión) = 1.240 kW                      Potencia (propulsión) = 2 x 1.955 kW = 5.190 kW                      Potencia (total) = 12,2 kn                      Velocidad =</p>
		
Obras en las que participó:	Mantenimiento del río Paraná y de los canales Emilio Mitre, de acceso al puerto de Buenos Aires y Punta Indio  Apertura y Profundización de los pasos del río Uruguay	


Nombre	Tipo	Características																						
Beachway	Draga de succión por arrastre	<table border="0"> <tr><td>Capacidad =</td><td>3.607 m<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>Eslora total =</td><td>95,32 m</td></tr> <tr><td>Manga =</td><td>16,11 m</td></tr> <tr><td>Máxima profundidad de dragado =</td><td>20,0 m</td></tr> <tr><td>Calado (cargado) =</td><td>4,66 m</td></tr> <tr><td>Diámetro del tubo de aspiración =</td><td>2 x 800 mm</td></tr> <tr><td>Potencia (bomba succión) =</td><td>---</td></tr> <tr><td>Potencia (propulsión) =</td><td>2.973 kW</td></tr> <tr><td>Potencia (total) =</td><td>12,0 kn</td></tr> <tr><td>Velocidad =</td><td></td></tr> </table>	Capacidad =	3.607 m <sup>3</sup>	Eslora total =	95,32 m	Manga =	16,11 m	Máxima profundidad de dragado =	20,0 m	Calado (cargado) =	4,66 m	Diámetro del tubo de aspiración =	2 x 800 mm	Potencia (bomba succión) =	---	Potencia (propulsión) =	2.973 kW	Potencia (total) =	12,0 kn	Velocidad =			
Capacidad =	3.607 m <sup>3</sup>																							
Eslora total =	95,32 m																							
Manga =	16,11 m																							
Máxima profundidad de dragado =	20,0 m																							
Calado (cargado) =	4,66 m																							
Diámetro del tubo de aspiración =	2 x 800 mm																							
Potencia (bomba succión) =	---																							
Potencia (propulsión) =	2.973 kW																							
Potencia (total) =	12,0 kn																							
Velocidad =																								
Obras en las que participó:		Mantenimiento del canal Martín García																						
Capitán Núñez	Draga de succión por arrastre	<table border="0"> <tr><td>Capacidad =</td><td>146,3 m</td></tr> <tr><td>Eslora =</td><td>22,5 m</td></tr> <tr><td>Manga =</td><td>6,85 m</td></tr> <tr><td>Máxima profundidad de dragado =</td><td>21,35 m</td></tr> <tr><td>Calado (cargado) =</td><td>6,85 m</td></tr> <tr><td>Diámetro del tubo de aspiración =</td><td>2 x 900 mm</td></tr> <tr><td>Potencia (bomba de succión) =</td><td>2.010 kW</td></tr> <tr><td>Potencia (propulsión) =</td><td>2 x 3.120 kW</td></tr> <tr><td>=</td><td>10.230 kW</td></tr> <tr><td>Potencia (total) =</td><td>13,5 kn</td></tr> <tr><td>Velocidad =</td><td></td></tr> </table>	Capacidad =	146,3 m	Eslora =	22,5 m	Manga =	6,85 m	Máxima profundidad de dragado =	21,35 m	Calado (cargado) =	6,85 m	Diámetro del tubo de aspiración =	2 x 900 mm	Potencia (bomba de succión) =	2.010 kW	Potencia (propulsión) =	2 x 3.120 kW	=	10.230 kW	Potencia (total) =	13,5 kn	Velocidad =	
Capacidad =	146,3 m																							
Eslora =	22,5 m																							
Manga =	6,85 m																							
Máxima profundidad de dragado =	21,35 m																							
Calado (cargado) =	6,85 m																							
Diámetro del tubo de aspiración =	2 x 900 mm																							
Potencia (bomba de succión) =	2.010 kW																							
Potencia (propulsión) =	2 x 3.120 kW																							
=	10.230 kW																							
Potencia (total) =	13,5 kn																							
Velocidad =																								
Obras en las que participó:		Profundización y Mantenimiento del río Paraná y de los canales Emilio Mitre, de acceso al puerto de Buenos Aires y Punta Indio																						


Nombre	Tipo	Características																				
Flevo	Draga de succión por arrastre	<table border="0"> <tr><td>Capacidad =</td><td>2.130 m<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>Eslora total =</td><td>78,94 m</td></tr> <tr><td>Manga =</td><td>14,04 m</td></tr> <tr><td>Máxima profundidad de dragado =</td><td>25,0 m</td></tr> <tr><td>Calado (cargado) =</td><td>4,63 m</td></tr> <tr><td>Diámetro del tubo de aspiración =</td><td>0,70 m</td></tr> <tr><td>Potencia (bomba succión) =</td><td>---</td></tr> <tr><td>Potencia (propulsión) =</td><td>---</td></tr> <tr><td>Potencia (total) =</td><td>2.303 kW</td></tr> <tr><td>Velocidad =</td><td>10,5 kn</td></tr> </table>	Capacidad =	2.130 m <sup>3</sup>	Eslora total =	78,94 m	Manga =	14,04 m	Máxima profundidad de dragado =	25,0 m	Calado (cargado) =	4,63 m	Diámetro del tubo de aspiración =	0,70 m	Potencia (bomba succión) =	---	Potencia (propulsión) =	---	Potencia (total) =	2.303 kW	Velocidad =	10,5 kn
Capacidad =	2.130 m <sup>3</sup>																					
Eslora total =	78,94 m																					
Manga =	14,04 m																					
Máxima profundidad de dragado =	25,0 m																					
Calado (cargado) =	4,63 m																					
Diámetro del tubo de aspiración =	0,70 m																					
Potencia (bomba succión) =	---																					
Potencia (propulsión) =	---																					
Potencia (total) =	2.303 kW																					
Velocidad =	10,5 kn																					
Obras en las que participó:		Mantenimiento del canal Martín García																				


Nombre	Tipo	Características
Francesco di Giorgio	Draga de succión por arrastre	<p>Capacidad = 4.400 m<sup>3</sup></p> <p>Eslora = 95,3 m</p> <p>Manga = 21 m</p> <p>Máxima profundidad de dragado = 25 (28,5) m</p> <p>Calado (cargado) = 7,3 m</p> <p>Diámetro del tubo de aspiración = 900 mm</p> <p>Potencia (bomba de succión) = 1.250 kW</p> <p>Potencia (propulsión) = 2 x 2.150 kW = 6.330 kW</p> <p>Potencia (total) = 12,6 kn</p> <p>Velocidad =</p>
		
Obras en las que participó:	Mantenimiento del río Paraná y de los canales Emilio Mitre y de acceso al puerto de Buenos Aires	


Nombre	Tipo	Características
Francis Beaufort	Draga de succión por arrastre	<p>Capacidad = 11.300 m<sup>3</sup></p> <p>Eslora = 142,5 m</p> <p>Manga = 27,,5 m</p> <p>Máxima profundidad de dragado = 38 (57,5) (77) m</p> <p>Calado (cargado) = 9,1 m</p> <p>Diámetro del tubo de aspiración = 1.200 mm</p> <p>Potencia (bomba de succión) = 3.400 kW</p> <p>Potencia (propulsión) = 2 x 5.750 kW = 13.110 kW</p> <p>Potencia (total) = 15,3 kn</p> <p>Velocidad =</p>
		
Obras en las que participó:	Profundización y Mantenimiento del río Paraná y de los canales de acceso al puerto de Buenos Aires, Intermedio y Punta Indio	


Nombre	Tipo	Características
Hang Jun 3001	Draga de succión por arrastre	<p>Capacidad = 2.848 m<sup>3</sup></p> <p>Eslora total = 94,14 m</p> <p>Manga = 18,00 m</p> <p>Máxima profundidad de dragado = 24,0 m</p> <p>Calado (cargado) = 5,0 m</p> <p>Diámetro del tubo de aspiración = ---</p> <p>Potencia (bomba succión) = ---</p> <p>Potencia (propulsión) = ---</p> <p>Potencia (total) = 7.218 kW</p> <p>Velocidad = 14,0 kn</p>
		
Obras en las que participó:	Mantenimiento del canal Martín García	


Nombre	Tipo	Características
HAM 311	Draga de succión en marcha	<p>Capacidad = 3.510 m<sup>3</sup></p> <p>Eslora total = 94,00 m</p> <p>Manga = 17,02 m</p> <p>Máxima profundidad de dragado = 27,5 m</p> <p>Calado (cargado) = 5,68 m</p> <p>Diámetro del tubo de aspiración = 900 mm</p> <p>Potencia (bomba de succión) = ---</p> <p>Potencia (propulsión) = ---</p> <p>= 5.317 kW</p> <p>Potencia (total) = 11,5 kn</p> <p>Velocidad =</p>
		
Obras en las que participó:	Apertura y Profundización del canal Martín García	


Nombre	Tipo	Características
James Ensor	Draga de succión por arrastre	<p>Capacidad = 3.600 m<sup>3</sup></p> <p>Eslora total = 112,8 m</p> <p>Manga = 18,2 m</p> <p>Máxima profundidad de dragado = 30,0 M</p> <p>Calado (cargado) = 6,25 m</p> <p>Diámetro del tubo de aspiración = 800 mm</p> <p>Potencia (bomba de succión) = 2 x 810 kW</p> <p>Potencia (propulsión) = 2 x 2.650 kW</p> <p>= 7.350 kW</p> <p>Potencia (total) = 12,8 kn</p> <p>Velocidad =</p>
		
Obras en las que participó:	Profundización y Mantenimiento del río Paraná y de los canales de acceso al puerto de Buenos Aires, Banco Chico y Punta Indio	

Nombre	Tipo	Características	
Manzanillo II	Draga de succión por arrastre	Capacidad =	4.000 m <sup>3</sup>
		Eslora total =	113,6 m
		Manga =	19 m
		Máxima profundidad de dragado =	32 m
		Calado (cargado) =	7,98 m
		Diámetro del tubo de aspiración =	2 x 900 mm
		Potencia (bomba de succión) =	---
		Potencia (propulsión) =	---
		=	12.140 kW
		Potencia (total) =	13,6 kn
		Velocidad =	
Obras en las que participó:	Mantenimiento del río Paraná y de los canales de acceso al puerto de Buenos Aires, Mitre y Punta Indio		

Nombre	Tipo	Características	
Medway	Draga de succión por arrastre	Capacidad =	7.350 m <sup>3</sup>
		Eslora total =	121,32 m
		Manga =	21,0 m
		Máxima profundidad de dragado =	30 m
		Calado (cargado) =	6,8 m
		Diámetro del tubo de aspiración =	1,00 m
		Potencia (bomba succión) =	2.000 kW
		Potencia (propulsión) =	3.400 kW
		=	7.121 kW
		Potencia (total) =	11,5 kn
		Velocidad =	
Obras en las que participó:	Profundización del canal Martín García		

Nombre	Tipo	Características	
Minerva	Draga de succión por arrastre	Capacidad =	3.516 m <sup>3</sup>
		Eslora total =	86,30 m
		Manga =	16,00 m
		Máxima profundidad de dragado =	30,0 m
		Calado (cargado) =	7,20 m
		Diámetro del tubo de aspiración =	800 mm
		Potencia (bomba succión) =	---
		Potencia (propulsión) =	2.400 kW
		Potencia (total) =	5.544 kW
		Velocidad =	12,0 kn
		Obras en las que participó:	Profundización del canal Martín García

Nombre	Tipo	Características
Niña	Draga de succión por arrastre	<p>Capacidad = 3.400 m<sup>3</sup></p> <p>Eslora total = 89,7 m</p> <p>Manga = 18,4 m</p> <p>Máxima profundidad de dragado = 31,0 m</p> <p>Calado (cargado) = 5,40 m</p> <p>Diámetro del tubo de aspiración = 900 mm</p> <p>Potencia (bomba de succión) = 1.250 kW</p> <p>Potencia (propulsión) = 2 x 1.325 kW</p> <p>Potencia (total) = 5.530 kW</p> <p>Velocidad = 9,6 kn</p>
		
Obras en las que participó:	Profundización y Mantenimiento del río Paraná y de los canales de acceso al puerto de Buenos Aires, Mitre y Punta Indio	

Nombre	Tipo	Características
Pedro Álvares Cabral	Draga de succión por arrastre	<p>Capacidad = 14.000 m<sup>3</sup></p> <p>Eslora total = 147,8 m</p> <p>Manga = 30 m</p> <p>Máxima profundidad de dragado = 43,8 (52) m</p> <p>Calado (cargado) = 11,2 m</p> <p>Diámetro del tubo de aspiración = 1.300 mm</p> <p>Potencia (bomba de succión) = 4.000 kW</p> <p>Potencia (propulsión) = 2 x 7.200 kW</p> <p>Potencia (total) = 15.960 kW</p> <p>Velocidad = 15,7 km</p>
		
Obras en las que participó:	Apertura y Mantenimiento del río Paraná	




Nombre	Tipo	Características																						
Sanderus	Draga de succión por arrastre	<table border="0"> <tr> <td>Capacidad =</td> <td>4.600 m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>Eslora total =</td> <td>111,7 m</td> </tr> <tr> <td>Manga =</td> <td>24,6 m</td> </tr> <tr> <td>Máxima profundidad de dragado =</td> <td>35 m</td> </tr> <tr> <td>Calado (cargado) =</td> <td>7,2 m</td> </tr> <tr> <td>Diámetro del tubo de aspiración =</td> <td>1.000 mm</td> </tr> <tr> <td>Potencia (bomba de succión) =</td> <td>1.500 kW</td> </tr> <tr> <td>Potencia (propulsión) =</td> <td>2 x 2.150 kW</td> </tr> <tr> <td>=</td> <td>7.700 kW</td> </tr> <tr> <td>Potencia (total) =</td> <td>12,5 kn</td> </tr> <tr> <td>Velocidad =</td> <td></td> </tr> </table>	Capacidad =	4.600 m <sup>3</sup>	Eslora total =	111,7 m	Manga =	24,6 m	Máxima profundidad de dragado =	35 m	Calado (cargado) =	7,2 m	Diámetro del tubo de aspiración =	1.000 mm	Potencia (bomba de succión) =	1.500 kW	Potencia (propulsión) =	2 x 2.150 kW	=	7.700 kW	Potencia (total) =	12,5 kn	Velocidad =	
Capacidad =	4.600 m <sup>3</sup>																							
Eslora total =	111,7 m																							
Manga =	24,6 m																							
Máxima profundidad de dragado =	35 m																							
Calado (cargado) =	7,2 m																							
Diámetro del tubo de aspiración =	1.000 mm																							
Potencia (bomba de succión) =	1.500 kW																							
Potencia (propulsión) =	2 x 2.150 kW																							
=	7.700 kW																							
Potencia (total) =	12,5 kn																							
Velocidad =																								
Obras en las que participó:		Mantenimiento del río Paraná y de los canales de acceso al puerto de Buenos Aires, Mitre y Punta Indio																						



Nombre	Tipo	Características																				
Shoreway	Draga de succión por arrastre	<table border="0"> <tr> <td>Capacidad =</td> <td>5.600 m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>Eslora total =</td> <td>97,50 m</td> </tr> <tr> <td>Manga =</td> <td>21,60 m</td> </tr> <tr> <td>Máxima profundidad de dragado =</td> <td>33,0 m</td> </tr> <tr> <td>Calado (cargado) =</td> <td>7,10 m</td> </tr> <tr> <td>Diámetro del tubo de aspiración =</td> <td>1000 mm</td> </tr> <tr> <td>Potencia (bomba succión) =</td> <td>---</td> </tr> <tr> <td>Potencia (propulsión) =</td> <td>---</td> </tr> <tr> <td>Potencia (total) =</td> <td>6.776 kW</td> </tr> <tr> <td>Velocidad =</td> <td>12,8 kn</td> </tr> </table>	Capacidad =	5.600 m <sup>3</sup>	Eslora total =	97,50 m	Manga =	21,60 m	Máxima profundidad de dragado =	33,0 m	Calado (cargado) =	7,10 m	Diámetro del tubo de aspiración =	1000 mm	Potencia (bomba succión) =	---	Potencia (propulsión) =	---	Potencia (total) =	6.776 kW	Velocidad =	12,8 kn
Capacidad =	5.600 m <sup>3</sup>																					
Eslora total =	97,50 m																					
Manga =	21,60 m																					
Máxima profundidad de dragado =	33,0 m																					
Calado (cargado) =	7,10 m																					
Diámetro del tubo de aspiración =	1000 mm																					
Potencia (bomba succión) =	---																					
Potencia (propulsión) =	---																					
Potencia (total) =	6.776 kW																					
Velocidad =	12,8 kn																					
Obras en las que participó:		Mantenimiento del canal Martín García																				



Nombre	Tipo	Características	
Werner Mobius	Draga de succión por arrastre	Capacidad =	7.350 m <sup>3</sup>
		Eslora total =	114,5 m
		Manga =	21,00 m
		Máxima profundidad de dragado =	33,0 m
		Calado (cargado) =	6,80 m
		Diámetro del tubo de aspiración =	1,00 m
		Potencia (bomba succión) =	---
		Potencia (propulsión) =	---
Potencia (total) =	---		
Velocidad =	10,5 kn		
Obras en las que participó:	Mantenimiento del canal Martín García		

### 3.6.2.3 Equipos tipo CSD

El gráfico siguiente relaciona potencias con calados, para los casos de dragas de corte y succión, en la flota mundial disponible:

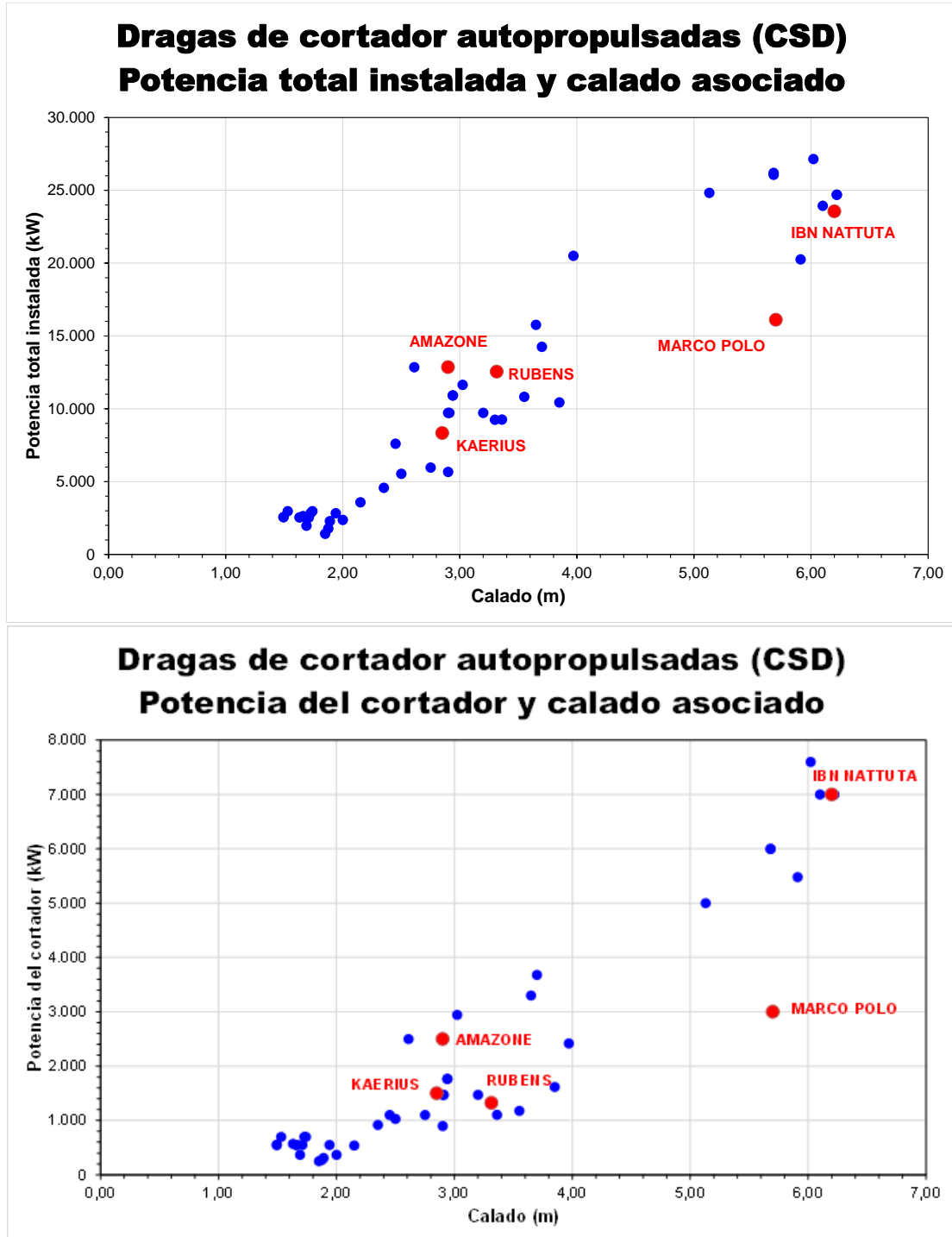




Figura 45: Equipamiento de dragado disponible. Fuente: elaboración propia en base a información consultada.

Nombre	Tipo	Características																											
Amazone	Draga de corte y succión	<table> <tr> <td>Eslora =</td> <td>103,00</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>Manga =</td> <td>29,44</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>Calado (cargada) =</td> <td>4,56</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>Profundidad de dragado =</td> <td>30</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>Diámetro del tubo de aspiración =</td> <td>850</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>Diámetro del tubo de descarga =</td> <td>---</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Potencia en el cortador =</td> <td>2.070</td> <td>kW</td> </tr> <tr> <td>Potencia total instalada =</td> <td>11.651</td> <td>kW</td> </tr> <tr> <td>Velocidad =</td> <td>---</td> <td></td> </tr> </table>	Eslora =	103,00	m	Manga =	29,44	m	Calado (cargada) =	4,56	m	Profundidad de dragado =	30	m	Diámetro del tubo de aspiración =	850	mm	Diámetro del tubo de descarga =	---		Potencia en el cortador =	2.070	kW	Potencia total instalada =	11.651	kW	Velocidad =	---	
Eslora =	103,00	m																											
Manga =	29,44	m																											
Calado (cargada) =	4,56	m																											
Profundidad de dragado =	30	m																											
Diámetro del tubo de aspiración =	850	mm																											
Diámetro del tubo de descarga =	---																												
Potencia en el cortador =	2.070	kW																											
Potencia total instalada =	11.651	kW																											
Velocidad =	---																												
																													
Obras en las que participó:	Apertura del canal Martín García																												

Nombre	Tipo	Características																		
IBN Battuta	Draga de succión con cortador	<table> <tr> <td>Eslora =</td> <td>138,5 m</td> </tr> <tr> <td>Manga =</td> <td>26,0 m</td> </tr> <tr> <td>Calado (cargada) =</td> <td>5,5 m</td> </tr> <tr> <td>Profundidad de dragado =</td> <td>35 m</td> </tr> <tr> <td>Diámetro del tubo de aspiración =</td> <td>900 mm</td> </tr> <tr> <td>Diámetro del tubo de descarga =</td> <td>900 mm</td> </tr> <tr> <td>Potencia en el cortador =</td> <td>7.000 kW</td> </tr> <tr> <td>Potencia total instalada =</td> <td>23.520 kW</td> </tr> <tr> <td>Velocidad =</td> <td>13 kn</td> </tr> </table>	Eslora =	138,5 m	Manga =	26,0 m	Calado (cargada) =	5,5 m	Profundidad de dragado =	35 m	Diámetro del tubo de aspiración =	900 mm	Diámetro del tubo de descarga =	900 mm	Potencia en el cortador =	7.000 kW	Potencia total instalada =	23.520 kW	Velocidad =	13 kn
Eslora =	138,5 m																			
Manga =	26,0 m																			
Calado (cargada) =	5,5 m																			
Profundidad de dragado =	35 m																			
Diámetro del tubo de aspiración =	900 mm																			
Diámetro del tubo de descarga =	900 mm																			
Potencia en el cortador =	7.000 kW																			
Potencia total instalada =	23.520 kW																			
Velocidad =	13 kn																			
																				
Obras en las que participó:	Mantenimiento del canal Emilio Mitre																			

Nombre	Tipo	Características																		
Kaerius	Draga de corte y succión	<table> <tr> <td>Eslora =</td> <td>86,7 m</td> </tr> <tr> <td>Manga =</td> <td>19,0 m</td> </tr> <tr> <td>Calado =</td> <td>2,95 m</td> </tr> <tr> <td>Profundidad de dragado =</td> <td>20,5 m</td> </tr> <tr> <td>Diámetro del tubo de aspiración =</td> <td>900 mm</td> </tr> <tr> <td>Diámetro del tubo de descarga =</td> <td>800 mm</td> </tr> <tr> <td>Potencia en el cortador =</td> <td>1.500 kW</td> </tr> <tr> <td>Potencia total instalada =</td> <td>8.330 kW</td> </tr> <tr> <td>Velocidad =</td> <td>---</td> </tr> </table>	Eslora =	86,7 m	Manga =	19,0 m	Calado =	2,95 m	Profundidad de dragado =	20,5 m	Diámetro del tubo de aspiración =	900 mm	Diámetro del tubo de descarga =	800 mm	Potencia en el cortador =	1.500 kW	Potencia total instalada =	8.330 kW	Velocidad =	---
Eslora =	86,7 m																			
Manga =	19,0 m																			
Calado =	2,95 m																			
Profundidad de dragado =	20,5 m																			
Diámetro del tubo de aspiración =	900 mm																			
Diámetro del tubo de descarga =	800 mm																			
Potencia en el cortador =	1.500 kW																			
Potencia total instalada =	8.330 kW																			
Velocidad =	---																			
																				
Obras en las que participó:	Mantenimiento del canal Emilio Mitre Apertura y profundización de los canales Montaña y Casablanca del río Uruguay																			

Nombre	Tipo	Características			
Marco Polo	Draga de corte y succión	Eslora =	116,5 m		
		Manga =	19,0 m		
		Calado =	4,85 m		
		Profundidad de dragado =	32,0 m		
		Diámetro del tubo de aspiración =	900 mm		
		Diámetro del tubo de descarga=	900 mm		
		Potencia en el cortador =	2.945 kW		
		Potencia total instalada =	16.115 kW		
		Velocidad =	---		
		Obras en las que participó:	Mantenimiento del canal Emilio Mitre		

Nombre	Tipo	Características			
Niccolo Machiavelli	Draga de succión con cortador	Eslora =	138,5 m		
		Manga =	26 m		
		Calado =	5,5 m		
		Profundidad de dragado =	35 m		
		Diámetro del tubo de aspiración =	900 mm		
		Diámetro del tubo de descarga=	900 mm		
		Potencia en el cortador =	7.000 kW		
		Potencia total instalada =	23.250 kW		
		Velocidad =	13 kn		
		Obras en las que participó:	Mantenimiento del canal Emilio Mitre		

Como dato adicional, en párrafos de capítulos anteriores, se indicó que la draga de succión con cántara (THSD) Francis Beaufort participó de las obras de dragado de mantenimiento y profundización del río Paraná y el Río de la Plata (canales de acceso al puerto de Buenos Aires, Intermedio y Punta Indio) mientras que las dragas de succión con cortador (CSD) además de participar de aquellas obras en las que se las requería debido a la naturaleza de los materiales (canal Martín García, Terminal Portuaria de Punta Pereira, pasos Montaña y Casablanca del río Uruguay) también han participado del mantenimiento del canal Emilio Mitre donde – incluso – han operado las dragas más potentes con 7.000 kW de potencia en el cortador (Marco Polo e IBN Battuta).

Lo anterior queda evidenciado también en las siguientes figuras:

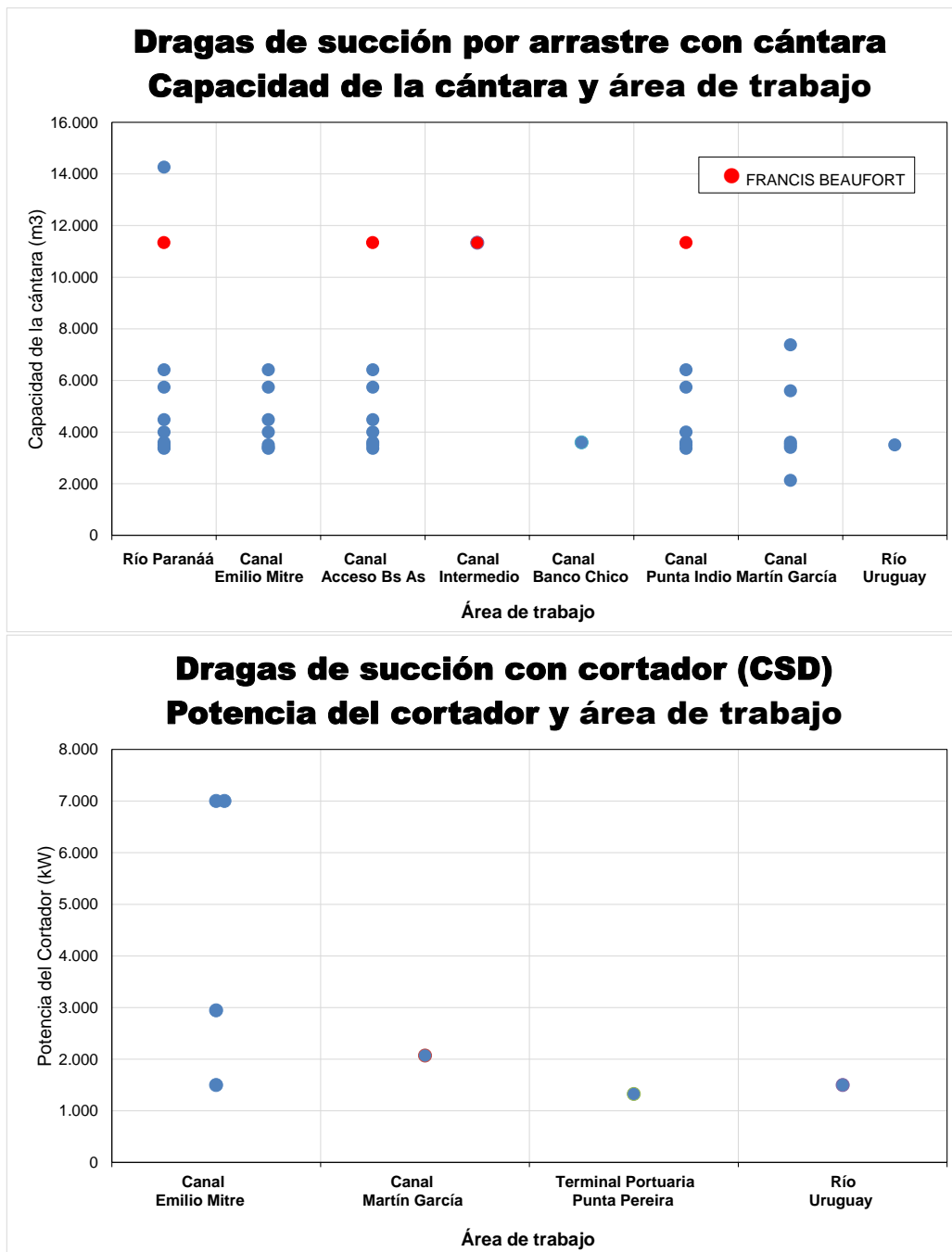


Figura 46: Equipamiento de dragado disponible. Fuente: elaboración propia en base a información consultada.

### 3.6.2.4 Equipos adoptados

En función de la metodología elegida, y a partir del análisis de la flota mundial se procedió, entonces, a identificar aquellas dragas que podrían ser asignadas a los trabajos en consideración:

Para las dragas de succión por arrastre con cántara (THSD) se procuró

- Dragas con capacidad de operar con los materiales moderadamente duros a duros; es decir, dragas relativamente modernas – para que, de esa forma, estuviesen equipadas con cabezal de tipo “activo” – y con una capacidad de cántara en el entorno de los 11.000 m³. Bajo estas condiciones se identificaron 13 dragas (pertenecientes a 6 empresas) cuya

capacidad de cántara varía entre 9.000 y 12.500 m<sup>3</sup> mientras que la potencia total instalada varía entre 11.000 y 21.500 kW.

- Dragas con capacidad de operar con materiales blandos y muy blandos y a plena carga de su cántara; es decir, – dados los calados disponibles y considerando, también, las dragas más utilizadas en el Río de la Plata – dragas con una capacidad de cántara en el entorno de los 5.000 a 5.500 m<sup>3</sup>. Bajo estas condiciones se identificaron 19 dragas (pertenecientes a 4 empresas) cuya capacidad de cántara varía entre 4.500 y 6.500 m<sup>3</sup> mientras que la potencia total instalada varía entre 5.700 y 10.200 kW.

Para la draga de succión con cortador (CSD) se buscaron dragas con calados adecuados para las áreas de trabajo y potencias en el cabezal del corte acorde al tipo de materiales en consideración así como con suficiente potencia total. Bajo estas condiciones se identificaron 7 dragas (pertenecientes a 5 empresas) con calados variables entre 2,61 y 5,70 m cuya potencia en el cortador varía entre 2.420 y 3.680 kW (diámetro entre 0,86 y 0,90 m y peso entre 64,2 y 115,5 ton) mientras que la potencia total instalada varía entre 11.650 y 20.500 kW.

Las características principales de las dragas así identificadas dentro de la flota mundial se presentan a continuación:

Nombre actual	Año de construcción	Propietario	Peso de diseño (ton)	Peso Muerto (ton)	Eslora total (m)	Eslora entre pp (m)	Manga (m)	Calado cargada (m)
FRANCESCO DI GIORGIO	1998	Dredging and Maritime Management SA	6916	14176	121	113	24	9
TACCOLA	1985	Van Oord Ship Management B.V.	7126	15119	134	126	24	9
VOLVOX ATALANTA	1999	Van Oord Ship Management B.V.	9132	18159	141	127	26	9
SHOALWAY	1986	Van Oord Ship Management B.V.	8375	14556	137	132	26	8
CAUSEWAY	2010	Baggermaatschappij Boskalis BV	8566	22731	139	125	28	10
FREEWAY	2010	Baggermaatschappij Boskalis BV	8491	22805	139	125	28	10
STRANDWAY	2008	DEME	6680	18690	126	111	28	9
VOLVOX OLYMPIA	2003	Jan de Nul NV	8196	18728	142	127	28	9
COASTWAY	2003	Jan de Nul NV	8519	18405	142	127	28	9
WATERWAY	2007	DEME	6612	18758	122	111	28	9
VICTOR HORTA	1992	Codralux, Luxembourg	9066	17500	143	128		10
CHARLEMAGNE	2011	DEME	6692	18633	122	111	28	9

Nombre actual	Cap. Cantara Con "overflow"	Cap. Cantara Sin "overflow"	Cabezales de succión (n°)	Diámetro cabezal de succión (mm)	Diámetro tubería de descarga (mm)	Velocidad cargada	Velocidad descargada
FRANCESCO DI GIORGIO	9512	9020	1	1	1	14	15
TACCOLA	9963	9962	2	1	1	16	17
VOLVOX ATALANTA	10834	9983	2	1	1	16	17
SHOALWAY	10329	10329	2	1	na	15	15
CAUSEWAY	12315	11286	1	1	1	16	17
FREEWAY	12315	11286	1	1	1	16	17
STRANDWAY		11296	1	1	1	15	16
VOLVOX OLYMPIA	12226	11336	1	1	1	15	16
COASTWAY	12226	11336	1	1	1	15	15
WATERWAY		11650	1	1	1	15	16
VICTOR HORTA	11870	11750	2	1	1	15	16
CHARLEMAGNE		11796	1	1	1	15	16

Tabla 26: Dragas de succión por arrastre (TSHD) con cántara entorno a los 11.000 m<sup>3</sup>: características del equipo identificado. Fuente: elaboración propia.



Nombre actual	Año de construcción	Propietario	Peso de diseño (ton)	Peso Muerto (ton)	Eslora total (m)	Eslora entre pp (m)	Manga (m)	Calado cargada (m)
FRANCESCO DI GIORGIO	2003	Jan de Nul NV	3272	8217	95	85	21	7
TACCOLA	2003	Jan de Nul NV	3338	8151	95	85	21	7
VOLVOX ATALANTA	1999	rd Ship Managem	2618	6365	93	85	17	7
SHOALWAY	2009	maatschappij Bosk	2415	7011	90	83	19	7
CAUSEWAY	2012	maatschappij Bosk	2715	6930	92	85	19	7
FREEWAY	2014	maatschappij Bosk	2751	6894	92	85	19	7
STRANDWAY	2014	maatschappij Bosk	2687	6958	92	85	19	7
VOLVOX OLYMPIA	2003	rd Ship Managem	3284	7465	97	85	20	7
COASTWAY	2002	maatschappij Bosk	3891	7146	97	84	23	6
WATERWAY	2001	maatschappij Bosk	3852	7185	97	84	23	7
VICTOR HORTA	2011	dging International	3651	10666	100	93	21	9
CHARLEMAGNE	2002	dging International	3647	10762	100	93	21	9
PALLIETER	2003	erken Decloedt en	3405	8311	97,5	84,95	21,6	7,1
REYNAERT	2007	dging International	3354	8362	97,5	84,95	21,62	7,1
ARTEVELDE	2009	DEME	3329	8362	98	85	8	7
MARIEKE	2006	dging International	3329	8362	97,5	84,95		7,1
SHOREWAY	2008	maatschappij Bosk	3354	8362	98	85	22	7
CAPITAN NUÑEZ	1978	drovia S.A., Argent	5345	9575	146	140	23	7
SANDERUS	2019	Dredging Company	4647	10057	112	95	25	10

Nombre actual	Cap. Cantara Con "overflow"	Cap. Cantara Sin "overflow"	Cabezales de succión (n°)	Diámetro cabezal de succión (mm)	Diámetro tubería de descarga (mm)	Velocidad cargada	Velocidad descargada
FRANCESCO DI GIORGIO	4755	4478	1	1	1	12	13
TACCOLA	4755	4478	1	1	1	12	13
VOLVOX ATALANTA	4692	4500	1	1	1	12	13
SHOALWAY		4503	1	1	1	11	14
CAUSEWAY		4516	1	1		11	14
FREEWAY	4516	4516	1	1	1	11	14
STRANDWAY		4516	1	1	1	11	14
VOLVOX OLYMPIA	4871	4750	1	1	1	13	14
COASTWAY	4900	4820	1	1	1	12	14
WATERWAY	4892	4820	1	1	1	12	13
VICTOR HORTA	5566	5136	1	1	1	13	13
CHARLEMAGNE	5556	5139	1	1	1	13	13
PALLIETER	5513	5320	1	1	0,9	12,3	12,7
REYNAERT		5580	1	1	1	12,3	13
ARTEVELDE	5580	5600	1	1	1	12	13
MARIEKE	5580	5600	1	1	0,9	12,3	12,8
SHOREWAY	5580	5600	1	1	1	12	13
CAPITAN NUÑEZ	6430	5739	2	1	1	14	14
SANDERUS	6588	6415	1	1	1	12	14

Tabla 27: Dragas de succión por arrastre (TSHD) con cántara entorno a los 5.000 a 6.000 m³: Características del equipamiento identificado. Fuente: elaboración propia.

Nombre actual	Año de construcción	Propietario	Bandera	Peso de diseño (ton)	Peso Muerto (ton)	Peso del cortador (ton)	Eslora total (m)
AL SADR	1999	National Marine Dredging Company	United Arab Emirates	6.364	1.305	89,00	117,50
AMAZONE	2012	Dredging International NV	Belgium	5.466	882	64,20	101,57
AL JARRAF	2011	Dredging International NV	Belgium	5.494	834	64,20	101,58
AL MAHAAR	1986	Dredging International NV	Belgium	5.449	1.086	65,10	103,00
MARCO POLO	1979	Jan de Nul Luxembourg S.A.	Mauritius	6.635	891	65,70	116,50
PHOENIX I	1978	Baggermaatschappij Boskalis BV	Cyprus	6.881	1.474	94,00	125,80
CASTOR	1983	Van Oord Ship Management B.V.	The Netherlands	4.120	1.000	115,50	104,60

Nombre actual	Eslora entre perpendiculares (m)	Manga (m)	Puntal (m)	Calado (m)	Normal	Diámetro del cabezal de corte	Diám. del cabezal de descarga
AL SADR	97,30	20,30	6,00	3,97	27,00	0,90	0,85
AMAZONE	83,63	21,00	5,00	2,90	30,00	0,85	0,85
AL JARRAF	83,64	21,00	4,71	2,61	30,00	0,85	0,85
AL MAHAAR	76,30	29,47	5,97	3,02	30,00	0,85	0,85
MARCO POLO	96,20	19,00	7,60	5,70	32,00	0,90	0,90
PHOENIX I	86,12	19,50	5,60	3,65	31,50	0,85	0,90
CASTOR	75,40	18,00	5,50	3,70	25,70	0,85	0,85

Nombre actual	Capacidad de la bomba de dragado (kW)	Capacidad del cortador (kW)	Eléctrica	Diesel	Velocidad descargada (kn)
AL SADR	11.800	2.420	11.000	20.507	na
AMAZONE	8.200	2.500	5.975	12.854	9
AL JARRAF	8.200	2.500	5.975	12.860	9
AL MAHAAR	6.310	2.944	7.370	11.651	
MARCO POLO	10.059	3.000	8.062	16.113	11
PHOENIX I	9.560	3.300	8.000	15.770	na
CASTOR	7.354	3.680		14.261	na

Tabla 28: Dragas de succión con cortador (CSD) autopropulsadas con potencia en el cortador entorno a los 3.000 kW: Características del equipamiento identificado. Fuente: elaboración propia

De esta forma, las características (promedio) de las dragas que podrían realizar las obras en consideración serían:

- Canal Magdalena:
  - Draga de succión por arrastre con cántara (TSHD) de 11.000 m<sup>3</sup> de capacidad de cántara y 10.800 kW de potencia total instalada y tripulación estimada de 31 personas.
  - Draga de succión con cortador (CSD) de 3.000 kW de potencia en el cortador y 7.400 kW de potencia de propulsión y tripulación estimada de 17 personas.
- Canal Punta Indio:
  - Draga de succión por arrastre con cántara (TSHD) de 11.000 m<sup>3</sup> de capacidad y tripulación estimada de 31 personas.
  - Draga de succión por arrastre con cántara (TSHD) de 5.500 m<sup>3</sup> de capacidad de cántara y 5.800 kW de potencia total instalada y tripulación estimada de 21 personas..

### 3.6.3 Áreas de Vertido

Los materiales provenientes de dragados, cuando pueden disponerse sin restricciones en aguas abiertas, se depositan en zonas previamente autorizadas del Río de la Plata que se encuentren incluidas en el sector no restringido definido por la Subsecretaría de Puertos y Vías Navegables (Estudio de Áreas de Refulado y Vaciado en la Ruta de Navegación Puerto San Martín al Océano, 1992). Para este proyecto, la localización de las áreas de vaciado ya fue definida por el proyecto original, y prevé llevarse a cabo en dos sectores que se localizan adyacentes a la traza del canal.

El Sector 1 se encuentra ubicado a 2.000 metros del veril verde del canal a la altura del inicio del primer tramo. Tiene forma rectangular, con un ancho de 2.000 metros y una longitud de 4.000 metros, alcanzando una superficie total de 800 hectáreas.

El Sector 2 se localiza a 2.000 metros del veril rojo del canal y corre en forma paralela al mismo en prácticamente toda su extensión (44 km aproximadamente). El mismo está subdividido para su identificación en fracciones de 2.000 metros de ancho y 4.000 m de longitud, separadas entre sí por 500 metros, alcanzando una superficie total aproximada de 8.000 hectáreas.

La capacidad estimada para las áreas de vaciado (en su conjunto) es de 584.000.000 m<sup>3</sup> de material superando ampliamente los volúmenes estimados totales de apertura, y dejando margen para los dragados de mantenimiento. El plan de descarga del material (dentro del Plan de Dragado general), incluye definir cuáles son los subsectores que se utilizarán con las dragas de mayor porte que por su calado tengan más limitaciones.

Con los antecedentes, se asumió para los cálculos:

- Para el canal Magdalena, las áreas identificadas en la Nota DACARP DNVN N° 1365 del 20 de Noviembre de 2014.
- Para el canal Punta Indio, las áreas actualmente en uso.

Lo anterior implica una distancia máxima (promedio) de 3,0 km para el canal Magdalena y de 4,0 km para el canal Punta Indio.

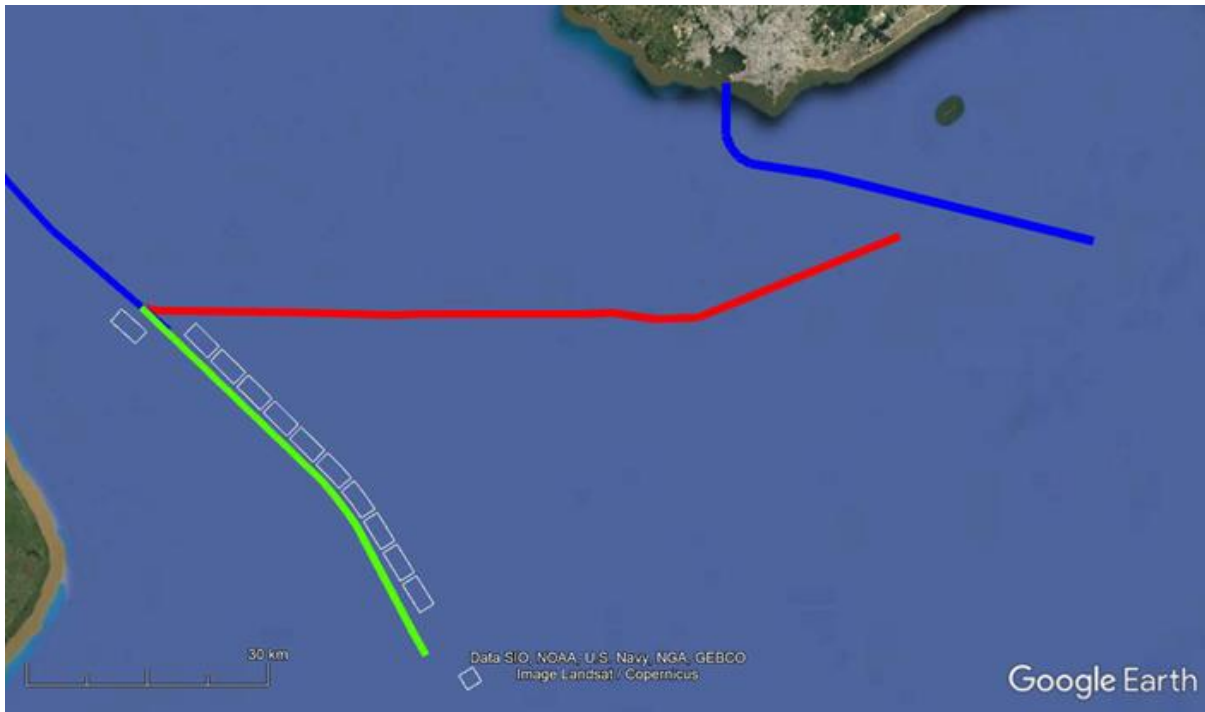


Figura 47: Canal Magdalena: áreas para la disposición final de los productos de dragado. Fuente: elaboración propia.

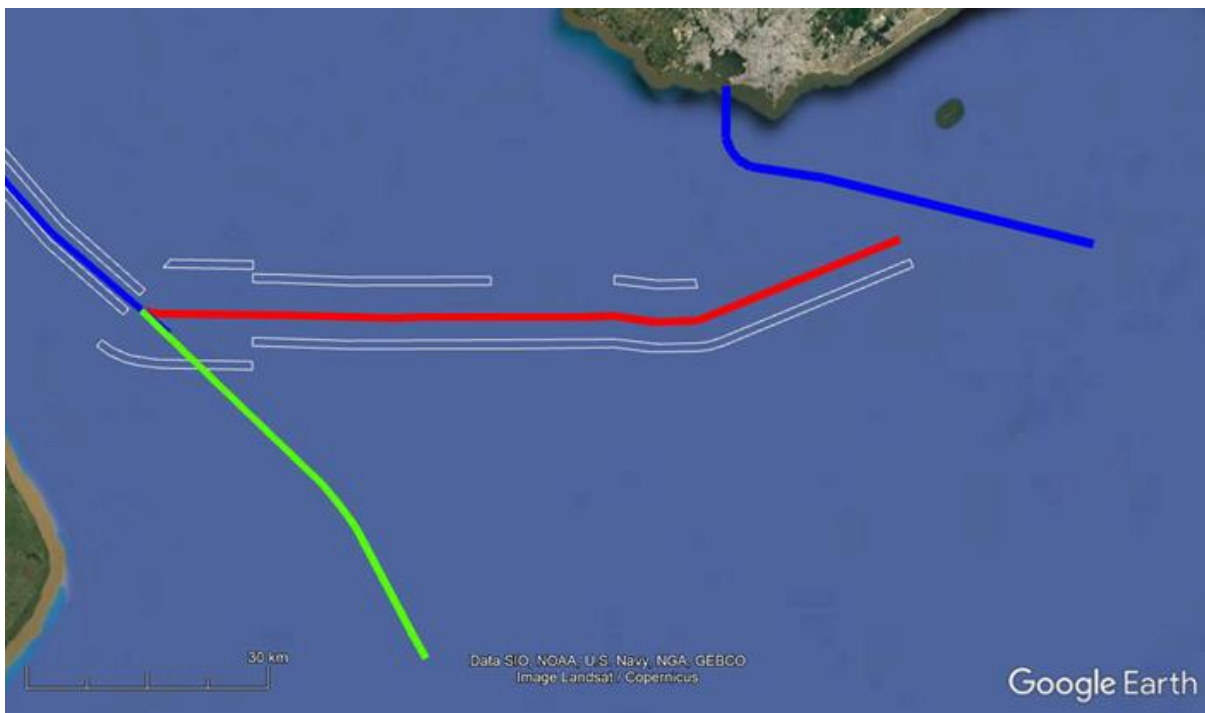


Figura 48: Canal Punta Indio: áreas para la disposición final de los productos de dragado. Fuente: elaboración propia.

### 3.6.4 Rendimientos y producciones

#### 3.6.4.1 Consideraciones generales

A partir de los elementos anteriores – considerando las características de los materiales y del equipamiento seleccionado así como las distancias a las áreas de vertido y los calados allí existentes – se procedió a planificar las obras de dragado.

Para la draga de succión con cántara (TSHD) de 11.000 m<sup>3</sup> de capacidad se consideró – muy especialmente – la profundidad del área de vertido y el hecho de que la “carga” consiste en una mezcla de agua y sedimento y que, por otra parte, el material dragado se expande una vez que se encuentra a bordo; de esta forma, se adoptó un coeficiente de utilización de la cántara (aprovechamiento) del 40% y una concentración de sólidos variable entre el 60% (para materiales blandos y muy blandos) y el 65% (para materiales moderadamente duros a duros).

Para la draga de succión con cántara (TSHD) de 5.500 m<sup>3</sup> de capacidad, en base a la información batimétrica disponible, se consideró que la misma no sería afectada por la profundidad del área de vertido y, en consecuencia, se adoptó un coeficiente de utilización de la cántara (aprovechamiento) del 85%.

En cuanto a los tiempos productivos, para el tipo de trabajo a desarrollar por la draga en el entorno de obra previsto se consideró un tiempo de dragado (carga) entorno a los 45 minutos para los materiales blandos a muy blandos y a los 90 minutos para los materiales moderadamente duros a duros. La draga seleccionada típicamente puede desarrollar una velocidad de navegación hasta el área de vertido de 10,5 nudos, y el tiempo de vertido (descarga) se ubica entorno a los 10 minutos. Para las pérdidas de tiempo semanales, por razones climáticas, se estimó que este buque y por el tipo de clima analizado se puede estimar en del orden del 5,0% (es decir, unas 8,4 horas/semana).

Para la draga de succión con cortador (CSD) de 3.000 kW de potencia en el cortador, en base a un análisis de los equipos y la bibliografía del tema, se puede asumir una producción horaria de 1.500 m<sup>3</sup>/h para materiales moderadamente duros a duros y de 3.500 m<sup>3</sup>/h para materiales blandos a muy blandos. En cuanto a la operatividad diaria debido al tipo de recambios de cabezal y otras acciones de la draga se estimaron tiempos de 20,5hs para materiales blandos y de 18,5hs para materiales duros, correspondiendo las restantes 3,5hs y 5,5hs respectivamente a tiempo no operativo por razones mecánicas y/u operacionales.

En cuanto a la no operatividad por razones climáticas se realizó un análisis específico que consideró tanto las limitaciones propias de una draga de succión con cortador (CSD) como la asociada a las condiciones de oleaje, en función de la información ambiental ya mostrada en capítulos anteriores.

En este sentido, las olas más desfavorables son las ondas largas del tipo “swell”. En efecto, Bray et al. (1997)<sup>30</sup> indica valores limitantes correspondientes a alturas de ola significativas (Hs) de 1,0 m en cuanto a eficiencia y de 2,0 m en cuanto a peligrosidad (cuando tienen períodos comprendidos entre

---

30 Bray, R. N.; Bates, A. D. y Land J. M. (1997). Dredging, a handbook for engineers. 2da Edición. John Wiley and Sons.

6 y 8 segundos mientras que si es superior dichas restricciones son aún mayores; es decir, las alturas de ola limitantes son menores).

Cabe destacar que para las dragas de succión con cortador (CSD) más modernas – que cuentan con compensador de oleaje – dichas limitantes se extienden; no obstante, para el caso en consideración, la principal limitante estará dada por las cañerías de descarga por lo que, en consecuencia, se podría optar por la utilización de cañerías sumergidas para que de esta forma la condición limitante no sea la cañería sino los esfuerzos sobre los pilones de la draga.

Para equipamientos típicos, las limitaciones por oleaje han sido estimadas como:

- Para dragas de succión con cortador (CSD) medianas (8.000 a 20.000 kW de potencia total instalada):
  - Período de ola < 5 segundos: Hs < 1,5 m.
  - Período de ola entre 5 y 8 segundos: Hs límite variable entre 1,5 y 0,5 m.
  - Período de ola mayor a 8 segundos: Hs < 0,5 m.
- Para dragas de succión con cortador (CSD) grandes (más de 20.000 kW de potencia total instalada):
  - Período de ola < 5 segundos: Hs < 1,5 m.
  - Período de ola entre 5 y 10 segundos: Hs límite variable entre 1,5 y 0,5 m.
  - Período de ola mayor a 10 segundos: Hs < 0,5 m.
- En cuanto a los equipamientos auxiliares (remolcadores) se entiende que los mismo pueden operar hasta condiciones de altura significativa (Hs) del orden de los 0,9 m.

Las siguientes tablas presentan, para el caso del Canal Magdalena, las condiciones estimadas (según tramos):

Equipamiento	Condiciones de ola		Inoperatividad por tramo		
	Periodo (segundos)	Altura significativa (m)	km 150 (Interior)	km 180 (Intermedio)	km 204 (Exterior)
Draga CSD Mediana	< 5	1,5	0,3%	0,2%	0,3%
	5 a 8	1,5 a 0,5	0,5%	0,6%	1,7%
	> 8	0,5	0,5%	3,3%	16,3%
	<b>Total</b>		<b>1,4%</b>	<b>4,1%</b>	<b>18,2%</b>
Draga CSD Grande	< 5	1,5	0,3%	0,2%	0,3%
	5 a 10	1,5 a 0,5	0,6%	0,7%	2,8%
	> 10	0,5	0,3%	1,6%	8,0%
	<b>Total</b>		<b>1,1%</b>	<b>2,5%</b>	<b>11,1%</b>
Equipos auxiliares	---	0,9	14,4%	15,3%	22,0%

Tabla 29: Draga de succión con cortador (CSD) operando en el canal Magdalena: resumen de condiciones de inoperatividad. Fuente elaboración propia.

Equipamiento	Características		Inoperatividad según tramo (horas)		
	Diámetro Tubería de descarga (m)	Potencia total instalada (kW)	km 150	km 180	km 204
Draga CSD Mediana	0,8 - 0,9	8 a 20 mil	2	7	31
Draga CSD Grande	> 0,9 a 1,0	> 20 a 25 mil	2	4	19
Equipos auxiliares	---	---	24	26	37

Tabla 30: Dragas de succión con cortador (CSD) operando en el canal Magdalena: horas semanales de inoperatividad. Fuente: elaboración propia.

Finalmente, considerando que, debido a su mayor sensibilidad ante la acción del oleaje, se entiende que serán los equipos auxiliares quienes limiten la operación de la draga de succión con cortador (CSD), la cual podría seguir operando – parcialmente – con alturas de ola superiores a 0,9 m y ello hasta requerir el apoyo de dichos equipos, se adoptaron los siguientes tiempos de inoperatividad (de carácter intermedio):

Equipamiento	Características		Inoperatividad según tramo (horas)			Promedio (horas)
	Diámetro Tubería de descarga (m)	Potencia total instalada (kW)	Km 150	Km 204	Km 180	
Draga CSD Mediana	0,8 - 0,9	8 a 20 mil	13	16	34	21
Draga CSD Grande	> 0,9 a 1,0	> 20 a 25 mil	13	15	28	19

Tabla 31: Dragas de succión con cortador (CSD) operando en el canal Magdalena: horas semanales de inoperatividad adoptadas. Fuente: elaboración propia.

### 3.6.4.2 Plan de dragado y plazo de obras

A partir de los elementos anteriores, asignando a cada draga áreas específicas de trabajo (con sus correspondientes volúmenes de dragado), se determinaron las producciones diarias y los tiempos necesarios a tales efectos. Con estos datos, luego fue posible determinar los costos. En todos los casos analizados, no sólo se consideran los tiempos incurridos en dragados de apertura sino que se adicionan los tiempos estimados de dragado de mantenimiento durante la etapa de apertura. Así, los tiempos resultantes, fueron:

Para el Canal Magdalena se consideran cuatro escenarios de plazos de obra: 1) Por un lado una etapa inicial de dragado de apertura a 34 pies para equiparar condiciones con la VNT; luego 2) Un plazo correspondiente a una etapa posterior de profundización de 34 a 42 pies, la cual puede estar separada en el tiempo y corresponder a otro proceso licitatorio. En una tercera estimación un plazo suponiendo que directamente se draga desde la situación actual natural hasta 42 pies; y finalmente 4)

Un plazo que considera una etapa de apertura a 34 pies, e inmediatamente un dragado a 42 pies, pero con el canal a 34 pies operando.

Características de la obra	Plazo estimado (meses)
Dragado a 34 pies (equiparación con la vía navegable troncal)	17,5
Profundización a 42 pies (a partir de una situación previa a 34 pies)	24,8
Dragado en una única etapa a 42 pies	40,5
Dragado en etapas sucesivas (inicial a 34 pies e inmediatamente a 42 pies con 34 pies operando)	42,3

Para el Canal Punta Indio, se considera sólo la etapa de profundización a 42 pies, considerando que actualmente ya está en 34 pies. En este escenario, los tiempos resultantes son

Características de la obra	Plazo estimado (meses)
Dragado a 34 pies (conformación zona de cruce)	2,6
Profundización a 42 pies (sin incluir zona de cruce)	15,9
Profundización a 42 pies (incluyendo zona de cruce)	21,1

### 3.6.5 Costo de las obras

Para la determinación de los costos, se toman los equipos elegidos, y los plazos de obra asociados a los mismos, y luego se aplica la metodología propuesta por Bray (2009)<sup>31</sup>.

De acuerdo a dicho autor, el dragado es una industria que requiere importantes capitales y que involucra a unos pocos equipamientos siendo, además, una actividad que se desarrolla en un ambiente inhóspito y de altos riesgos (debidos tanto a las condiciones operativas como a las potenciales dificultades fruto de las variaciones en las características de los materiales); en consecuencia, se trata de trabajos que suelen estar sujetos a importantes incertidumbres y donde tanto los costos de capital como los costos asociados al equipamiento son cruciales para la correcta valoración de las obras.

Por otra parte, se trata de una industria que opera en un mercado global y donde los principales actores también actúan a escala mundial llegando, para la realización de grandes proyectos, a conformar consorcios y compartir equipamientos (para así lograr ofrecer los equipos más adecuados para el trabajo requerido y/o suplir la falta temporal de los mismos).

<sup>31</sup> Bray, R. N. (2009). A guide to cost standards dredging equipment. Construction Industry Research Association (CIRIA). Publicación C 684. **Construction Industry Research Association – CIRIA (2014)**. A guide to cost standards dredging equipment: ERRATA. Construction Industry Research Association (CIRIA). Publicación C 684.



Tomando en consideración que las partes interesadas en los proyectos de dragado – que incluyen clientes, consultores en ingeniería, financiadores de proyectos, aseguradoras y contratistas de obras – necesitan determinar (y comparar) los costos de las obras que les resultan de interés, para así establecer las inversiones necesarias a efectos de las mismas, dicho autor ha propuesto una metodología estandarizada que pretende aportar información y transparencia tanto sobre los costos de capital como sobre los relacionados al equipamiento y las obras.

Los diversos componentes del costo, que son considerados en dicha metodología, incluyen la estimación de:

- Tasas de depreciación e interés (D + i) y de mantenimiento y reparaciones (M + R) que son derivadas de información técnica, estadística y económica a partir del denominado “Valor Estándar” que es calculado a partir de las principales características del equipamiento en consideración y que se relaciona tanto con el “valor de reemplazo” de dicho equipo como con el valor de sus partes y repuestos.
- El costo del seguro (que también es estimado a partir del “Valor Estándar” del equipamiento en consideración).
- El costo de la tripulación habiendo contemplado a tales efectos tanto el régimen de trabajo y reemplazo que es práctica habitual en la industria del dragado como el requerimiento por parte de las autoridades en cuanto a que el 50% de la tripulación corresponda a personal local.
- El costo asociado al consumo de combustible habiéndose considerado a tales efectos el valor al 31 de diciembre de 2020, en el puerto de Buenos Aires, tomado de Platts Bunkerworld (una publicación especializada en el mercado de los combustibles marinos)<sup>32</sup>.
- El costo asociado al consumo de lubricantes (considerado como el 10% de costo del combustible).
- Un costo por imprevistos (considerado como el 10% de la sumatoria de los costos antes definidos).
- Los gastos generales (considerados como el 20% de la sumatoria de los costos antes definidos).

Cabe destacar que, a efectos de la estimación del “Valor estándar” del equipamiento – y, consecuentemente, de las tasas de depreciación e interés (D + i), de las tasas de mantenimiento y reparaciones (M + R) y de los seguros – se consideraron los “índices de actualización” que fueran publicados por la Construction Industry Research Association (CIRIA) en enero de 2021<sup>33</sup>.

A partir del costo semanal así obtenido, y considerando el período de utilización del equipamiento para el proyecto en consideración (incluyendo los tiempos no operacionales por razones mecánicas y/o climáticas), se determinó el denominado “costo de las obras de dragado puro” a ello se sumaron los costos correspondientes a la “movilización / desmovilización”, el “alistamiento” y la “lancha para

---

32 <https://www.bunkerworld.com/prices/>

33 **Construction Industry Research Association – CIRIA (2021)**. Cost standards indexation 2021. Disponible en: <https://www.iadc-dredging.com/tag/equipment-publication>

relevamiento hidrográfico” (adoptada como una embarcación auxiliar de 955 kW de potencia instalada operada por 4 tripulantes – 1 patrón, 1 marinero, 1 maquinista y un hidrógrafo – trabajando en régimen de 8 hs diarias o 56 hs semanales).

Adicionalmente, para el caso de la draga de succión con cortador (CSD) se consideró el costo correspondiente a: a) una embarcación auxiliar de 700 kW de potencia instalada, de tipo remolcador, operado por 5 tripulantes (2 patrones, 2 marineros y un maquinista) trabajando en régimen de 12 hs diarias (84 hs semanales) y manteniéndose a la orden el resto del tiempo; y b) cañerías de descarga sumergidas (sin bridas ni soldaduras y con una longitud estándar de 20 m) con sus correspondientes juntas de acople (incluyendo pernos y empaquetaduras).

El costo de “movilización / desmovilización” fue estimado a partir del costo semanal (asumiendo una tripulación 100% europea) y que el equipo proviene de Europa con un tiempo de viaje estimado en 2 semanas (más un 25% adicional por inoperatividad climática).

El costo de “alistamiento” (ensamblaje y desensamblaje) fue estimado a partir del costo semanal (asumiendo que no se consume combustible ni lubricantes y que la tripulación se conforma de acuerdo a la legislación vigente en la República Argentina); el tiempo de “ensamblaje” fue estimado como equivalente a 1 semana mientras que el de “desensamblaje” fue estimado en 0,5 semanas.

Los valores totales finalmente obtenidos fueron:

Características de la obra	Plazo estimado (meses)	Costo estimado (millones de US\$)
<b>Dragado a 34 pies (equiparación con la vía navegable troncal)</b>	<b>17,5</b>	<b>146,6</b>
<b>Profundización a 42 pies (a partir de una situación previa a 34 pies)</b>	<b>24,8</b>	<b>267,4</b>
<b>Dragado en una única etapa a 42 pies</b>	<b>40,5</b>	<b>394,8</b>
<b>Dragado en etapas sucesivas (inicial a 34 pies e inmediatamente a 42 pies con 34 pies operando)</b>	<b>42,3</b>	<b>414,0</b>

*Nota: Se asume: a) presencia de materiales blandos a muy blandos a moderadamente duros a duros factibles de ser movilizadas mediante una draga de succión por arrastre con cántara (TSHD) con cabezal activo; b) utilización de dragas movilizadas desde Europa que incluyen: 1) una draga de succión por arrastre con cántara (TSHD) de 11.000 m<sup>3</sup> de capacidad, 10.800 kW de potencia total instalada y 31 tripulantes; y 2) una draga de succión con cortador (CSD) de 3.000 kW de potencia en el cortador (7.400 kW de potencia de propulsión) y 17 tripulantes; c) sobredragado técnico de 0,15 m (0,5 pie); d) sobreebanco de 3 m; e) talud 1V : 8H (para alcanzar 1V : 20H por desmoronamiento); y f) las demás consideración mencionadas en el texto.*

Tabla 32: Canal Magdalena: Costo total estimado de las obras (incluye movilización / desmovilización, alistamiento, depreciación, mantenimiento y reparaciones, combustibles y lubricantes, tripulación, obras de dragado y equipamientos auxiliares). Fuente: elaboración propia.

Características de la obra	Plazo estimado (meses)	Costo estimado (millones de US\$)
<b>Dragado a 34 pies (conformación zona de cruce)</b>	<b>2,6</b>	<b>18,2</b>
<b>Profundización a 42 pies (sin incluir zona de cruce)</b>	<b>15,9</b>	<b>112,8</b>
<b>Profundización a 42 pies (incluyendo zona de cruce)</b>	<b>21,1</b>	<b>140,8</b>

*Nota: Se asume: a) presencia de materiales blandos a muy blandos a moderadamente duros a duros factibles de ser movilizadas mediante una draga de succión por arrastre con cántara (TSHD) con cabezal activo; b) utilización de dragas movilizadas desde Europa que incluyen: 1) una draga de succión por arrastre con cántara (TSHD) de 11.000 m<sup>3</sup> de capacidad, 10.800 kW de potencia total instalada y 31 tripulantes; y 2) una draga de succión por arrastre con cántara (TSHD) de 5.500 m<sup>3</sup> de capacidad, 5.800 kW de potencia total instalada y 21 tripulantes; c) sobredragado técnico de 0,15 m (0,5 pie); d) sobreebanco de 3 m; e) talud 1V : 8H (para alcanzar 1V : 20H por desmoronamiento); y f) las demás consideración mencionadas en el texto.*

*Tabla 33: Canal Punta Indio: Costo total estimado de las obras (incluye movilización / desmovilización, alistamiento, depreciación, mantenimiento y reparaciones, combustibles y lubricantes, tripulación, obras de dragado y equipamientos auxiliares). Fuente: elaboración propia.*

Con respecto a los resultados obtenidos – que consideraron dragas de características específicas – es necesario establecer que existe una importante variación en las características del parque mundial de dragas y que, especialmente en las de mayor tamaño (cualquiera sea su tipo), las empresas tienen una influencia considerable sobre el diseño, por lo que sus variaciones – respecto a otras del mismo tipo – pueden ser significativas y, además, dichas variaciones pueden cambiar en el tiempo (ya que los diseños se modifican para tener en cuenta prácticas de trabajo, innovaciones y nuevas regulaciones).

Es decir que los valores obtenidos tienen carácter indicativo y orientativo y, por otra parte, los valores a ser efectivamente cotizados, al momento de la licitación de las obras, pueden variar significativamente dependiendo de las empresas, las estrategias comerciales, la demanda existente al momento de cotizar y la localización de los equipos respecto a la ubicación geográfica de las obras.

## 4 ESTUDIOS AMBIENTALES

### 4.1 INTRODUCCION

El Estudio de Impacto Ambiental antecedente del proyecto Canal de Navegación Magdalena de la Subsecretaría de Puertos y Vías Navegables de la República Argentina fue elaborado por la Consultora Serman & asociados S.A. (2015) conforme los requerimientos técnicos específicos detallados en los Términos de Referencia presentados en la Invitación a Cotizar N°1 – Estudios: Línea de Base de Calidad Ambiental y Estudio de Impacto Ambiental del Canal Magdalena elaborado por la Delegación de la Argentina ante la CARP (Nota Externa DACARP 95/14); y los fundamentos de la Ley General del Ambiente (Ley N°25.675). El desarrollo del mismo respondió al requerimiento de la República Oriental del Uruguay a los efectos de realizar la evaluación del proyecto en los términos del Artículo 18 del Tratado del Río de la Plata y su Frente Marítimo (TRP).

El proyectado Canal de Navegación Magdalena se localiza en aguas de uso común del Río de la Plata, por lo que Argentina debe cumplir con lo establecido en los Artículos 17 a 22 del Tratado del Río de la Plata y su Frente Marítimo (TRP) antes de la aprobación definitiva del proyecto. En este contexto, la Delegación de la Argentina ante la Comisión Administradora del Río de la Plata (CARP), de conformidad a lo dispuesto en el primer párrafo del Artículo 17 del TRP, comunicó a la CARP el proyecto de apertura del Canal de Navegación Magdalena. Habiendo vencido el plazo de treinta días establecido en el primer párrafo del Artículo 17 del TRP sin que la CARP hubiese llegado a un acuerdo al respecto, la República Argentina notificó el proyecto referido a la República Oriental del Uruguay, conforme a lo dispuesto en el párrafo segundo del Artículo 17 del TRP, adjuntándose los aspectos técnicos esenciales de la obra, que permita a la República Oriental del Uruguay hacer una evaluación del efecto probable que la obra proyectada ocasionará a la navegación o al régimen del Río de la Plata. En este marco se encuadra el requerimiento de la República Oriental del Uruguay de contar con determinados Estudios Técnicos Complementarios (entre ellos, el mencionado Estudio de Impacto Ambiental).

El Estudio de Impacto Ambiental del proyecto Canal de Navegación Magdalena fue presentado por la Delegación Argentina ante la Comisión Administradora del Río de la Plata ante la entonces Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, quien manifestó la “no objeción ambiental para la ejecución del proyecto...” y dictaminara una serie de requerimientos técnicos para el desarrollo del mismo (Res. SAYDS N° 416/15), en virtud de las facultades conferidas por la Ley N°25.675.

En mayo de 2021 el Ministerio de Transporte presentó el proyecto en Audiencia Pública conforme lo establecido por la Ley N° 25.675, cumpliendo con la instancia obligatoria de consulta o audiencia pública en el procedimiento de evaluación de impacto ambiental (Res N°103/21 y Res. N°201/21).

## 4.2 REVISION EIA ANTECEDENTE

El Estudio de Impacto Ambiental antecedente fue realizado conforme un Diseño Conceptual del proyecto y basado asimismo en los resultados de un estudio hidrosedimentológico elaborado por EIH S.A.

Actualmente, se están revisando las bases técnicas del Diseño Conceptual antecedente, contemplando potenciales cambios. Estos cambios pueden devenir en:

- Ajustes en el diseño del canal de navegación, modificándose la profundidad original del proyecto conceptual.
- Variaciones en la estimación de volúmenes tanto totales como clasificados según tipo de material.
- Tipo de dragas a utilizar, considerando las posibles nuevas tecnologías de dragado a utilizar.
- Estudio Hidrosedimentológico. De acuerdo a la revisión del estudio antecedente, se considera recomendable considerar un incremento mínimo del 20% sobre el valor de sedimentación más conservativo estimado en el estudio de EIH S.A. Esto podría modificar las tasas de sedimentación y la necesidad de dragados de mantenimiento.

Conforme a estos cambios, la evaluación de los potenciales impactos ambientales puede sufrir modificaciones. En algunas normas provinciales, los cambios en un proyecto que ya cuenta con una aprobación ambiental pueden generar un nuevo procedimiento de evaluación de impacto ambiental, o simplemente, una adenda al estudio de impacto ambiental antecedente. Y esto está sujeto a cuánto cambio el proyecto original y al tiempo transcurrido desde la aprobación otorgada.

En el caso de la normativa de aplicación, la Ley N°25.675 constituye una ley de presupuestos mínimos, y no existe hasta la actualidad una norma que establezca el procedimiento de evaluación de impacto ambiental de los proyectos que son evaluados por la autoridad nacional. Por lo tanto, ante la ausencia de un marco normativo acabado, no existe una definición certera sobre la vigencia de la “no objeción ambiental para la ejecución del proyecto...” que dictaminara la Res. SAyDS N° 416/15.

No obstante, se asume que los cambios en el Diseño Conceptual del proyecto presentado en el EIA antecedente ameritan, al menos, la presentación de una Adenda al EIA antecedente informando sobre los principales cambios al proyecto original y una revisión de la evaluación de los impactos ambientales vinculados a estos cambios en el proyecto.

### 4.2.1 Principales Impactos Ambientales

De acuerdo al Estudio de Impacto Ambiental antecedente (Serman & asociados S.A., 2015), los principales impactos ambientales del proyecto Canal de Navegación Magdalena están vinculados a las tareas de dragado. Al respecto es importante explicar que estas tareas comprenden básicamente dos acciones fundamentales: el dragado propiamente dicho, lo que se entiende por la extracción de los sedimentos del lecho fluvial, y la disposición del material dragado.

La resuspensión de sedimentos se produce en ambas acciones. Al dragar, la resuspensión de sedimentos se produce con la remoción del material en la cabeza de dragado a nivel del fondo del río;

mientras que en la disposición del material la resuspensión se produce con el vertido del material dragado en las zonas de vaciado previstas. En este caso, las dragas de succión con cortador realizarán el vertido de manera continua (refulado) a nivel del fondo del río (a través de una tubería sumergida), resultando un vuelco permanente. En tanto, las dragas de succión por arrastre realizarán el vertido en forma puntual desde la superficie (vaciado de cántara), conformando un pulso de corta duración.

La resuspensión de sedimentos es un efecto a corto plazo ligado estrechamente a la turbidez, restableciéndose las condiciones normales en un lapso relativamente corto (algunas horas). Los sedimentos re suspendidos son transportados por las corrientes, volviéndose generalmente a sedimentar en el lecho del río en el sentido de la deriva neta.

La resuspensión de sedimentos reviste mayor importancia en el caso que los sedimentos estuvieran contaminados ya que implicaría la incorporación de concentraciones contaminantes de algunas sustancias a la columna de agua.

#### 4.2.2 Clasificación del material a dragar

En el EIA antecedente se lleva a cabo una caracterización físico-química de los sedimentos presentes en la zona de dragado y disposición del material, en base a un muestreo realizado en octubre de 2014.

Se tomaron 25 muestras de agua y 25 muestras de sedimentos superficiales del lecho fluvial sobre la traza del futuro canal de navegación y 11 muestras de sedimentos superficiales del lecho fluvial en las áreas de vaciado del material. El laboratorio Induser S.R.L. realizó los análisis físico-químicos sobre las muestras de agua y sedimentos.

Cuando se elaboró el Estudio de Impacto Ambiental (enero 2015) no existían normas específicas a nivel nacional ni regional para el manejo del material a dragar. Consecuentemente, se recurrió a guías y reglamentaciones internacionales: las Directrices Españolas (2014) y las Normas Holandesas (1994) desarrolladas con el objetivo de asignar a cada tipología de sedimento la gestión adecuada para su remoción y disposición.

De acuerdo a las regulaciones consideradas que han definido niveles para prevenir la generación de impactos negativos sobre el ambiente producto de la movilización de materiales durante las tareas de dragado, tanto los metales pesados como los hidrocarburos totales, los hidrocarburos aromáticos policíclicos, los compuestos organoclorados y los bifenilos policlorados analizados en las muestras de sedimentos no fueron detectados o presentaron concentraciones menores a los niveles más estrictos:

- Normas Holandesas: Valor Meta u Objetivo: indica el nivel bajo el cual los materiales se pueden disponer en aguas abiertas, sin restricciones; los riesgos al medio ambiente se consideran despreciables.
- Directrices Españolas: Nivel de Acción I: indica el nivel bajo el cual los materiales pueden ser vertidos al mar.

Así, fue posible establecer que las condiciones de inocuidad del material permiten la libre disposición del material en aguas abiertas, ya que las concentraciones de contaminantes presentes en las muestras fueron menores en todos los casos a los estándares más estrictos que limitan la libre

disposición del material. De este modo, se concluye que la resuspensión de sedimentos no tendrá efectos significativos sobre la dispersión de contaminantes.

Hay dos observaciones a este análisis. Por un lado, su antigüedad. Los resultados que llevaron a esta conclusión tienen ya más de 7 años, tiempo suficiente para que las condiciones de inocuidad de los sedimentos hayan cambiado. Por otro lado, la actualización del marco normativo en cuanto a las prácticas de dragado.

En el año 2019, el Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible (OPDS) de la Provincia de Buenos Aires promulga la Resolución N° 263/19 donde establece las normas y el procedimiento para la evaluación ambiental de los proyectos de dragado en puertos y canales de acceso en jurisdicción de la provincia de Buenos Aires, incorporando por primera vez en la Argentina una guía específica para el manejo del material a dragar.

Con esta novedad, los proyectos de dragado en el ámbito nacional cuentan ahora con una norma de referencia más próxima.

Si bien la Resolución OPDS N° 263/19 de la Provincia de Buenos Aires adopta los estándares de calidad de las Directrices Españolas (2014) y las Normas Holandesas (1994) para la caracterización del material a dragar, los mismos que fueron considerados en el Estudio de Impacto Ambiental de 2015, la norma bonaerense también adopta lineamientos en cuanto al diseño del muestreo de agua y sedimentos.

En este contexto, se llevó a cabo el diseño de la campaña de muestreo de agua y sedimentos para el Proyecto Canal de Navegación Magdalena conforme la Resolución OPDS N° 263/19, resultando en una campaña de 45 sitios de diagnóstico de sedimentos y 15 sitios de diagnóstico de agua. Además, se modifica la lista de parámetros a analizar y se incorpora el análisis de muestras de sedimentos en profundidad en función del espesor del dragado.

#### 4.2.3 Análisis de las plumas de sedimentos en suspensión

En el marco del EIA antecedente EIH S.A. llevó adelante un Estudio Hidrosedimentológico cuyo alcance comprendió la elaboración de las modelaciones matemáticas necesarias para brindar una respuesta sobre las condiciones de sedimentación esperables para el canal proyectado y el comportamiento hidrosedimentológico de las descargas de materiales dragados, principalmente en los sectores identificados como áreas de vaciado.

Los resultados obtenidos del análisis realizado muestran la participación o aporte de las operaciones de descarga del material dragado por sobre las concentraciones de sedimentos naturalmente existentes en el río, esto es el impacto exclusivamente que produce la descarga sobre el incremento de concentraciones en el entorno del vaciado o refulado de los dragados.

De acuerdo a la revisión del estudio antecedente, se considera recomendable considerar un incremento mínimo del 20% sobre el valor de sedimentación más conservativo estimado en el estudio de EIH S.A.

Por otro lado, la Resolución OPDS N° 263/19 de la Provincia de Buenos Aires promueve el control del incremento en la concentración de sedimentos en las áreas sensibles del área de influencia de la obra de dragado, por sobre el control de la pluma de sedimentos en suspensión. Así, la norma

establece que durante la ejecución de las actividades de dragado las concentraciones de turbidez y sólidos suspendidos totales en áreas sensibles no podrán superar el 20% de la concentración media típica que surjan de los antecedentes disponibles, incluyendo la variabilidad estacional y las fluctuaciones naturales causadas por eventos hidrológicos naturales o acciones antrópicas no relacionadas con el dragado. Y para el sector de obra, dichas concentraciones no podrán superar el 50%.

Asimismo, se propone establecer valores “alerta” y “crítico” para ambos parámetros, a fin de preestablecer un sistema de respuesta al evento de condición crítica que implique la disminución del ritmo o intensidad de las actividades de dragado o incluso su suspensión temporaria. Los procedimientos para aplicar deberán ser incluidos en el Plan de Gestión Ambiental (PGA).

### 4.3 ACTUALIZACIÓN DE LA NORMATIVA AMBIENTAL

El Estudio de Impacto Ambiental antecedente (Serman & Asociados S.A., 2015) fue elaborado como un único documento contenedor de todos los requerimientos establecidos por las distintas jurisdicciones y organismos involucrados, de modo que el mismo pueda ser presentado en diversas instancias y jurisdicciones, a los efectos de facilitar el análisis fluido por parte de cada repartición permitiendo la evaluación en simultáneo de las solicitudes respectivas.

Dadas las características del proyecto, se determinó la existencia de intervenciones por parte de diferentes autoridades de carácter sectorial o jurisdiccional que establecen implicancias que requerirán una gestión articulada ante diferentes autoridades competentes, existiendo alguna de ellas con un papel clave para la aprobación del mismo.

En materia de policía ambiental, se señalaron como autoridades de aplicación en el espacio fluvial la Prefectura Naval Argentina (PNA) y la Autoridad Portuaria Nacional (Dirección Nacional de Vías Navegables). No obstante, el organismo encargado de la evaluación del Estudio de Impacto Ambiental fue la entonces Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación de acuerdo a la Ley N° 25.675 General del Ambiente.

En este sentido, la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental tuvo en cuenta la “Guía de Procedimiento y Contenido de las Etapas a seguir para la Revisión de los Estudios de Impacto Ambiental” de la Dirección de Evaluación de Impacto Ambiental de esa repartición.

En cuanto al tipo de obra, cuando se elaboró el Estudio de Impacto Ambiental (enero 2015) no existían normas específicas a nivel nacional ni regional para el manejo del material a dragar. Consecuentemente, se recurrió a guías y reglamentaciones internacionales: las Directrices Españolas (2014) y las Normas Holandesas (1994) desarrolladas con el objetivo de asignar a cada tipología de sedimento la gestión adecuada para su remoción y disposición.

En la actualidad, en materia de Evaluación de Impacto Ambiental, la autoridad de aplicación sigue siendo la autoridad nacional, el ahora Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación en el marco de la Ley General del Ambiente N° 25.675.



No obstante, en el año 2019, la entonces Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación promulgó la Resolución N° 337 donde se aprueba la Guía para la Elaboración de Estudios de Impacto Ambiental. Si bien se trata de lineamientos que no escapan al desarrollo que tuvo el Estudio de Impacto Ambiental antecedente, se trata de una resolución de aplicación al proyecto.

Por otro lado, también en el año 2019, el Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible (OPDS) de la Provincia de Buenos Aires promulga la Resolución N° 263/19 donde establece las normas y el procedimiento para la evaluación ambiental de los proyectos de dragado en puertos y canales de acceso en jurisdicción de la provincia de Buenos Aires, incorporando por primera vez en la Argentina una guía específica para el manejo del material a dragar.

Con esta novedad, los proyectos de dragado en el ámbito nacional cuentan ahora con una norma de referencia más próxima.

Si bien la Resolución OPDS N° 263/19 de la Provincia de Buenos Aires adopta los estándares de calidad de las Directrices Españolas (2014) y las Normas Holandesas (1994) para la caracterización del material a dragar, los mismos que fueron considerados en el Estudio de Impacto Ambiental de 2015, la norma bonaerense también adopta lineamientos en cuanto al diseño del muestreo de agua y sedimentos.

#### 4.4 REQUERIMIENTOS RES. SAYDS 416/2015

La Resolución N° 416 del 2015 de la entonces Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, ahora Ministerio, estableció la no objeción ambiental a la ejecución del proyecto y dictaminó una serie de requerimientos técnicos de cumplimiento obligatorio para gestionar los impactos identificados en el Estudio de Impacto Ambiental.

De acuerdo a dicha resolución, el Contratista deberá cumplir con un Plan de Gestión Ambiental desarrollado según los lineamientos establecidos en el Estudio de Impacto Ambiental y las recomendaciones y requisitos allí señalados.

El Plan de Gestión Ambiental será de aplicación a las fases de dragado de apertura, dragados de mantenimiento y uso del canal de navegación; y deberá ser revisado anualmente para su actualización.

El ahora Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable intervendrá en el seguimiento de la gestión de los impactos.

A continuación se describen los Programas que deberán estar presentes en el Plan de Gestión Ambiental del Canal de Navegación Magdalena en conformidad con la Resolución SAyDS N° 416/2015.

## 4.4.1 PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL DEL CANAL DE NAVEGACIÓN MAGDALENA

### 4.4.1.1 Programa de Difusión, Consulta y Gestión Participativa

Tiene por objetivo brindar información sobre el proyecto y sobre los impactos ambientales esperados, la implementación y control de medidas de gestión ambiental.

En tanto, los objetivos específicos son:

- Garantizar que las partes interesadas posean la información adecuada para ejercer su derecho a la información y la participación.
- Obtener la licencia social del proyecto para garantizar el objetivo anterior y evitar conflictos que comprometan la implementación del proyecto.
- Cumplir con las exigencias de las autoridades en materia ambiental.

Para satisfacer los objetivos delineados se diseñaron las siguientes tareas:

- Tarea I: Organización e implementación del programa.
- Tarea II: Comunicación de aspectos generales del proyecto.
- Tarea III: Sistema de recepción y respuesta de reclamos, quejas y consultas.
- Tarea IV: Comunicación de aspectos ligados a reclamos y quejas de partes interesadas.

Las tareas del programa deberán incluir: Cronograma de actividades, encuestas al inicio de cada fase o modificación de actividades, boletín electrónico de carácter bimensual durante la apertura y cuatrimestral en las actividades de mantenimiento, difusión en los principales centros definidos por las autoridades de jurisdicciones costeras de frecuencia variable, creación de sitio web específico para la difusión de los indicadores de avance y recepción de consulta y opiniones de interesados, o difusión de foros de intercambio con partes interesadas de las áreas costeras de afectación directa o indirecta.

### 4.4.1.2 Programa de Educación Ambiental y Conducta para el Personal

Los objetivos de este programa son:

- Planificar una adecuada capacitación del personal sobre los problemas ambientales esperados, las medidas de gestión ambiental diseñadas en consecuencia y la implementación de los programas y planes que forman parte de la gestión ambiental del proyecto, así como de las normativas y reglamentaciones ambientales aplicables a las actividades desarrolladas.
- Definir roles a cumplir de acuerdo a los diferentes niveles de responsabilidad específica asignados al personal en relación a la implementación del Plan de Gestión Ambiental.
- Definir roles a cumplir ante las diversas situaciones de emergencia que pudieran presentarse, cuyos contenidos generales son explicitados en el Plan de Contingencias, con la generación de consecuencias ambientales significativas.

Este Programa deberá estar formado por dos tipos de acciones diferentes: acciones de capacitación directa y acciones de acompañamiento.

Las acciones de capacitación directa deberán incluir los contenidos básicos necesarios para cumplir con los objetivos establecidos. Se deberá llevar a cabo la evaluación de las acciones de capacitación, ya que es imprescindible para corroborar su eficacia y la necesidad de realizar ajustes e intensificar acciones conforme a lo que sea necesario.

#### 4.4.1.3 Programa de Seguridad, Higiene y Control Sanitario para el Personal

Tiene por objetivo realizar una correcta gestión del personal en cuanto a seguridad, higiene y control sanitario.

#### 4.4.1.4 Programa de Gestión de Residuos a Bordo

Tiene por objetivo realizar una correcta gestión de los residuos sólidos y semisólidos generados en las embarcaciones vinculadas al desarrollo del proyecto.

Los objetivos específicos a cumplir son:

- La prevención de la contaminación ambiental, evitando afectar los medios socioeconómico, biológico y físico.
- La reducción con eficiencia de la cantidad de residuos generados en las embarcaciones.
- La clasificación, el orden y, en los casos que correspondiera, la separación y el almacenaje de los residuos.
- El control del manejo, transporte, tratamiento, reciclado, reutilización y/o destino final de los residuos.
- El registro de todos los trámites de gestión hasta la eliminación total de los residuos.

De este modo, este programa comprende los procedimientos para la recolección y la disposición adecuada de residuos generados en las embarcaciones y la implementación de conductas que eviten la dispersión de los mismos y la generación innecesaria de desperdicios.

Desarrollado de acuerdo al REGINAVE Título 8, Capítulo 3.

#### 4.4.1.5 Programa de Gestión de Residuos Peligrosos

Tiene por objetivo realizar una correcta gestión de los residuos peligrosos generados en las embarcaciones vinculadas al desarrollo del proyecto.

Este programa comprende los procedimientos para la disposición transitoria y la disposición final adecuadas de los residuos peligrosos generados en las embarcaciones y la implementación de conductas que eviten la dispersión o el derrame de los mismos.

Desarrollado de acuerdo con la normativa nacional de residuos peligrosos y reglamentaciones complementarias, previo al cumplimiento de la legislación específica en la jurisdicción de tratamiento o disposición.

#### 4.4.1.6 Programa de Gestión de Residuos por Achique de Sentinas

Tiene por objetivo realizar una correcta gestión de los residuos que se producen en las sentinas de las embarcaciones vinculadas al desarrollo del proyecto.

Este programa comprende los procedimientos para la disposición adecuada de estos residuos y la implementación de conductas que eviten el derrame de los mismos.

Desarrollado de acuerdo al REGINAVE.

#### 4.4.1.7 Programa de Carga de Combustible

Tiene por objetivo realizar una correcta gestión de los combustibles en las embarcaciones vinculadas al desarrollo del proyecto. Este programa comprende específicamente el procedimiento para la carga de combustible de las embarcaciones vinculadas al proyecto y la implementación de conductas que eviten el derrame de combustible durante este procedimiento.

Desarrollado de acuerdo al REGINAVE.

#### 4.4.1.8 Programa de Mantenimiento del sistema de señalización

Tiene por objetivo establecer el procedimiento de mantenimiento de las señales instaladas en el canal de navegación.

#### 4.4.1.9 Programa de Mantenimiento Preventivo de Equipos

Tiene por objetivo establecer el procedimiento de mantenimiento de las dragas y el equipamiento vinculado al proyecto para la minimización de ruido, emisiones gaseosas, fugas o pérdidas contaminantes.

#### 4.4.1.10 Plan de Contingencias

La operación de embarcaciones conlleva a considerar distintos riesgos. Al respecto las embarcaciones que serán empleadas para las tareas de dragado del canal y el traslado de combustibles hacia la zona de obra se desarrollarán de acuerdo a los requisitos establecidos por la Organización Marina Internacional (OMI). No obstante, si bien la probabilidad de un accidente es sumamente baja, la ocurrencia de una eventual contingencia no puede ser descartada.

De este modo, si bien se deberán adoptar todas las medidas para minimizar los mismos, ante eventuales accidentes resulta necesario plantear un Plan de Contingencias que permita atender adecuadamente esas situaciones y cumplir con las disposiciones vigentes en la materia.

En este sentido, la Ordenanza PNA 08/98, y recientemente la PNA Ordenanza 04/14, establecen el marco para los planes de contingencia a nivel nacional. El contratista de las embarcaciones deberá elaborar un Plan de Contingencia para su aprobación por PNA, contemplando la articulación con los restantes componentes, algunos con el sector privado, otros con organismos públicos.

El mencionado Plan de Contingencias deberá contemplar los siguientes objetivos:

- Optimizar las acciones de control de las emergencias, a fin de proteger la vida de personas, de los recursos naturales afectados y de bienes propios y de terceros.
- Evitar o minimizar los efectos adversos derivados de las emergencias que se pudieran producir como consecuencia de la ejecución de las operaciones marítimas y fluviales.
- Establecer un procedimiento ordenado de las principales acciones a seguir en caso de emergencias y promover en la totalidad del personal el desarrollo de aptitudes y capacidades para afrontar rápidamente dichas situaciones.
- Constituir un organismo idóneo, eficiente y permanentemente adiestrado que permita lograr el correcto uso de los recursos humanos y materiales disponibles a dicho efecto.
- Cumplir con las disposiciones vigentes.

El Plan de Contingencias cubre todas las operaciones en las que potencialmente se pudiese suscitar una situación de emergencia. El contratista será el responsable de su implementación. La Subsecretaría de Puertos y Vías Navegables de la República Argentina deberá controlar que el contratista cuente con los mismos o con las respectivas certificaciones y autorizaciones.

Si bien para el desarrollo del plan deberá tenerse en consideración lo establecido en el REGINAVE, deberá prestarse mayor atención a lo establecido en el Capítulo 10 (De las Disposiciones para Caso de Siniestro), Título IV.

Incluir un Programa de restauración y compensación que deberá ejecutar el contratista en caso de daño por contaminación o mala praxis en el transcurso de las operaciones de apertura, dragado, mantenimiento y uso del canal, que deberá revisarse y actualizarse para cumplir con las exigencias de la normativa de aplicación en el momento de la contingencia.

#### 4.4.1.11 Programa de Monitoreo Ambiental

Tiene por objetivo el seguimiento de indicadores ambientales de calidad, medidos en función de las potenciales incidencias que la ejecución del proyecto puedan generar sobre los distintos factores del medio.

Se definen para el Proyecto Canal de Navegación Magdalena, los siguientes monitoreos.

##### ***Calidad de Agua y Sedimentos***

De manera previa al Dragado de Apertura y los Dragados de Mantenimiento se tomarán muestras de sedimentos para la determinación de contaminantes. De esta manera, se podrá conocer la calidad de los sedimentos que serán dragados y como éstos podrán afectar la calidad del agua, y de esta manera evaluar el método de dragado y el destino para dicho material que sean más adecuados. A falta de normativa de carácter nacional, el material a dragar será evaluado conforme las guías internacionales más reconocidas, la cuales fueron incorporadas al plexo normativo de la Provincia de Buenos Aires (Resolución OPDS N° 263/19).

Durante los dragados se monitoreará la pluma de turbidez que podrá generarse en la zona de dragado y en la zona de disposición por suspensión de sedimentos.

Se realizará un monitoreo periódico de calidad de agua a lo largo del canal de navegación durante toda su vida útil con el objetivo de controlar su calidad y detectar posibles focos de contaminación. Los resultados serán cotejados con estándares de calidad nacional e internacional.

#### ***Biota Acuática***

En resguardo de la conservación de especies clave, especies con problemas de conservación y especies de interés económico.

El mismo deberá tener en cuenta las áreas y momentos de reproducción de acuerdo al ciclo de vida de las especies. Se deberán considerar otras actividades concurrentes en esa zona, los impactos sonoros, así como los factores climáticos que puedan llegar a afectar la pluma de sedimentos.

Se prevé la intervención de organismos científico-técnicos argentinos.

#### ***Indicadores sobre la Sustentabilidad de las Actividades Costeras***

En resguardo de las actividades económicas que se desarrollan en el frente costero del canal de navegación (en la zona de Bahía Samborombón).

#### ***Indicadores sobre el Manejo de las Áreas Naturales Protegidas***

En resguardo de las Áreas Naturales Protegidas presentes en el área de influencia del proyecto.

#### ***Programa de Gestión de Sedimentos Dragados***

Desarrollado de acuerdo procedimiento para gestión de los sedimentos que eventualmente no cumplan con las características de calidad previstas para la disposición en las áreas destinadas al refutado y vertido, dando la intervención correspondiente a la Autoridad Ambiental de la Jurisdicción de potencial disposición, para su aprobación y a la Autoridad Ambiental Nacional.

#### 4.4.1.12 Programa de Control de Ingreso y Dispersión de Biota Invasiva

Tiene por objetivo controlar el ingreso y la dispersión de la vida invasiva que ingresa a través de las embarcaciones de ultramar.

#### 4.4.1.13 Programa de Actualización de Dinámica Hídrica y Sedimentológica

Tiene por objetivo actualizar mediante estudios, el estado de la dinámica hídrica y sedimentológica del área.

#### 4.4.1.14 Programa de Protección de Patrimonio Histórico Cultural y Arqueológico

Tiene por objetivo tomar las precauciones ante la eventual presencia de restos arqueológicos subfluviales mediante las tecnologías disponibles de detección y acciones a adoptar en caso de sus

hallazgos, que den formal intervención a la Autoridad Competente en Patrimonio Cultural o Arqueológico en el marco de las disposiciones nacionales vigentes, así como al Servicio de Hidrografía Naval y a las instituciones científicas nacionales que correspondan según el tipo de hallazgo.

#### 4.4.2 CONCLUSIONES AL ANALISIS DEL EIA

El procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental del proyecto Canal de Navegación Magdalena en el ámbito de la República Argentina parecería concluido.

El Estudio de Impacto Ambiental elaborado por Serman & Asociados en 2015 en el marco de la Ley General del Ambiente N°25.675 cuenta con la “no objeción ambiental” del ahora Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (Res. SAyDS N° 416/15).

Asimismo, en mayo de 2021 el Ministerio de Transporte presentó el proyecto en Audiencia Pública conforme lo establecido por la Ley N° 25.675, cumpliendo con la instancia obligatoria de consulta o audiencia pública.

No obstante, se indica que los cambios al proyecto original que puedan surgir de la presente revisión de las bases técnicas del diseño conceptual antecedente, deberán ser informados a la Autoridad Ambiental, junto con una revisión de la evaluación de los impactos ambientales vinculados a estos cambios en el proyecto.

En cuanto al manejo del material a dragar, es importante señalar que los resultados presentados en el EIA antecedente son de 7 años atrás, tiempo suficiente para que las condiciones de inocuidad de los sedimentos hayan cambiado. Por lo que se recomienda presentar una actualización. En este sentido, existe una nueva normativa de referencia que incorpora por primera vez en la Argentina una guía específica para el manejo del material a dragar (Resolución OPDS N° 263/19).

En cuanto al control de las plumas de sedimentos que se originan durante las tareas de dragado, la nueva normativa de referencia (Resolución OPDS N° 263/19) promueve el control del incremento en la concentración de sedimentos en las áreas sensibles del área de influencia del proyecto estableciendo valores “alerta” y “crítico” a fin de preestablecer un sistema de respuesta al evento de condición crítica. Esta novedad exige revisar el Plan de Monitoreo Ambiental oportunamente presentado.

Para la presentación de esta Adenda al EIA antecedente, se deberá tener en cuenta la Guía para la Elaboración de Estudios de Impacto Ambiental aprobada recientemente por el ahora Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (Resolución SAyDS N° 337).

Finalmente, la Resolución N° 416 del 2015 de la entonces Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, ahora Ministerio, que estableció la no objeción ambiental a la ejecución del proyecto, dictaminó también una serie de requerimientos técnicos de cumplimiento obligatorio para gestionar los impactos identificados en el Estudio de Impacto Ambiental. De acuerdo a dicha resolución, el Contratista deberá cumplir con un Plan de Gestión Ambiental desarrollado según los lineamientos establecidos en el Estudio de Impacto Ambiental y las recomendaciones y requisitos allí señalados.

## 5 ESTUDIOS DE DEMANDA Y TRÁFICO

Los estudios de demanda y tráfico comprenden la base sobre la cual, se realizará la evaluación económica. El objetivo de la evaluación económica del Canal Magdalena es establecer, a través de un análisis beneficio costo, la factibilidad económica de la construcción del mismo. Para ello, es necesario identificar aquellos viajes que registrarán ahorros en tiempos (y por ende en costos) debidos al uso de dicho canal. Esos ahorros se identificarán como beneficios. Es así que se describe en este capítulo el análisis de tráfico realizado, para la condición sin proyecto, la condición con el Canal Magdalena como única opción, y la condición con el Canal Magdalena y el Canal Punta Indio operando en conjunto. A partir de este análisis de tráfico y demanda, podrán estimarse los ahorros de costos de navegación que se consiguen con cada una de las opciones que incluye la situación con Proyecto, los que se calculan contra el costo con todos los tráficos navegando por el Canal Punta Indio, que se asume como situación sin proyecto.

### 5.1 TRÁFICOS ACTUALES

Actualmente los tráficos que caracterizan al tramo del Canal Punta Indio y por consiguiente que podrían ser los principales tráficos que utilicen el Canal Magdalena si se convirtiera en la única opción de ingreso a la VNT son:

- Buques que ingresan a la VNT, procedentes de Europa o Asia, y tienen como destino final Buenos Aires (Portacontenedores) o la zona agroexportadora (Rosario/ Puerto San Martin): A primeras luces este tráfico no encontraría como un obstáculo la modificación del canal de ingreso a la VNT. La alineación que debe realizar para cualquiera de los dos ingresos es indistinta cuando su procedencia es lejana.
- Buques que ingresan a la VNT, procedentes o con dirección a la zona de Brasil o Estados Unidos, los cuales actualmente salen con dirección norte, en una navegación cercana a la costa.
- Buques graneleros que egresan de la VNT y se dirigen al Sur (Necochea, Bahía Blanca) para realizar completamiento de carga antes de zarpar a Europa/ Asia: Este tráfico, amerita un análisis de distancias, velocidades medias y tiempos de viaje, ya que por un lado, el egreso de la vía navegable con mayor calado aprovechado desde la zona de origen de la carga (Puerto San Martin/ Rosario) podría implicar menor cantidad de buques que precisen completar carga al sur. Esta condición sería indistinta a la existencia o no del Canal Magdalena y sería debida a la profundización de la VNT. Sin embargo, en caso de completarse carga, la posibilidad de salida más directa al sur podría reducir los tiempos de viaje necesarios.
- Buques tanqueros que provienen del Sur y se dirigen a la VNT (La Plata, Buenos Aires): Nuevamente, la existencia del Canal Magdalena podría ofrecer una alternativa más directa en el tráfico Centro-Sur. Actualmente algunos buques de menor porte navegan la zona Beta para el ingreso a la VNT.



Otro tipo de tráficos, como el tráfico de cruceros de pasajeros, no tienen una proporción lo suficientemente grande como para considerar que modifican el resultado del análisis. Como se mencionó, el beneficio atribuible a la construcción del Canal Magdalena es el ahorro de tiempo de navegación que registrarán algunos de los viajes que realizan los buques que entran y salen de la VNT. Para estimar este beneficio es necesario determinar:

- a) el movimiento total de buques que entran y salen de la VNT, clasificados en cuatro grandes tipos de carga;
- b) la clasificación de dichos viajes según el origen, para los que entran y el destino, para los que salen;
- c) el tiempo de navegación saliendo o entrando por el Canal Punta Indio o por el Canal Magdalena;
- d) el ahorro del tiempo de navegación en el caso de contar solo con el Canal Magdalena, o contando con la posibilidad de utilizar ambos canales.

## 5.2 DENSIDAD DE TRÁFICO

A partir de fuentes globales de AIS y posición satelital, como el Marine Traffic ([www.marinetraffic.com](http://www.marinetraffic.com)) es posible realizar análisis de condiciones reales de buques, en cuanto a sus derroteros, velocidades, puertos de origen y destino, tipo de buque, calados, entre otros datos. Habida cuenta de la falta de otra fuente de información alternativa para conocer los movimientos de buques, se realizaron algunas consultas a la mencionada base global.

Primero, se visualizaron ejemplos de densidad de tráfico clasificados por tipos de buques. En las siguientes Figuras, se ven casos por tipo de barco.

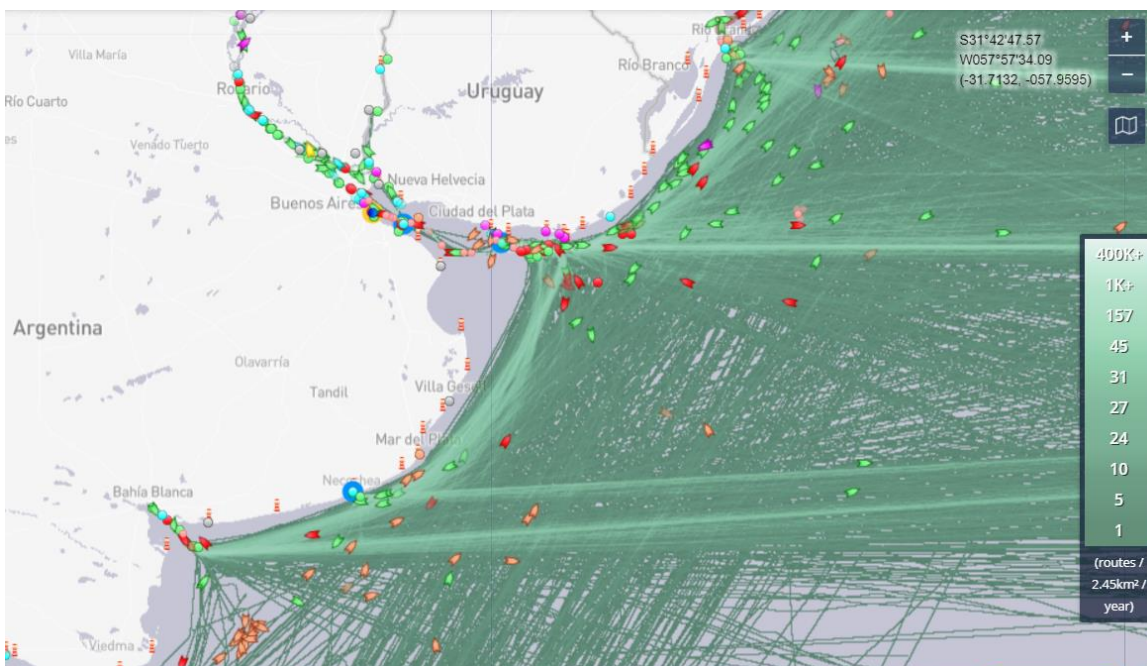


Figura 49: Densidad de buques tipo Panamax. Fuente: Marinetraffic.com Profesional

La figura anterior muestra la densidad de viajes de buques de carga general tipo Panamax, entre los que se encuentran los buques graneleros. Allí se resaltan especialmente dos de los tráficos que se mencionaban al comienzo del capítulo. Por un lado, con color claro, la ruta que ingresa/ egresa desde el Este, directo a la VNT. Por otro lado, también resaltado más claro, el egreso desde la zona de Bahía Blanca de buques, junto con la unión VNT – Bahía Blanca, probablemente para completamiento de carga.

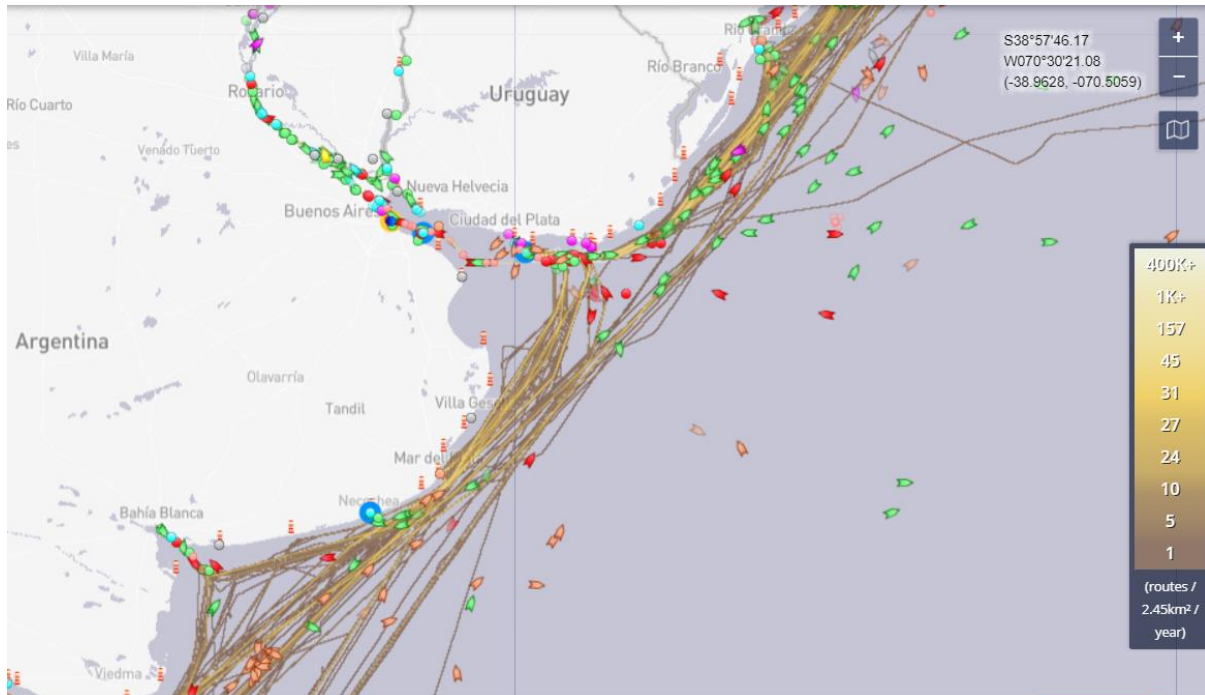


Figura 50: Densidad de buques Portacontenedores <3000 TEU o Feeders. Fuente: Marinetráfico.com Profesional Plus

En el caso de los portacontenedores, como se ve en la figura anterior, el tráfico incluye casi en su totalidad, a Brasil en sus destinos desde el norte.

El caso de los buques tipo cruceros, tiene dos grandes grupos. Por un lado, los cruceros con destino patagónico, antártico y chileno. En estos casos, los destinos siempre se dirigen al sur, y no todos incluyen Montevideo en la ruta. Por otro lado, los cruceros que incluyen a Montevideo, Punta del Este y algunos destinos de Brasil como parte de todos sus circuitos, además de Buenos Aires. Estos viajes de cruceros, tienen una organización diferente en cuanto a las rutas, puesto que por el tipo de servicio ofrecido, se trata de priorizar las zonas de navegación para ofrecer a los turistas vistas y entornos atractivos. Es apresurado suponer que un cambio de ingresos en la VNT atentaría contra estos tráficos debido a la dinámica particular comercial que poseen.

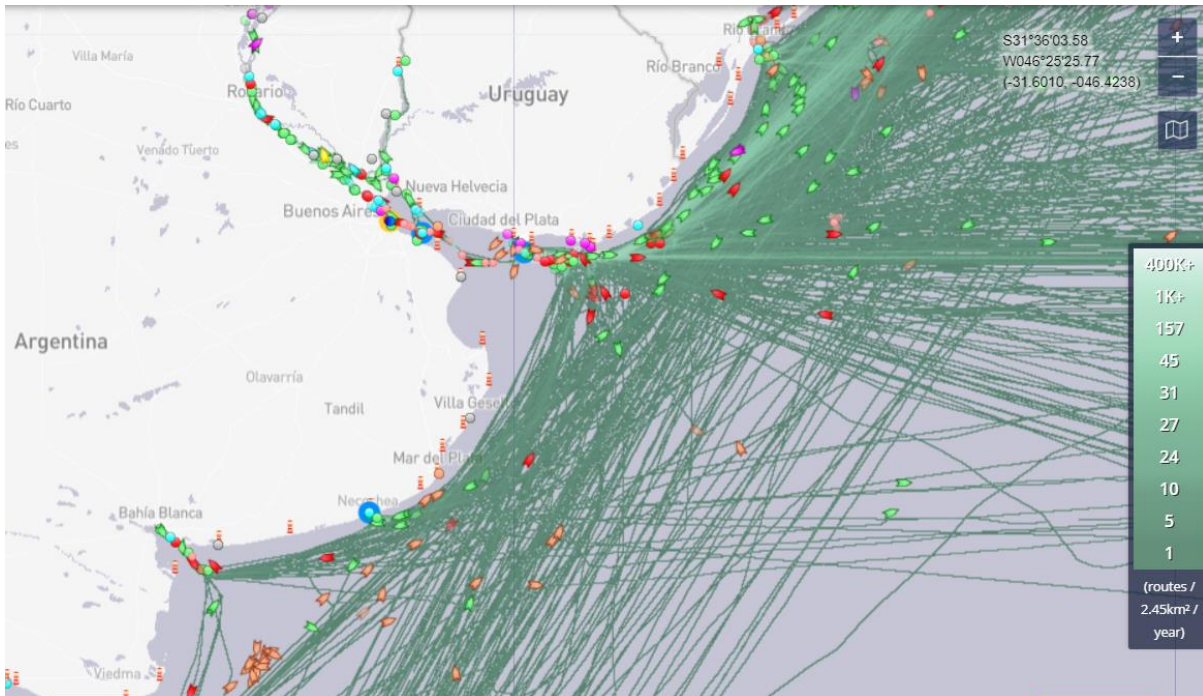


Figura 51: Densidad de buques tipo Handymax. Fuente: Marinetráfico.com Profesional Plus

La figura anterior, y la que se incluye a continuación, muestran los buques tipo handymax y handysize respectivamente. Estos buques, cuyos calados rondan los 30 a 36 pies, son los que actualmente más aprovechan su capacidad de bodega, y no es necesario que hagan completamientos de carga, por lo que la ruta entre Recalada y Bahía Blanca no se presenta como “resaltada” marcando una tendencia, como sí ocurría con los Panamax.

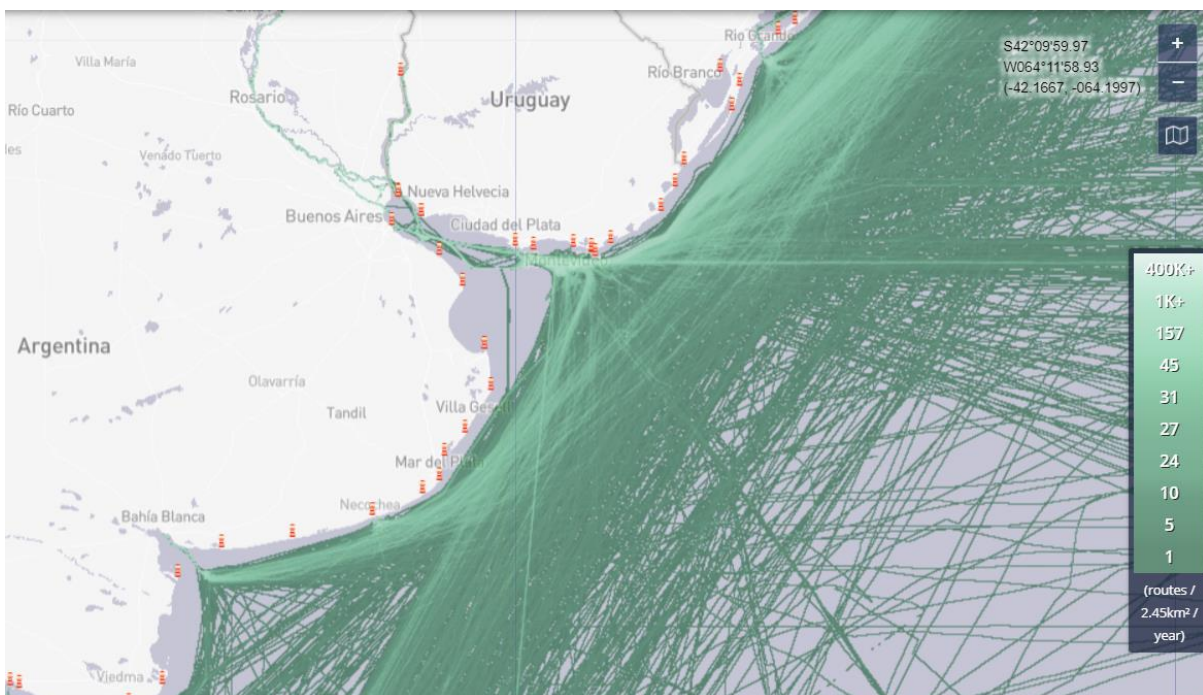


Figura 52: Densidad de buques tipo Handysize. Fuente: Marinetráfico.com Profesional Plus

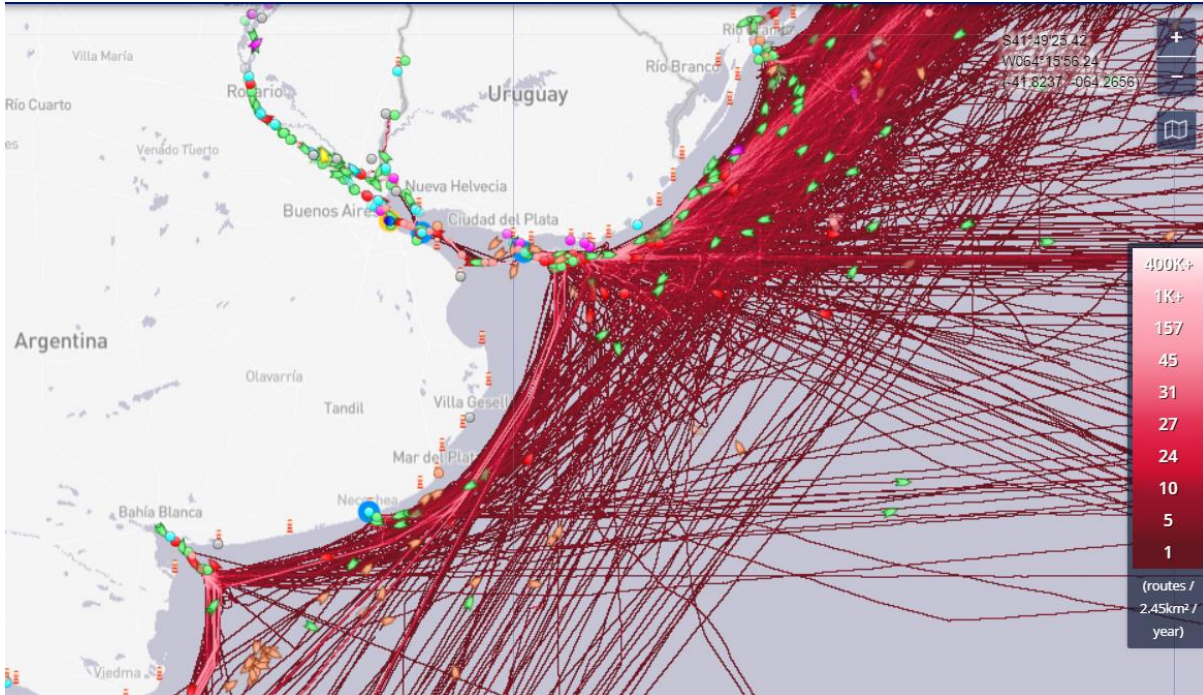


Figura 53: Densidad de buques tipo Tanker (Handymax-Panamax). Fuente: Marinetráfico.com Profesional Plus

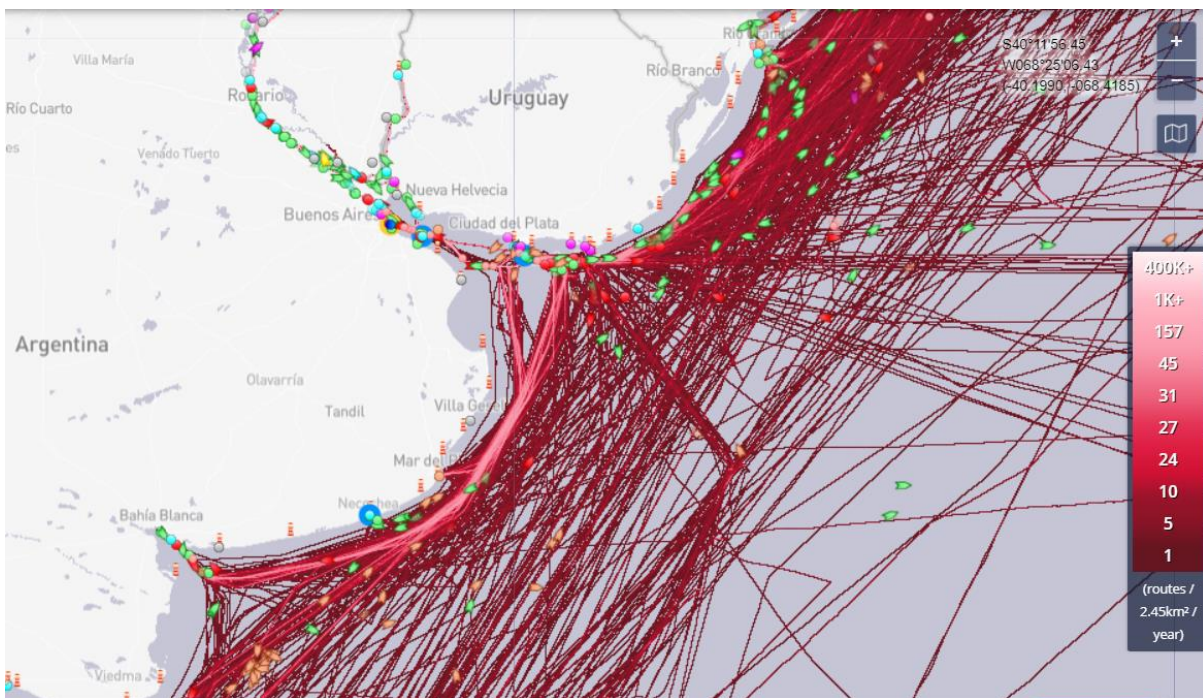


Figura 54: Densidad de buques tipo Tanker (Handysize). Fuente: Marinetráfico.com Profesional Plus

Las últimas dos figuras, muestran buques tanqueros, donde nuevamente se resalta la vinculación entre Bahía Blanca (y la zona sur también), con el ingreso a la VNT. En la figura con los buques tipo handysize (los menores entre las dos figuras) también se aprecia el ingreso desde zona beta de muchos buques, acortando la ruta sin pasar por recalada, y retomando el Canal Punta Indio Aguas abajo del Codillo. Esto se ilustra en el siguiente derrotero de un buque específico que hizo el viaje Bahía Blanca – Buenos aires.

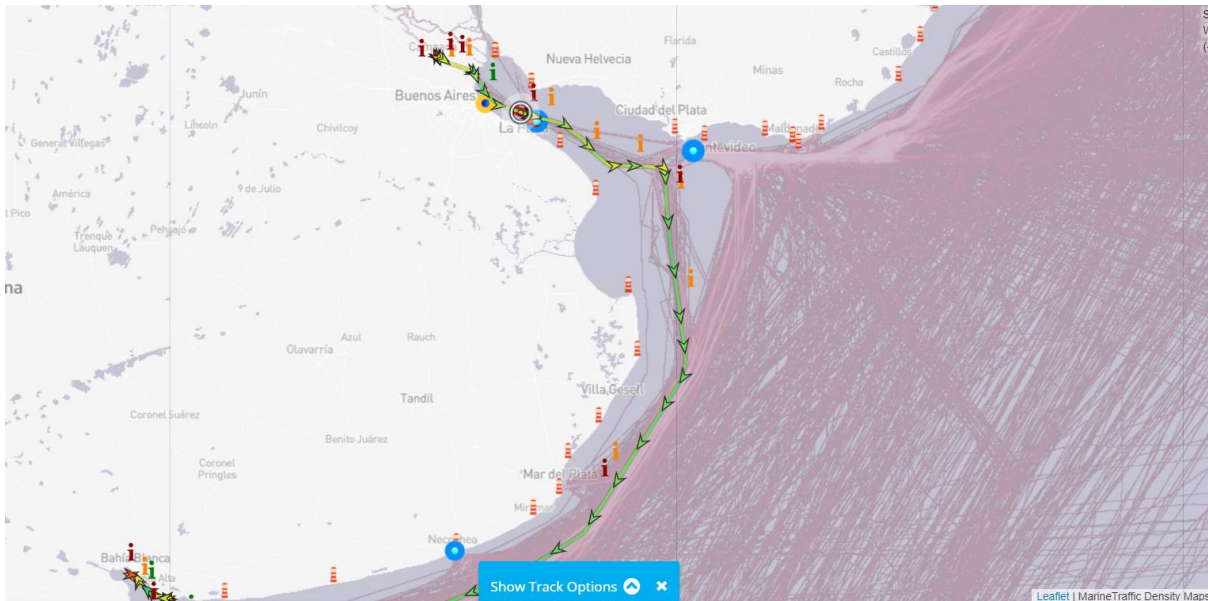


Figura 55: Derrotero buque seleccionado para análisis de viaje Bahía Blanca - Buenos Aires. Fuente: Marinetratic.com Profesional Plus

### 5.3 RUTAS Y TIEMPOS DE VIAJE

A partir de la base global MarineTraffic, con registros reales de posiciones, tiempos y velocidades para todo tipo de embarcaciones se investigaron tiempos de viaje característicos de rutas actualmente en servicio, para contribuir al análisis de los tiempos empleados desde las diferentes alternativas.

Primero se evaluaron diferentes derrotas, y se georreferenciaron las mismas, para poder comparar distancias y rutas respecto de los tiempos empleados. Este proceso se realizó para los principales tráficos ya mencionados anteriormente. Luego, se plantearon derrotas posibles, o potenciales, es decir posibles rutas que se generarían en caso de existir el Canal Magdalena como única opción de ingreso a la VNT.

Estos análisis se resumen en las siguientes figuras, superpuestas sobre una carta náutica georreferenciada. Las rutas con diferentes colores permiten diferenciar casos, que se explican a continuación. Además, se han destacado los conocidos Banco Inglés y Banco Rowan, ubicados a la salida del Río de La Plata. Cabe destacar que la zona comprendida entre ambos Bancos, es una zona actualmente con poca información específica que permita definir zonas de navegación segura. En caso de que esta zona fuera de interés para nuevas rutas, sería necesario realizar batimetrías y sondeos para determinar dicha posibilidad.

#### 5.3.1 Caso 1: Buques Graneleros

La imagen superpone rutas actuales con "rutas potenciales". Las trazas en color violeta y azul, ilustran las salidas o entradas actuales a la VNT, desde el Sur y desde el Norte. Ambas tienen como punto en común el canal Punta Indio, desde Recalada hasta el Codillo. A partir del Codillo, se ha marcado la ruta con color negro, puesto que sería un tramo común a cualquier alternativa de ingreso o egreso a la VNT. LA ruta violeta es la que realizan los buques graneleros que salen de la VNT y se dirigen al sur a completar carga (Bahía Blanca o Quequén). La ruta Azul es la que realizan los buques

que egresan de la VNT con destino a Brasil o Europa. En algunos casos, cuando el destino es Brasil la ruta se acerca un poco más a la costa, pero es irrelevante ese detalle a los efectos de este análisis. Luego se observan tres rutas más, que son suposiciones de nuevas rutas. Se observan una roja, una azul claro y una amarilla. La ruta roja, corresponde a la salida (o entrada) por el Canal Magdalena, desde y hacia el Sur de Argentina. Este caso sería el de los buques graneleros que completan carga, que en caso de existir el Canal Magdalena, cambiarían la ruta violeta (saliendo por el Canal Punta Indio) por la nueva ruta roja (Saliendo por Canal Magdalena). Finalmente las rutas celeste y amarilla son dos posibilidades de salida desde el canal Magdalena, hacia el norte. En el caso de la ruta amarilla, la misma solamente se ha incorporado para una visualización conceptual, ya que como se ha mencionado antes, la zona entre el Banco Inglés y el Banco Rowan es una zona aún sin información suficiente. Probablemente sería la ruta celeste la que resulte para la salida al norte. Esta ruta es la que se ha considerado en el análisis de los tiempos de viaje esperados.

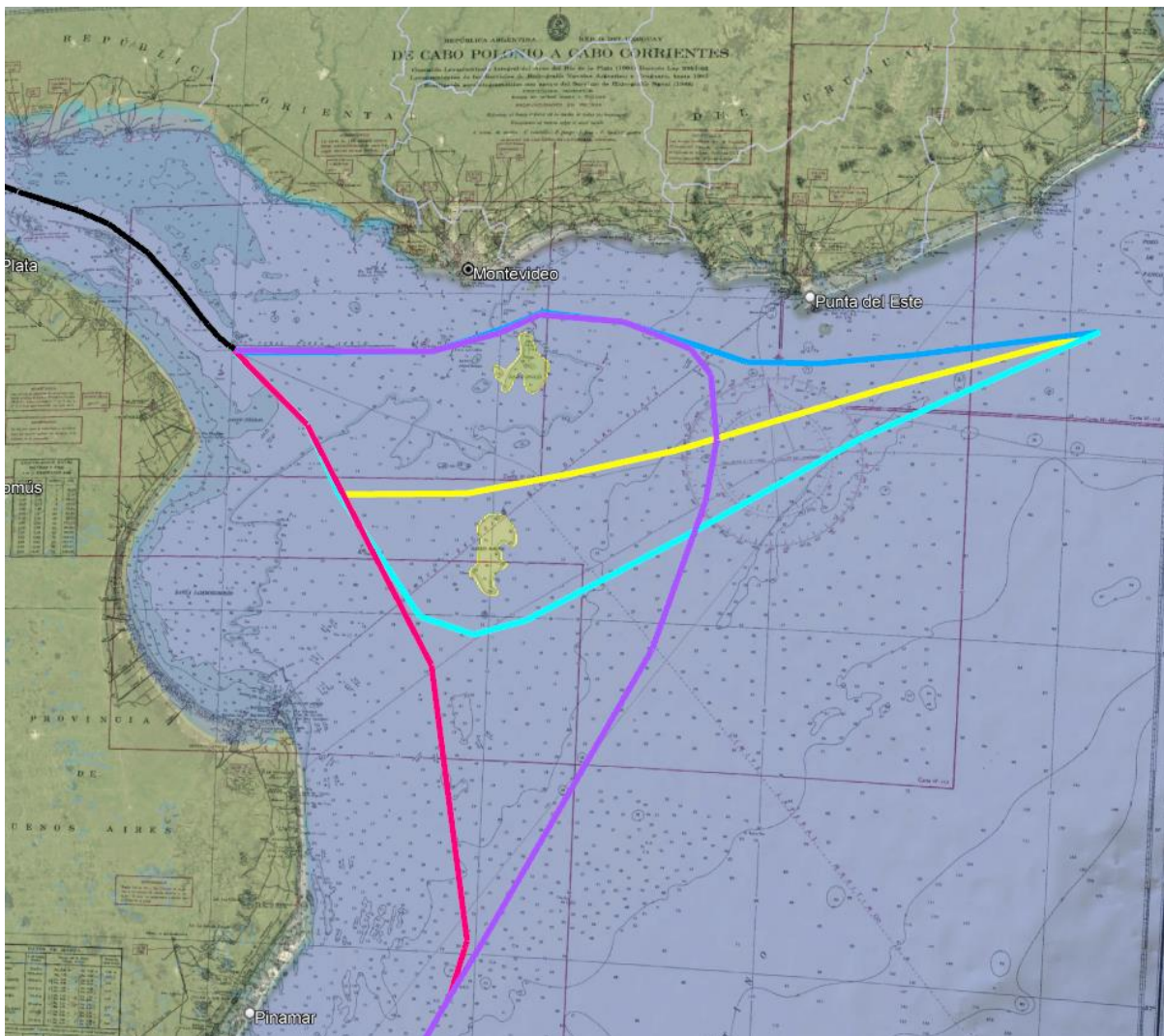


Figura 56: Derrotas actuales y potenciales, para buques graneleros. Elaboración propia sobre extracto de carta náutica georreferenciada

### 5.3.2 Caso 2: Buques Tanques

En el caso de los buques tanqueros, el mayor volumen de tráfico actual es hacia y desde el sur de Argentina, es decir conectando la VNT con Ushuaia, con la Patagonia, con Bahía Blanca. En la figura siguiente, esto corresponde al tráfico en color celeste para los buques de mayor porte, que toman el canal Punta Indio y luego retoman un rumbo sur. Además, se ha incluido una ruta en color verde, que representa la ruta que actualmente toman muchos buques de pequeño porte que conectan el sur con la VNT por zona Beta. Estas dos rutas actuales, podrían ser reemplazadas por la ruta azul oscuro, que conecta la VNT con el Sur por el Canal Magdalena.

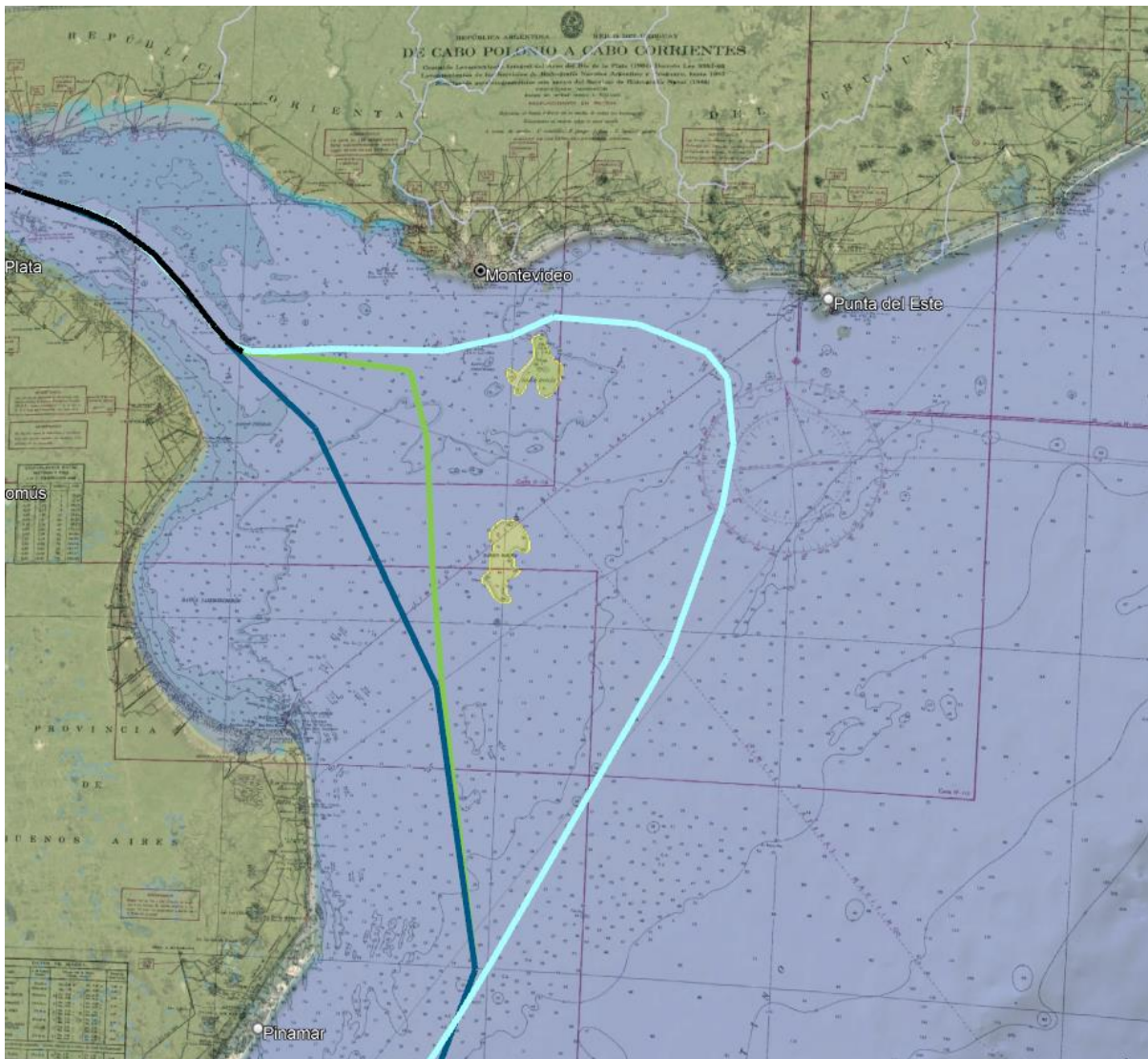


Figura 57: Derrotas actuales y potenciales, para buques tanques. Elaboración propia sobre extracto de carta náutica georreferenciada

### 5.3.3 Caso 3: Buques Portacontenedores

Las rutas de buques portacontenedores son actualmente dependientes del tráfico proveniente en gran medida de Brasil, ya que la posición de la Argentina (considerando Buenos Aires como destino representativo de las cargas) es de destino de fin de línea, por lo que se trata de buques con carga menor a la máxima. Existe también un tráfico de porta contenedores que se dirige a Ushuaia, en Tierra del Fuego, el cual no es determinante a los efectos de volumen de tráfico y que eventualmente tendría el mismo tratamiento que los buques tanqueros con destino sur, incluidos en los párrafos anteriores. La figura siguiente ilustra en color violeta, las rutas que actualmente conectan Brasil con la VNT, a través del Canal Punta Indio. Se ha incluido, como destino intermedio, a Montevideo, ya que también forma parte de las escalas en estas rutas. A partir de esto, se plantea la posibilidad de las rutas marcadas en color rojo y verde, es decir, tomando el canal Magdalena, y saliendo con rumbo norte, pudiendo o no incluir a Montevideo como escala intermedia. Nuevamente, los casos que incluyen pasaje entre los Bancos Ingles y Rowan son únicamente ilustrativos, debiendo tener un estudio posterior de factibilidad de navegación segura. De la observación de estos tráficos, se puede ver que la escala en Montevideo, tanto en sentido de ingreso a la VNT como de salida de la VNT demanda un mayor tiempo de navegación puesto que desvía los buques de las trazas óptimas.

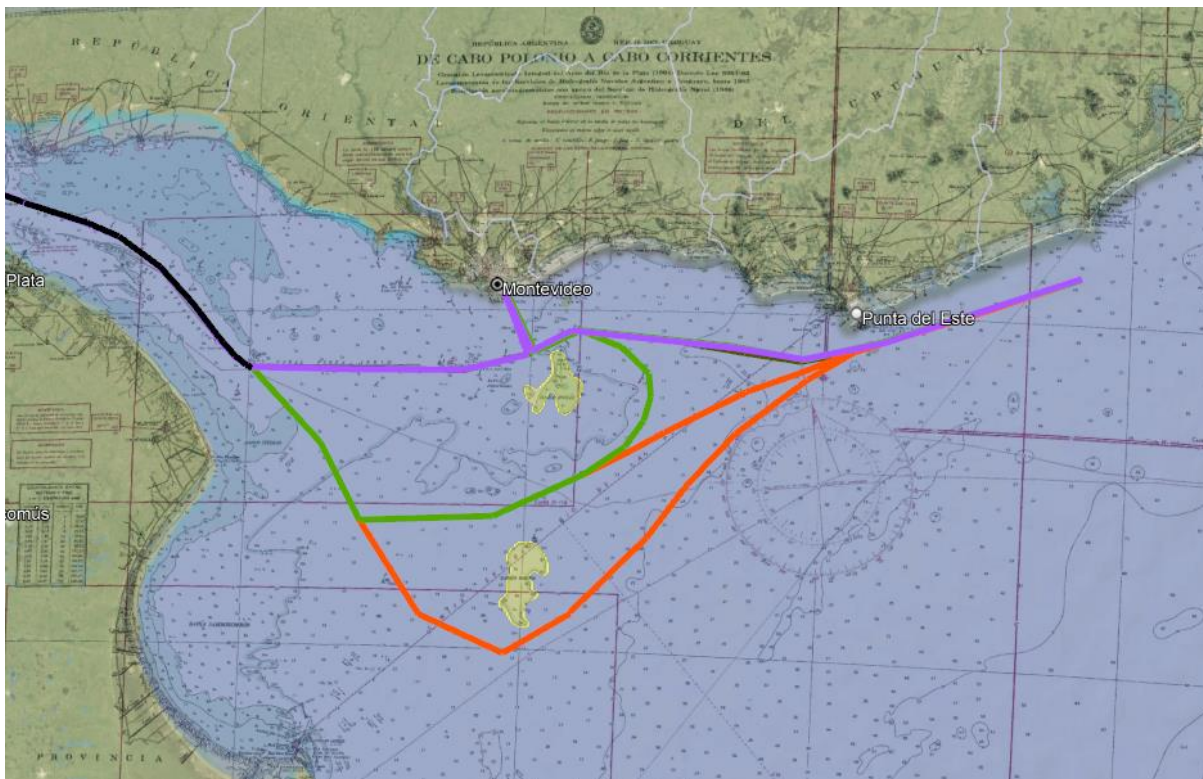


Figura 58: Derrotas actuales y potenciales, para buques portacontenedores con destino norte. Elaboración propia sobre extracto de carta náutica georreferenciada



### 5.3.4 Caso 4: Cruceros

Si bien algo se ha dicho ya sobre los cruceros, la figura siguiente muestra en color rojo la ruta que surgiría si el crucero tuviera como única salida (o ingreso) a la VNT, el Canal Magdalena y a su vez incluyera a Montevideo como parte de sus escalas. Este caso que se ilustra sería el más modificado respecto de la derrota actual, ya que sumaría horas de navegación. La ruta verde, como se ha mencionado en otra oportunidad, solo está indicada a los efectos ilustrativos por estar entre los Bancos inglés y Rowan, y la ruta violeta es la que actualmente realizan los cruceros. No se han incluido en esta imagen los cruceros que se dirigen al sur (antárticos, por ejemplo) ya que, salvo en los casos en que incluyan a Montevideo, el destino sur saliendo del Canal Magdalena tiene una derrota similar a la ya vista para buques tanque.

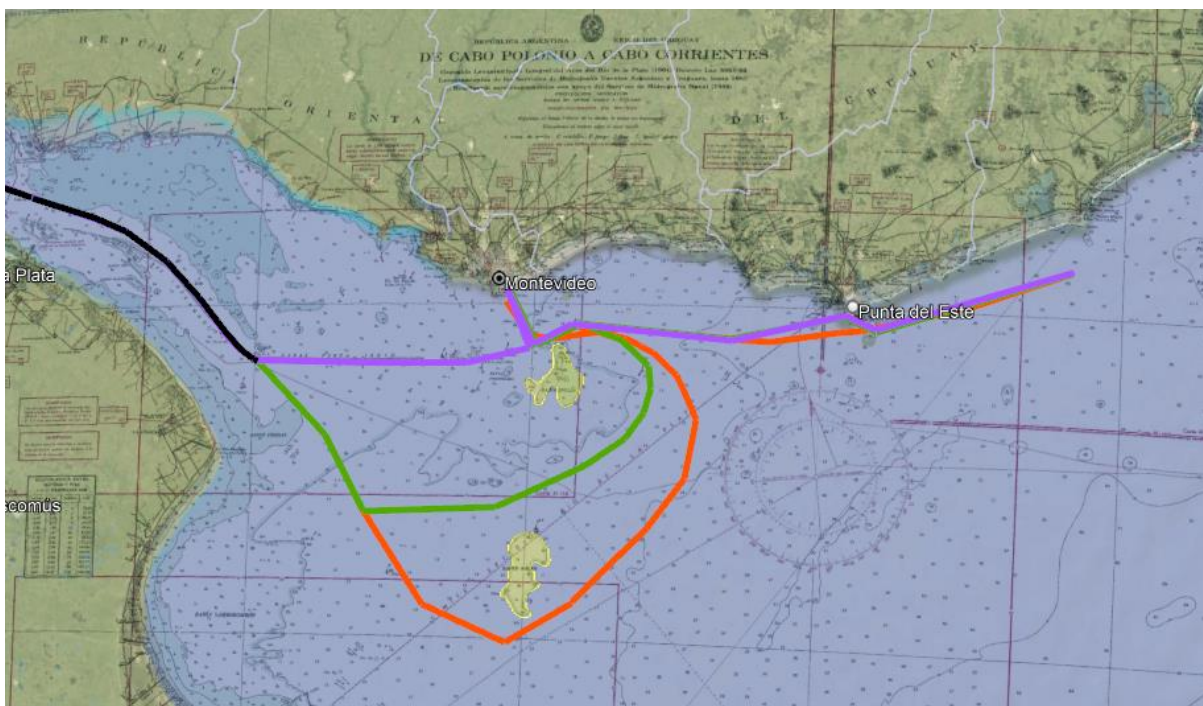


Figura 59: Derrotas actuales y potenciales, para cruceros con destino norte. Elaboración propia sobre extracto de carta náutica georreferenciada

Para los principales tráficos se han resumido algunos resultados de horas de viaje en una y otra alternativa (Canal Punta Indio y Canal Magdalena). Se estimaron a partir de las rutas antes mostradas, sobre una base de distancias representativas y asumiendo velocidades promedio de navegación.

< 0 implica ahorro de tiempo  
> 0 (aumenta el tiempo)

Análisis de rutas	Por Canal Punta Indio		Por Canal Magdalena		Diferencia por usar Magdalena
	distancia	horas	distancia entre bancos	horas	
<b>Buques Graneleros</b>					
QUE SI COMPLETAN EN BB Tramo Codillo - rada BB.	952	42,9	796	35,9	-7,0
QUE NO COMPLETAN Tramo Codillo - Salida a Europa o Brasil	289	13,1	350	15,8	2,7
<b>Buques tanqueros</b>					
Buques que usan canal Recalada LP - BB	1067	48,1	913	41,1	-7,0
Buques que actualmente usan zona Recalada BB			944	42,5	
<b>Buques Portacontenedores</b>					
Brasil - Argentina (sin pasar por MTVD)	411	18,5	487	22	3,5
Brasil - MVD - ARG	450	20,3	600	27	6,7
<b>Cruceros</b>					
Se asume BA-MVD-PDE-BR	450	20,3	577	42,9	22,6

Tabla 34: Estimación horas de viaje por alternativa de canal. Fuente: elaboración propia en base a resultados obtenidos con MT.

Los resultados obtenidos, fueron consultados con capitanes y prácticos que usan o han utilizado las rutas actuales, los cuales validaron las hipótesis, inclusive las que indican que la región entre los bancos de menor profundidad es poco precisa para la información disponible.

## 6 ESTUDIOS ECONOMICOS Y FINANCIEROS

El objetivo del estudio es establecer, a través de un análisis beneficio costo, la factibilidad económica de la construcción del Canal Magdalena y la viabilidad financiera con un sistema tarifario.

### 6.1 ALTERNATIVAS ANALIZADAS

La situación sin proyecto, es decir sin la construcción del Canal Magdalena, contempla dos escenarios: el SNT funcionando a 34 y a 38 pies de calado aprovechable. La situación con proyecto, es decir con la construcción del Canal Magdalena, ofrece dos opciones: 1) se construye el Canal Magdalena y se deja de dragar el Canal Punta Indio, y 2) el sistema funciona con dos canales alternativos, el Punta Indio más el nuevo Canal Magdalena. El ahorro de costos de navegación que se consigue con cada una de las opciones que incluye la situación con Proyecto, se calcula contra el costo con todos los tráficos navegando por el Canal Punta Indio, que se asume como situación sin proyecto.

### 6.2 ESTIMACIÓN DE LOS BENEFICIOS

Como se mencionó, el beneficio directo atribuible a la construcción del Canal Magdalena es el ahorro de tiempo de navegación que registrarán algunos de los viajes que realizan los buques que entran y salen del SNT.

Para estimar este beneficio fue necesario determinar:

- la proyección de las cargas que se transportarán por el SNT;
- el movimiento total de buques que entran y salen del SNT, clasificados en cuatro grandes tipos de carga;
- la clasificación de dichos viajes según el origen, para los que entran y el destino, para los que salen;
- el tiempo de navegación, desde cada origen y hacia cada destino, saliendo o entrando, por el Canal Punta Indio o por el Canal Magdalena;
- el ahorro del tiempo de navegación en el caso de contar solo con el Canal Magdalena, o contando con la posibilidad de utilizar ambos canales;
- el ahorro de costos que representa la disminución del tiempo de navegación.

#### 6.2.1 Proyección de las cargas

Asumiendo un periodo de análisis de 15 años y los plazos previstos para licitar y ejecutar las obras, el horizonte de proyección adoptado contempló las siguientes fechas:

Hito	Año
Inicio de las obras	2023
Habilitación de la 1er etapa (34 pies)	2025
Habilitación de la 2da etapa (38 pies)	2027
Fin del periodo de evaluación	2037

Tabla 35: Fechas asumidas para la evaluación. Fuente: elaboración propia.

La proyección de las cargas por tipo de buque se extrajo del estudio Proyecciones de Carga por Agua, escenarios para los años 2020, 2025 y 2030, elaborado por la Dirección Nacional de Planificación del Transporte de Carga y Logística (DNPTCL) cuyos valores aparecen resumidos en la siguiente tabla.

Año	Miles de toneladas	Variación
2017	110.238	
2020	120.643	9,4%
2025	136.345	13,0%
2030	149.900	9,9%

Tabla 36: Proyección de las cargas que serán transportadas por el SNT. Fuente: en base a resultados de la DNTCyL.

Las cifras previstas en el estudio citado para el año 2020, no se cumplieron. La importante caída del nivel de actividad económica registrada en el 2020, 9,9%, se tradujo en una disminución del volumen de la carga transportada por el SNT. Esto obligó a ajustar las previsiones efectuadas. A tal efecto se recurrió a los datos sobre el embarque y desembarque de mercaderías en los puertos del SNT, que recopila la Administración General de Puertos (AGP), los mismos que se usaron de base para las proyecciones de DNTCyL. La evolución registrada por dichos movimientos se puede observar en la tabla que sigue.

Período	Crecimiento
2018-2017	7,4%
2019-2018	10,8%
2020-2019	-13,7%
2017-2020	2,6%

Tabla 37: Movimientos de cargas por los puertos del SNT. Fuente: AGP.

Según los datos de la tabla, el volumen de cargas transportados por el SNT en el año 2020 fue solo un 2,6% mayor al registrado en el año 2017. Utilizando esta tasa, se ajustó la proyección del movimiento de cargas del año 2020 y se amplió el periodo de análisis, incluyendo dos etapas más, 2035 y 2040, manteniendo constante el crecimiento previsto para el ciclo 2025-2030. Los valores obtenidos se pueden apreciar en la tabla siguiente.

Año	Miles de toneladas	Variación
2017	110.238	
2020	113.131	2,6%
2025	127.786	13,0%
2030	140.469	9,9%
2035	154.417	9,9%
2040	169.757	9,9%

Tabla 38: Proyección de las cargas que serán transportadas por el SNT. Fuente: en base a resultados de la DNTCyL.

## 6.2.2 Movimiento de buques clasificados por origen y destino

Una vez proyectadas las cargas, para estimar el ahorro en tiempos de navegación se necesitaba determinar el destino/origen de dichas cargas y la distribución por tamaño de buque. Tomando como fuentes a la Dirección Nacional de Transporte de Carga y Logística, al Instituto de Estadística y Censos (INDEC), a la Administración General de Puertos (AGP) la clasificación de los buques que salen, por destino y de los que entran, por origen, y el tamaño de los buques utilizados, puede consultarse en las tablas que siguen.

Destino/ origen	%	Tamaño de buque				
		Panamax	Supramax	Handymax	Handysize	Total
BB	18%	52%	48%	0%	0%	100%
Santos	5%	52%	48%	0%	0%	100%
Brasil	10%	0%	0%	69%	31%	100%
Chile	6%	42%	38%	14%	6%	100%
M.O.	10%	42%	38%	14%	6%	100%
África	16%	42%	38%	14%	6%	100%
Europa	20%	42%	38%	14%	6%	100%
Australia	2%	42%	38%	14%	6%	100%
Sudeste	14%	52%	48%	0%	0%	100%
Total	100%	41%	38%	14%	6%	

Tabla 39: Distribución de la carga por destino y tamaño de buque: Granel agrícola. Fuente: en base a resultados de DNTCyL, INDEC y AGP.

Destino/ origen	%	Tamaño de buque				
		Panamax	Supramax	Handymax	Handysize	Total
BB	8%	0%	0%	8%	92%	100%
Santos	19%	0%	0%	8%	92%	100%
Brasil	45%	11%	89%	0%	0%	100%
Chile	5%	11%	89%	0%	0%	100%
M.O.	9%	11%	89%	0%	0%	100%
África	13%	11%	89%	0%	0%	100%
Total	100%	8%	65%	2%	25%	100%

Tabla 40: Distribución de la carga por destino y tamaño de buque: Tanque agrícola. Fuente: en base a resultados de DNTCyL, INDEC y AGP.

Destino/ origen	%	Tamaño de buque				
		Panamax	Supramax	Handymax	Handysize	Total
Brasil	56%	26%	21%	31%	22%	100%
Perú	3%	0%	0%	59%	41%	100%
Venezuela	3%	0%	0%	59%	41%	100%
USA	11%	56%	44%	0%	0%	100%
BB	15%	56%	44%	0%	0%	100%
Europa	8%	56%	44%	0%	0%	100%
Australia	3%	56%	44%	0%	0%	100%
Total	100%	36%	29%	21%	15%	100%

Tabla 41: Distribución de la carga por destino y tamaño de buque: Granel no agrícola. Fuente: en base a resultados de DNTCyL, INDEC y AGP.

Destino/ origen	%	Tamaño de buque				
		Panamax	Supramax	Handymax	Handysize	Total
Venezuela	18%	25%	48%	2%	26%	100%
Perú	7%	25%	48%	2%	26%	100%
BB	75%	25%	48%	2%	26%	100%
Total	100%	25%	48%	2%	26%	100%

Tabla 42: Distribución de la carga por destino y tamaño de buque: Tanque no agrícola. Fuente: en base a resultados de DNTCyL, INDEC y AGP.

El movimiento de buques en el SNT, depende del movimiento de cargas y, a su vez, del aprovechamiento de la capacidad de diseño de los buques, que es función de la profundidad de la vía. La capacidad de aprovechamiento considerada para este análisis se encuentra volcada en la siguiente tabla.

Tamaño de buque	Buque Granelero				Buque Tanque			
	34 p	36 p	38 p	40 p	34 p	36 p	38 p	40 p
Panamax	48,0	52,0	56,0	60,0	46,0	49,0	52,0	55,0
Supramax	39,0	42,0	45,0	48,0	37,0	39,5	42,0	44,5
Handymax	33,0	35,0	37,0	39,0	31,0	33,0	35,0	37,0
Handysize	22,0	22,0	22,0	22,0	19,0	20,0	21,0	22,0

Tabla 43: Aprovechamiento de la capacidad de bodega (miles de ton) según la profundidad de la vía (pies). Fuente: elaboración propia.

Combinando la proyección de las cargas, con la estructura de distribución por origen/destino y tamaño de buques se obtuvo el movimiento total de buques por origen/destino, para cada profundidad. Los valores se encuentran volcados en la siguiente tabla. En la misma se observa si bien se estiman proyecciones positivas en el número de buques en la VNT, y proyecciones de aumentos en el volumen esperado de cargas, al considerarse una profundización de la vía navegable, entre el escenario 2025 y el escenario 2030, se produce una disminución en el número de viajes.

Tipo de carga	Destino	34 pies	38 pies		
		2025	2030	2035	2040
Granel agrícola	BB	337	323	355	391
	Santos	94	90	99	109
	Brasil	168	167	183	202
	Chile	104	100	110	121
	M.O.	182	174	192	211
	África	294	282	310	342
	Europa	379	363	399	439
	Australia	37	35	39	43
	Sudeste	277	260	286	314
Tanque agrícola	Venezuela	24	21	25	28
	Perú	55	50	59	65
	S.A.	130	114	136	148
	África	15	13	16	17
	Europa	26	23	27	29
	EEUU	39	34	40	44
Granel no agrícola	Brasil	117	105	131	146
	Perú	6	6	7	8
	Venezuela	6	6	7	8
	EEUU	22	19	24	26
	BB	32	28	34	38
	Europa	17	15	18	20
	Australia	6	6	7	8
Tanque no agrícola	Venezuela	136	121	144	156
	Perú	52	46	55	60
	BB	555	492	585	638
Porta contenedores	Ptos. del Sur	125	132	139	146
	Uruguay y Brasil	499	526	555	585
Cruceros	Ptos. del Sur	6	7	8	9
	Uruguay y Brasil	113	131	152	176

Tabla 44: Cantidad de buques clasificados según la carga y el origen o destino. Fuente: elaboración propia en base a resultados de DNTCyL, INDEC y AGP.

Como se desprende de la tabla, el buque más representativo de los que navegan por el Sistema es el granelero, cuya participación alcanza casi al 50% del movimiento total. El 99% del TRN equivalente de los buques graneleros corresponde a movimientos de tráfico internacional, donde se incluyen los que van a completar a carga a Bahía Blanca o Quequén, 12% del total. Los buques graneleros, registrarán esloras de entre 160 y 260 metros.

El segundo tipo de embarcación más representativo es el buque tanque, cuya participación equivale al 27% del movimiento total. A diferencia de los graneleros, el porcentaje de buques afectados tráficos de cabotaje nacional es significativo. De hecho, el 75% del TRN equivalente de tráfico de cabotaje nacional, corresponde a buques tanque.

De los mil buques tanque, unos 200, el 20%, son aceiteros, todos ellos afectados al tráfico internacional. La eslora media de los buques aceiteros alcanza a 165 m, con un máximo de 190 y un mínimo de 110 m.

La tercera categoría en cantidad de unidades corresponde a los buques portacontenedores, que representan el 15% del total, y son, junto a los cruceros y a los gaseros, los buques más grandes que navegan por el sistema. El TRN medio de los portacontenedores es un 80% más grande que el de los graneleros. Si se observa el TRN equivalente medio, la diferencia con respecto a los graneleros es menor, 29,9%.

Los portacontenedores que ingresan anualmente al Sistema lo hacen como buques de línea y están poco influenciados por la disponibilidad local de carga a transportar. La eslora media de los buques portacontenedores alcanza a 250 m, con un máximo de 320 y un mínimo de 110 m. En promedio transportan 6.000 TEUs, con algunos buques que transportan hasta 10.000 TEUs.

En último término, con respecto a los Cruceros Turísticos, entran al Puerto de Buenos Aires algo más de 100 buques por año, que en promedio trasladan unos 2.100 pasajeros, con 50.000 toneladas de registro neto, con algunos buques que alcanzan a 115.000 TRN.

### 6.2.3 Tiempos de navegación en las situaciones sin y con proyecto

Se estimó el tiempo de navegación, hacia cada destino y desde cada origen, en las distintas situaciones, considerando:

- a) la utilización del Canal Punta Indio (para entrar y salir);
- b) la utilización del Canal Magdalena (para entrar y salir);
- c) la utilización del Canal que, según el punto de origen y destino, minimiza el tiempo de navegación.

Para estimar la derrota y el tiempo de navegación se trabajó con la información real de derrotas provista por Marine Traffic. Los resultados obtenidos, para los movimientos del año 2025 a 34 pies de calado aprovechable en ambos canales, se encuentran volcados en la siguiente tabla. La tabla indica, en las columnas A y B, los tiempos que toma cada uno de esos viajes, por cada uno de los dos canales (Punta Indio o Magdalena). La columna B, a su vez, representa el caso de Escenario 1, donde sólo existe el Canal Magdalena. Luego la columna C, considera que, en caso de existir los dos canales en forma simultánea, los buques tomarían aquel que les lleve menos tiempo, y por este motivo, se eligen los tiempos asociados al canal más conveniente. Las columnas D y E consideran los “ahorros” generados por el Canal Magdalena, en cada escenario. La columna D corresponde al escenario del Canal Magdalena como única opción, y por este motivo, en algunos casos los “ahorros” son negativos, es decir que implican mayor tiempo de navegación al disponerse de esta única opción de salida. La columna E, que contempla los dos canales coexistiendo, a veces arroja ahorros valores nulos (iguales a cero) en todos los casos en los que los buques no eligen el Magdalena y eligen el Punta Indio. Finalmente la columna F muestra los totales de viajes estimados, y las columnas G y H totalizan los ahorros.



Tipo de carga	Destino	A		B	C = Mín (A;B)	D = A - B	E	F	G = D x F	H = E x F
		Tiempos brutos de viaje por cada canal [días]		Caso 2 canales alternativos Toma el menor tiempo	Ahorros asociados al Canal Magdalena Escenario 1 (Solo CM)	Escenario 2 (CPI + CM)	Cantidad de viajes por año	Ahorro de tiempo de viaje (total de días)		
		P.Indio	C.Magd.					Escenario 1 (Solo CM)	Escenario 2 (CPI + CM)	
Granel agrícola	BB	3 días	2,71 días	2,71 días	0,29 días	0,29 días	337	98 días	98 días	
	Santos	4 días	4,05 días	4 días	-0,05 días	0 días	94	-4 días	0 días	
	Brasil	4 días	4,06 días	4 días	-0,06 días	0 días	168	-11 días	0 días	
	Chile	11 días	10,71 días	10,71 días	0,29 días	0,29 días	104	30 días	30 días	
	M.O.	46 días	46,05 días	46 días	-0,05 días	0 días	182	-8 días	0 días	
	África	15 días	15,05 días	15 días	-0,05 días	0 días	294	-13 días	0 días	
	Europa	22 días	22,05 días	22 días	-0,05 días	0 días	379	-17 días	0 días	
	Australia	25 días	25,05 días	25 días	-0,05 días	0 días	37	-2 días	0 días	
Tanque agrícola	S.A.	33 días	33,05 días	33 días	-0,05 días	0 días	277	-13 días	0 días	
	Venezuela	33 días	32,71 días	32,71 días	0,29 días	0,29 días	24	7 días	7 días	
	Perú	16 días	15,71 días	15,71 días	0,29 días	0,29 días	55	16 días	16 días	
	S.A.	33 días	33,05 días	33 días	-0,05 días	0 días	130	-6 días	0 días	
	África	15 días	15,05 días	15 días	-0,05 días	0 días	15	-1 días	0 días	
	Europa	21 días	21,05 días	21 días	-0,05 días	0 días	26	-1 días	0 días	
Granel no agrícola	EEUU	20 días	19,71 días	19,71 días	0,29 días	0,29 días	39	11 días	11 días	
	Brasil	4 días	4,06 días	4 días	-0,06 días	0 días	117	-7 días	0 días	
	Perú	16 días	16,05 días	16 días	-0,05 días	0 días	6	0 días	0 días	
	Venezuela	33 días	32,71 días	32,71 días	0,29 días	0,29 días	6	2 días	2 días	
	EEUU	22 días	21,71 días	21,71 días	0,29 días	0,29 días	22	6 días	6 días	
	BB	4 días	3,71 días	3,71 días	0,29 días	0,29 días	32	9 días	9 días	
	Europa	22 días	22,05 días	22 días	-0,05 días	0 días	17	-1 días	0 días	
Tanque no agrícola	Australia	25 días	25,05 días	25 días	-0,05 días	0 días	6	0 días	0 días	
	Venezuela	33 días	32,71 días	32,71 días	0,29 días	0,29 días	136	40 días	40 días	
	Perú	16 días	15,71 días	15,71 días	0,29 días	0,29 días	52	15 días	15 días	
Porta Contenedor	BB	2 días	1,71 días	1,71 días	0,29 días	0,29 días	555	162 días	162 días	
	Ptos. del Sur	6 días	5,71 días	5,71 días	0,29 días	0,29 días	125	36 días	36 días	
Cruceiros	Uruguay y Bra:	5 días	5,06 días	5 días	-0,06 días	0 días	499	-31 días	0 días	
	Ptos. del Sur	6 días	5,71 días	5,71 días	0,29 días	0,29 días	6	2 días	2 días	
Cruceiros	Uruguay y Bra:	4 días	4,24 días	4 días	-0,24 días	0 días	113	-27 días	0 días	
	<b>TOTAL</b>				<b>2,75 días</b>	<b>3,77 días</b>	<b>3853 días</b>	<b>292 días</b>	<b>435 días</b>	

Tabla 45: Tiempo de navegación (días) año 2025 a 34 pies de calado aprovechable. Fuente: elaboración propia en base a datos de MT.

Como se desprende de la tabla, para el escenario 1, es decir con todos los buques saliendo por el Canal Magdalena, se registraría un ahorro en tiempo de navegación de 292 días. Con el escenario 2, es decir pudiendo elegir en cada caso por la ruta más conveniente, el ahorro de tiempo de navegación alcanza a 435 días ya que existen menos pérdidas de tiempo por camino menos conveniente. Cuando se habla de ahorros, los mismos deben entenderse como beneficios asociados al proyecto, pero donde siempre se comparan los dos escenarios, es decir la existencia del canal Magdalena solo, o bien la existencia conjunta del Canal Magdalena con el Canal Punta Indio. En el caso del Canal Magdalena como única opción, los “ahorros” en el sistema son menores que en el caso de los dos canales coexistiendo, ya que lógicamente, cuando hay alternativas, cada buque elegirá el canal que le implique menores tiempos de navegación en función del destino al que salga, o bien desde el origen al que llegue a la VNT.

### 6.2.4 Costos de navegación en las situaciones sin y con proyecto

Para determinar el costo de navegación, en las situaciones sin y con proyecto, además del tiempo de navegación se necesitó estimar el costo por día de navegación.

Para establecer el costo por día de navegación de los buques, se necesitó conocer:

- a) costo del buque;
- b) costo del combustible;
- c) costo de la tripulación;
- d) otros costos

A continuación, se desarrolla el procedimiento adoptado para estimar cada uno de ellos.

#### 6.2.4.1 Costo del buque

El precio de los buques se extrajo del para el caso del Handysize, Handymax, Supramax y Panamax, del Programa “MECTA V9” de la Dirección Nacional de Transporte de Carga y Logística, del Ministerio de Transporte. El precio del Portacontenedores y del Crucero, se estimó a partir de información extraída de sitios y publicaciones especializadas, ajustada al tamaño medio de los buques que entraron al Sistema entre los años 2017 y 2020. Los valores adoptados se resumen en el siguiente cuadro.

Tipo de buque	Millo. de u\$s
Panamax	40,10
Supramax	36,40
Handymax	30,75
Handysize	25,50
Conteiner	79,80
Crucero	365,00

Tabla 46: Valor del buque. Fuente: modelo “MECTA V9”, e información de sitios especializados.

Para establecer el costo del buque por día se trabajó con el costo anual equivalente (CAEb) de los distintos tipos de buques considerados, que se estimó de la siguiente manera:

$$CAEb = VB * \left( \frac{0,05}{1 - \left( \frac{1}{1 + 0,05} \right)^{25}} \right)$$

Donde:

CAEb: costo anual equivalente del buque.

VB: valor del buque.

Vida útil del buque: 25 años.

Tasa de descuento: 5%.

En base al costo de los buques, la vida útil, la tasa de descuento adoptada y la cantidad de días de utilización por año, se calculó el costo anual equivalente para cada tipo de buque, que a continuación se detalla.

Concepto	Panamax	Supramax	Handymax	Handysize	Containerero	Crucero
Costo de Buque (mil. de u\$s)	40,1	36,4	30,75	25,5	79,8	365,0
Vida útil (años)	25	25	25	25	25	25
Tasa de Descuento	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Costo anual equivalente (u\$s)	2.845.000	2.583.000	2.182.000	1.809.000	5.662.000	25.900.000
Días de operación	329	329	329	329	329	329
Costo/día (u\$s)	8.647	7.851	6.632	5.498	17.210	78.723

Tabla 47: Costo del buque por día de navegación. Fuente: elaboración propia en base a datos de modelo "MECTA V9", e información de sitios especializados.

#### 6.2.4.2 Combustible

El costo de combustible, por día de navegación, según el tipo de buque, se estimó en base al consumo y al precio del combustible, a partir de valores del Modelo "MECTA V9". Los valores adoptados se encuentran volcados en el siguiente cuadro.

Concepto	Panamax	Supramax	Handymax	Handysize	Containerero	Crucero
Combustible /día (Ton)	34,0	24,6	21,6	17,9	36,4	43,5
Precio(u\$s/Ton)	600	600	600	600	600	600
Costo/día (u\$s)	20.400	14.781	12.970	10.761	21.819	26.127

Tabla 48: Costo de combustible utilizado por día de navegación. Fuente: elaboración propia en base a datos de modelo "MECTA V9", e información de sitios especializados.

#### 6.2.4.3 Tripulación

Para establecer el costo de la tripulación por día se trabajó con un valor promedio para todas los tipos de embarcaciones. A continuación se muestra el costo diario.

Concepto	Handysize
Tripulación /año (u\$s)	1.200.000
Días de operación	329
Costo/día (u\$s)	3.647

Tabla 49: Costos de la tripulación por día de navegación. Fuente: elaboración propia en base a datos de modelo "MECTA V9".

#### 6.2.4.4 Otros costos

Este ítem otros costos incluye servicios auxiliares, víveres para la tripulación, insumos para el buque (cabos, repuestos, etc.), tratamiento de residuos, servicios de comunicación y gastos generales. A continuación se detallan los otros costos por día por tipo de buque.

Concepto	Panamax	Supramax	Handymax	Handysize	Containerero	Crucero
Otros costos (u\$s)	766.699	717.332	642.762	573.407	1.124.851	1.217.300
Días de operación	329	329	329	329	329	329
Costo/día (u\$s)	2.334	2.184	1.957	1.746	3.419	3.700

Tabla 50: Otros costos de operación por día de navegación. Fuente: elaboración propia en base a datos de modelo "MECTA V9", e información de sitios especializados.

Integrando los valores del buque, de combustible, de la tripulación y otros costos, se definió el costo por día de navegación, que a continuación se detalla.

Costo/día (u\$s)	Panamax	Supramax	Handymax	Handysize	Container	Crucero
Costo de Buque	8.647	7.851	6.632	5.498	17.210	78.716
Combustible	20.400	14.781	12.970	10.761	21.819	26.127
Tripulación	3.647	3.647	3.647	3.647	3.647	3.647
Otros costos	2.334	2.184	1.957	1.746	3.419	3.700
<b>Total</b>	<b>37.873</b>	<b>31.046</b>	<b>27.388</b>	<b>23.461</b>	<b>51.756</b>	<b>138.088</b>

Tabla 51: Costo total por día de navegación. Fuente: elaboración propia en base a datos de modelo "MECTA V9", e información de sitios especializados.

### 6.2.5 Costo medio diario del buque según el destino

Partiendo del costo diario por tipo de buque y teniendo en cuenta la distribución de buques por tipo, de cada carga, se estimó el costo medio por día de navegación, que se encuentra volcada en la siguiente tabla.

Tipo de carga	Destino	Tipo de buque						Costo medio ponderado u\$/día
		Panamax	Supramax	Handy-max	Handy-size	Porta contenedor	Crucero	
Granel agrícola	BB	174	163	0	0			34.567
	Santos	48	45	0	0			34.567
	Brasil	0	0	120	48			26.260
	Chile	43	41	15	6			32.934
	M.O.	75	71	25	10			32.934
	África	122	115	41	17			32.934
	Europa	157	147	53	21			32.934
	Australia	15	14	5	2			32.934
	Sudeste	143	134	0	0			34.567
Tanque agrícola	Venezuela	0	0	2	22			23.764
	Perú	0	0	4	51			23.764
	S.A.	14	116	0	0			31.776
	África	2	13	0	0			31.776
	Europa	3	23	0	0			31.776
	EEUU	4	35	0	0			31.776
Granel no agrícola	Brasil	31	25	36	25			30.064
	Perú	0	0	4	3			25.782
	Venezuela	0	0	4	3			25.782
	EEUU	12	10	0	0			34.842
	BB	18	14	0	0			34.842
	Europa	10	8	0	0			34.842
	Australia	4	3	0	0			34.842
Tanque no agrícola	Venezuela	34	65	2	35			30.708
	Perú	13	25	1	13			30.708
	BB	138	264	9	144			30.708
Porta contenedor	Ptos.del Sur					125		51.756*
	Uruguay y Brasil					499		51.756*
Crucero	Ptos.del Sur						6	138.088*
	Uruguay y Brasil						113	138.088*

\*Se trabajó con un único costo promedio para todos los buques.

Tabla 52: Distribución de buques por tipo según el destino y costo medio por día de navegación para el promedio ponderado de los buques. Fuente: elaboración propia.

### 6.2.6 Ahorro de costos de navegación

Aplicando, al ahorro de tiempo de navegación, el costo medio por buque correspondiente a cada carga, se estimó el ahorro total, para cada opción, que aparece volcado en la siguiente tabla.

Tipo de carga	Destino	Ahorro de días		Costo por día de navegación	Ahorro de costo	
		1 Canal	2 Canales		1 Canal	2 Canales
Granel agrícola	BB	98	98	34.567	3.396	3.396
	Chile	-4	0	34.567	-148	0
	S.A.	-11	0	26.260	-276	0
	M.O.	30	30	32.934	1.004	1.004
	África	-8	0	32.934	-274	0
	Europa	-13	0	32.934	-444	0
	Australia	-17	0	32.934	-572	0
	Brasil	-2	0	32.934	-55	0
Tanque agrícola	Santos	-13	0	34.567	-438	0
	Venezuela	7	7	23.764	164	164
	Perú	16	16	23.764	382	382
	S.A.	-6	0	31.776	-189	0
	África	-1	0	31.776	-22	0
	Europa	-1	0	31.776	-37	0
Granel no agrícola	EEUU	11	11	31.776	358	358
	Brasil	-7	0	30.064	-219	0
	Perú	0	0	25.782	-7	0
	Venezuela	2	2	25.782	46	46
	EEUU	6	6	34.842	224	224
		9	9	34.842	326	326
Tanque no agrícola	Europa	-1	0	34.842	-27	0
	Australia	0	0	34.842	-10	0
	Venezuela	40	40	30.708	1.218	1.218
Porta Contenedor	Perú	15	15	30.708	464	464
	BB	162	162	30.708	4.971	4.971
Cruceros	Ptos. del Sur	36	36	51.756	1.884	1.884
	Uruguay y Brasil	-31	0	51.756	-1.615	0
Cruceros	Ptos. del Sur	2	2	138.088	238	238
	Uruguay y Brasil	-27	0	138.088	-3.708	0
Total					6.632	14.676

Tabla 53: Ahorro costo de navegación miles de u\$s. Año 2025 a 34 pies de calado aprovechable. Fuente: elaboración propia.

Como se desprende de la tabla, para la opción 1, es decir con todos los buques saliendo por el Canal Magdalena en lugar de hacerlo por el Canal Punta Indio, se registraría un ahorro de costo por disminución del tiempo de navegación de u\$s 6.632.000. Con la segunda opción el ahorro de costo alcanza a u\$s 14.676.000.

### 6.2.7 Proyección del beneficio

En los Apéndices 3 y 4, puede consultarse el ahorro de tiempo y de costo de transporte de los escenarios: Año 2030 Calado aprovechable 38 pies; Año 2035 Calado aprovechable 38 pies y Año 2040 Calado aprovechable 38 pies.

## 6.3 ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS

El ahorro de costos, por la disminución del tiempo de navegación, conseguido como consecuencia de la construcción del Canal Magdalena, debe ser comparado con el costo de inversión y el costo de mantenimiento incremental, requeridos por el nuevo Canal. Dichos costos resultan mucho más altos en el caso de mantener los dos canales funcionando en forma simultánea.

### 6.3.1 Inversión y mantenimiento del Canal Punta Indio

Para el análisis de la inversión y mantenimiento, se presentan a continuación los costos estimados para profundizar el Canal Punta Indio:

Componente	Capex	Opex	
		año 1 a 5	año 6 A 10
Dragar de 34 actual a 42" con zona de cruce	140.740.745,27	27.442.410,17	20.581.807,62
Balizar	8.444.444,72	1.646.544,61	1.234.908,46
Capital de trabajo / Gastos Administrativos	12.660.000,00	7.200.000,00	7.200.000,00
<b>TOTAL</b>	<b>161.845.189,99</b>	<b>36.288.954,78</b>	<b>29.016.716,08</b>

Tabla 54: Costos de Inversión o Mantenimiento. En u\$s de 2021. Fuente: elaboración propia.

### 6.3.2 Inversión y mantenimiento del Canal Magdalena

En el caso del Canal Magdalena, los valores estimados son los siguientes, con plazo de ejecución previsto de 18 meses para la primer etapa y 25 meses para la segunda.

Componente	Capex	Opex	
		año 1 a 5	año 6 A 10
Dragar de prof. actual a 34"	146.573.113,68	13.721.205,08	9.749.277,30
Balizar	8.794.386,82	823.272,30	584.956,64
Capital de trabajo / Gastos Administrativos	10.500.000,00	7.200.000,00	7.200.000,00
<b>TOTAL</b>	<b>165.867.500,50</b>	<b>21.744.477,39</b>	<b>17.534.233,93</b>

Tabla 55: Costos de Inversión o Mantenimiento, Canal Magdalena. En u\$s de 2021. Fuente: elaboración propia.

COMPONENTE	CAPEX	OPEX	
		año 1 a 5	año 1 a 5
Dragar de 34 actual a 42" en una segunda etapa	267.354.666,01	17.332.048,53	12.999.036,39
Balizar	16.041.279,96	1.039.922,91	779.942,18
Capital de trabajo / Gastos Administrativos	14.880.000,00	7.200.000,00	7.200.000,00
<b>TOTAL</b>	<b>298.275.945,97</b>	<b>25.571.971,44</b>	<b>20.978.978,58</b>

Tabla 56: Costos de Inversión o Mantenimiento, Canal Magdalena. En u\$s de 2021. Fuente: elaboración propia.

Cabe destacar que el proyecto del Canal Magdalena contempla una serie de obras complementarias, algunas de carácter estructural y otros de carácter logístico, que deben ser abordadas para asegurar el buen funcionamiento del sistema. La existencia de este canal Magdalena supone que en la cabecera de ingreso al mismo se genere una zona de espera, tal como actualmente sucede en la cabecera del Km 239,1 del Canal Punta Indio.

## 6.4 FLUJO DE FONDOS

Partiendo de los beneficios y los costos estimados, se construyó el flujo de fondos de los dos escenarios analizados<sup>34</sup>: Escenario 1 donde opera sólo el Canal Magdalena y Escenario 2 donde operan ambos canales.

### 6.4.1 Escenario 1: Reemplazo del Canal Punta Indio por el Canal Magdalena

El flujo de fondos del escenario 1, el Magdalena reemplaza al Punta Indio, aparece volcado en la siguiente tabla.

Año	Magdalena		Punta Indio Completo		Ahorro de costo de navegación	Neto
	Inversión	Mantenimiento	Inversión	Mantenimiento		
1	110.578	0	0	0	0	-110.578
2	126.875	10.872	0	0	0	-137.748
3	143.172	21.744	-88.279	0	13.265	-63.373
4	83.517	23.339	-73.566	-6.048	12.881	-14.361
5	0	25.572	0	-36.289	12.498	23.215
6	0	25.572	0	-36.289	12.114	22.831
7	0	20.979	0	-36.289	11.731	27.041
8	0	20.979	0	-36.289	11.348	26.657
9	0	20.979	0	-29.017	11.949	19.987
10	0	20.979	0	-29.017	12.551	20.589
11	0	20.979	0	-29.017	13.153	21.191
12	0	20.979	0	-29.017	13.755	21.793
13	0	20.979	0	-29.017	14.357	22.394
14	0	20.979	0	-29.017	14.744	22.782
15	0	20.979	0	-29.017	15.132	23.170
VA	354.859	123.075	-109.588	-127.376	65.480	-175.490

Tabla 57: Flujo 1. Un solo Canal en u\$s. Fuente: elaboración propia.

<sup>34</sup> Complementariamente se analizó una tercera opción considerando el Canal Magdalena con una sola etapa, operando a 34 pies. Los resultados se pueden consultar en el Apéndice 1.

El flujo 1 muestra la inversión y el mantenimiento que requiere la construcción del nuevo canal y el ahorro en costos de inversión y mantenimiento que representaría no profundizar ni mantener al Canal Punta Indio a la nueva profundidad. El flujo de fondos arroja un valor actual neto (VAN) negativo y una tasa interna de retorno (TIR), también negativa (-3,7%).

### 6.4.2 Escenario 2: Existencia de Canal Punta Indio y Canal Magdalena

La tabla siguiente muestra el flujo de fondos de la segunda opción, con los dos canales en funcionamiento.

Año	Magdalena		Punta Indio Completo		Ahorro de costo de navegación	Neto
	Inversión	Mantenimiento	Inversión	Mantenimiento		
1	110.578	0	0	0	0	-110.578
2	126.875	10.872	0	0	0	-137.748
3	143.172	21.744	88.279	0	0	-253.196
4	83.517	23.339	73.566	6.048	27.394	-159.076
5	0	25.572	0	36.289	25.438	-36.423
6	0	25.572	0	36.289	23.481	-38.380
7	0	20.979	0	36.289	21.524	-35.744
8	0	20.979	0	36.289	19.567	-37.701
9	0	20.979	0	29.017	20.163	-29.833
10	0	20.979	0	29.017	20.759	-29.237
11	0	20.979	0	29.017	21.355	-28.641
12	0	20.979	0	29.017	21.951	-28.045
13	0	20.979	0	29.017	22.547	-27.449
14	0	20.979	0	29.017	22.888	-27.108
15	0	20.979	0	29.017	23.228	-26.768
VA	354.859	123.075	109.588	127.376	101.201	-613.697

Tabla 58: Flujo 2. Dos canales en u\$s. Fuente: elaboración propia.

El flujo 2, incluye la inversión y el mantenimiento que requiere la construcción del nuevo canal y la profundización del Canal Punta Indio. El flujo de fondos también arroja un valor actual neto (VAN) negativo y una tasa interna de retorno (TIR) también negativa.



## 6.5 CONCLUSIÓN

Se realizó un **análisis económico del proyecto del canal Magdalena**, el cual indica que, como inversión pública, presenta un valor actual neto (**VAN**) **negativo**. Eso significa que, al nivel de profundidad alcanzado por el presente estudio, prefactibilidad, los beneficios que representa el ahorro de costo de transporte, por la disminución del tiempo de navegación que permite el Proyecto, no es suficiente para pagar el costo incremental que exige la construcción y el mantenimiento del nuevo Canal.

Para una mayor claridad de los resultados obtenidos, se presenta un desglose del flujo de fondos y los resultados de los valores actuales determinados para cada componente con una tasa de descuento del 12% en 15 años:

Flujo fondos Escenario 1. SOLO 1 CANAL

Año	Magdalena (miles USD)		Punta Indio (miles USD)		Ahorro de costo de navegación
	Inversión	Mantenimiento	Inversión	Mantenimiento	
Total 1 a 15	464.142	295.910	-161.845	-354.323	169.478

Tasa de Descuento = 12%

Valor actual inversión Magdalena = 354.859

Valor actual Mantenimiento Magdalena = 123.075

Valor actual inversión Punta Indio = -109.588

Valor actual Mantenimiento Punta Indio = -127.376

**VA Costos (miles USD) = 240.970**

**VA Beneficios (miles USD) = 65.480**

**Relación Beneficio Costo = 0,27**

Flujo de Fondos Escenario 2. AMBOS CANALES

Año	Magdalena (miles USD)		Punta Indio (miles USD)		Ahorro de costo de navegación
	Inversión	Mantenimiento	Inversión	Mantenimiento	
Total 1 a 15	464.142	295.910	161.845	354.323	169.478

Tasa de Descuento = 12%

Valor actual inversión Magdalena = 354.859

Valor actual Mantenimiento Magdalena = 123.075

Valor actual inversión Punta Indio = 109.588

Valor actual Mantenimiento Punta Indio = 127.376

**VA Costos (miles USD) = 714.898**

**VA Beneficios (miles USD) = 101.201**

**Relación Beneficio Costo = 0,14**

Es decir, si se comparan los resultados arrojados por las dos alternativas analizadas, se aprecia que el incremento de beneficios que se obtienen de la existencia de los dos canales no alcanza a compensar el incremento de costos. Los costos se multiplican por tres y los beneficios solo se incrementan un poco más del 60%:

Indicador	Solo el Canal Magdalena	Ambos canales
VA de los beneficios	65.480	101.201
VA de los costos	240.970	714.898
Relación beneficio/costo	0,27	0,14

Tabla 59: Resumen de los Valores Actuales y la Relación Beneficio-Costo para el canal a 34 pies navegables los primeros 3 años y luego a 38 pies navegables desde el cuarto año.

Cabe señalar que el análisis efectuado contempla la aplicación de la Ordenanza N°4/2018 sobre márgenes de seguridad bajo quilla, es decir con un calado aprovechable máximo de 38 pies, para una profundidad disponible de 42 pies. Si con la misma profundidad de diseño de la vía (42 pies al cero) el calado aprovechable fuera de 40 pies, la cantidad total de buques en el SNT y la cantidad de buques que completan carga en los puertos de Bahía Blanca y Quequén, sería menor, impactando esto negativamente en la rentabilidad del proyecto que se analiza. Tal como se muestra en el Apéndice I, el beneficio calculado para los buques que navegan por el Canal Magdalena para completar carga en los puertos del sur resulta alrededor de un 40% menor.

Finalmente, y en el marco de la estimación de costos, es necesario destacar que además de los costos de inversión y mantenimiento del canal en sí mismo, el sistema funciona complementado por una red de servicios que son demandados por los buques y las cargas, entre los que se destacan: Servicios de Practicaje (incluyendo sus correspondientes traslados y esperas), Servicios de suppliers de combustibles, lubricantes, agua, víveres; y traslado de tripulaciones, entre otros. También pueden incluirse servicios excepcionales de buceos, reparaciones, emergencias, alijos, etc. Actualmente, el ingreso a la VNT se realiza con cabecera en la zona de Recalada, muy próxima a Montevideo. Cuando un buque ingresa al Río de la Plata se comunica con “Control Montevideo” para que la Autoridad Marítima Uruguaya, la Prefectura Nacional Naval (PNN), pueda ordenar el tráfico. Inmediatamente, si el buque tiene destino en puertos de la República Argentina, interviene la Autoridad Marítima Argentina, la Prefectura Naval Argentina (PNA), a través del “Centro de Control de Tráfico del Río de la Plata” (CONTRASE) y, necesariamente, deberá fondear y quedar a la espera hasta que dicha Autoridad le autorice la navegación hasta el puerto de destino, una vez confirmado el puerto de destino. Dicho requisito es imprescindible y busca evitar que el buque quede fondeado en zonas adyacentes a los canales de navegación así como otros posibles inconvenientes asociados a la gestión de tráfico. Además de las esperas, en esta zona pueden ejecutarse prestaciones de los servicios complementarios mencionados antes. A la fecha no se dispone de costos precisos relacionados con estos servicios. Probablemente en términos de orden de magnitud, uno de los valores más aproximados podría el practicaje, que incluye como principales rubros el honorario de practicaje y el traslado del práctico. En términos relativos, cuando un servicio de practicaje puede rondar los 20.000usd para el tramo Recalada-Zona Común, los valores de lanchas, estadías y viáticos de dichos prácticos tienen una incidencia de aproximadamente 10% sobre dichos totales. Actualmente muchos de estos servicios, se movilizan desde y hacia Montevideo, exclusivamente por una cuestión de cercanía. Si bien el practicaje se realiza con profesionales argentinos, sus traslados en general se organizan desde Montevideo, con servicios de traslados locales. Frente a la eventual ejecución del

canal Magdalena, y suponiendo que el funcionamiento del sistema sea similar, también existirá una zona de espera antes de ingresar al canal, ya que el funcionamiento del sistema no se modifica en cuanto a su control de tráfico. La figura siguiente tiene identificadas zonas donde podría preverse profundidades naturales suficientes para un escenario de 34 pies como para uno de 42 pies, en las cabeceras del proyectado canal Magdalena.

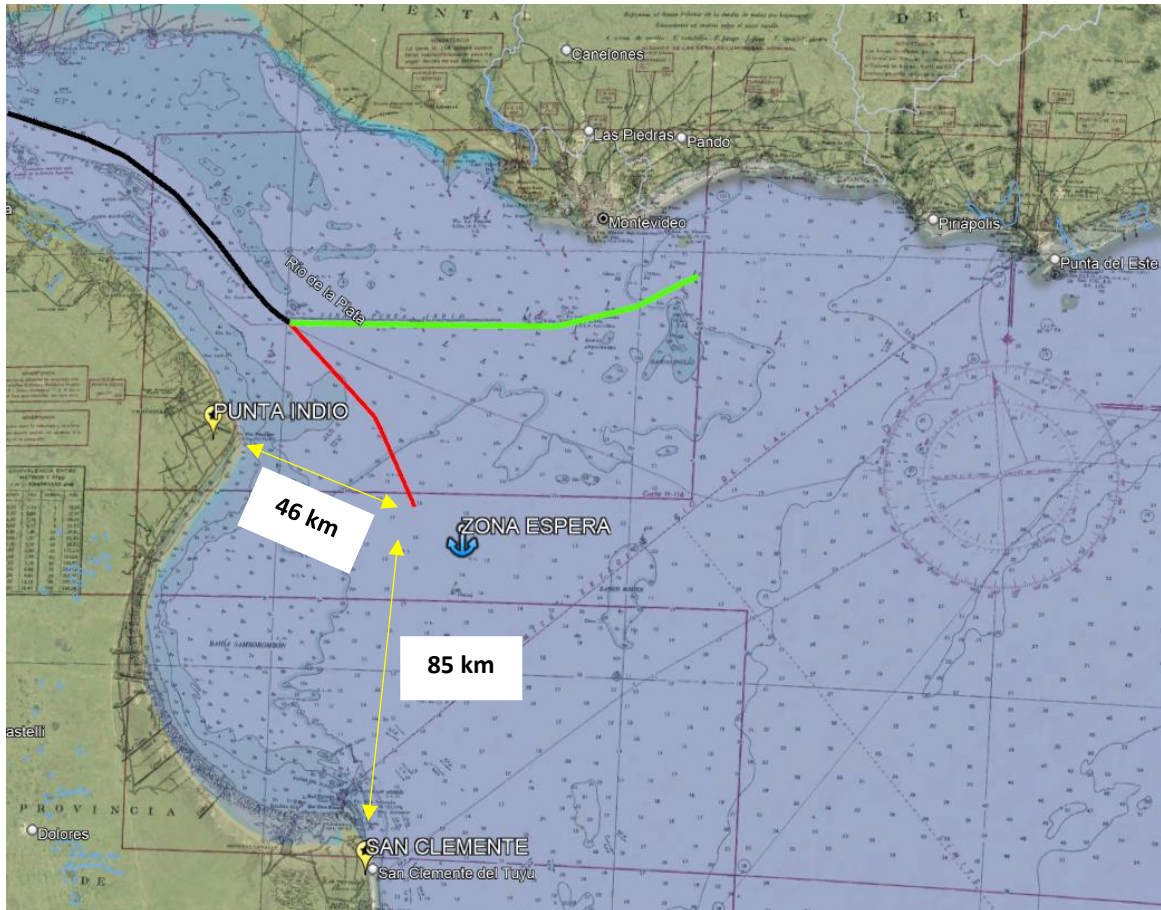


Figura 60: Derrotas actuales y potenciales, para buques portacontenedores con destino norte. Elaboración propia sobre extracto de carta náutica georreferenciada

Desde el punto de vista meteorológico, un proyecto definido para la ejecución del canal Magdalena requerirá un análisis muy específico de la zona que se determine para la espera, que deberá tener profundidad suficiente, condiciones aptas para fondeo, espacio para borneo y maniobras, y condiciones mareológicas de baja severidad para los buques. Este último aspecto ha sido analizado dentro del enfoque técnico y se ha arribado a la conclusión de que no se trata de lugares donde no sea posible la espera de buques de porte debido al clima. En términos de costos, se trata de un estudio específico de las condiciones reinantes en la cabecera.

Paralelo a esto, desde una visión más relacionada con los costos, los servicios ofrecidos en estas zonas de espera comprenden tres grandes partes: por un lado, el producto o servicio en sí mismo, es decir las provisiones y/o los prácticos (en términos generales). Se asume que los prácticos seguirán siendo los mismos, y los productos y provisiones podrían trasladarse y llevarse desde Argentina (pudiendo esto computarse como un beneficio adicional en la economía regional), no siendo una variable de ajuste al presente estudio económico.

En segundo lugar, el sistema implica la movilización de ese producto o servicio, en condiciones de seguridad y con un esquema logístico que no implique demoras. Este aspecto, desde lo técnico es posible decir que será contemplado por el sistema privado que se adaptará a las necesidades llegado el momento de operación del sistema. No obstante, puede decirse también que las distancias desde posibles cabeceras operativas son mayores que las que actualmente se recorren desde Montevideo, no significando esto un impedimento en sí mismo, sino probablemente un mayor costo logístico. En la figura anterior se ponía de manifiesto las distancias a Punta Indio (46km) y a San Clemente (85km).

El tercer componente del sistema de servicios lo conforma la infraestructura terrestre que hace posible el despacho y recepción de dichos servicios y productos. Probablemente, sea este último punto el que el sistema deba atender, en caso de plantearse el canal Magdalena como única opción de ingreso a la VNT, ya que deberá realizarse un análisis de las infraestructuras terrestres existentes (Punta Indio, General Lavalle, San Clemente), y eventualmente adaptarlas para permitir una operación segura e ininterrumpida por factores tales como climatológicos (falta de visibilidad por nieblas) o falta de profundidad disponible con marea baja. De todos los aspectos mencionados, sin dudas que la infraestructura para la logística de practicaaje es la que podría considerarse con mayor magnitud de impacto en el análisis económico global del sistema de navegación troncal, y de la que no se conocen detalles con exactitud suficiente en el sistema actual.

## 6.6 TARIFA DE EQUILIBRIO

Para analizar la posibilidad de que los costos de apertura y mantenimiento del Canal Magdalena sean financiados por los usuarios, a través del pago de un peaje, se requiere calcular la tarifa de equilibrio financiero, es decir la tarifa que debería pagar cada buque para cubrir dichos costos.

Dicha tarifa depende de:

- a) los costos estimados en capítulos anteriores;
- b) el criterio de distribución del costo total entre todos los usuarios, según el tipo y el tamaño de la embarcación y el trayecto de vía navegable que recorra;
- c) el flujo completo de las embarcaciones de cada tipo, que circularán por la VNT en el período de análisis.

### 6.6.1 Criterio de distribución del costo total entre los diferentes usuarios (el concepto de TRN equivalente (TRNe))

La distribución del costo total entre los diferentes usuarios de la Vía se basa en la idea de que cada uno pague según el uso que haga de las obras. Esto se consigue a través de dos criterios: la longitud del recorrido que se realice dentro de la Vía y el aprovechamiento de la capacidad de carga adicional que le permiten las obras de mantenimiento a cada buque. Ambos criterios se materializan en la estructura tarifaria vigente. Conforme a lo que establece la estructura tarifaria, el peaje que debe pagar el buque  $i$  por recorrer el trayecto  $x$ , se obtiene haciendo:

$$\text{Pix} = \text{TRNi} * \text{tbx} + \text{TRNi} * \text{FCix} * \text{tdx}$$

Donde:

Pix: peaje que debe pagar el buque i para recorrer el trayecto x;

TRNi: TRN del buque i;

tbx: tarifa de balizamiento del tramo x;

FCix: factor de corrección del buque i en el tramo x;

tdx: tarifa de dragado del tramo x.

Si el peaje de balizamiento y de dragado, del tramo x, se expresan como una proporción de un valor cualquiera, denominado coeficiente tarifario (CT), el peaje que debe abonar el buque i, para hacer el recorrido x, queda re expresado como:

$$\text{Pix} = \text{CT} * \text{TRNi} * (\text{tbx}/\text{CT} + \text{FCi} * \text{tdx}/\text{CT})$$

Denominando al producto  $\text{TRNi} * (\text{tbx}/\text{CT} + \text{FCi} * \text{tdx}/\text{CT})$ , como TRN equivalente (TRNe) el cálculo del peaje queda expresado como:

$$\text{Pix} = \text{CT} * \text{TRNei}$$

### 6.6.2 Estructura tarifaria

Para el balizamiento se aplican actualmente las siguientes tarifas por trayecto:

		DESDE					
HASTA	Sección	0.0	1.1	1.2	1.3	1.4	3
	0.0	0,0000	0,0799	0,1961	0,2561	0,2310	0,0799
	1.1	0,0799	0,1163	0,1163	0,1763	0,1512	0,0000
	1.2	0,1961	0,1163	0,1163	0,0600	0,1163	0,1163
	1.3	0,2561	0,1763	0,0600	0,0600	0,0600	0,1763
	1.4	0,2310	0,1512	0,1163	0,0600	0,0089	0,0349
	3	0,0799	0,0000	0,1163	0,1763	0,0349	0,0000

Tabla 60: Tarifa de balizamiento del tramo recorrido Océano-Timbúes. Fuente: elaboración propia.

		DESDE		
HASTA	Sección	1.3	2.0	2.1
	1.3	0,0000	0,0107	0,0407
	2.0	0,0107	0,0107	0,0300
	2.1	0,0407	0,0300	0,0300

Tabla 61: Tarifa de balizamiento del tramo recorrido Timbúes-Santa Fe. Fuente: elaboración propia.

Por su parte las tarifas de dragado de cada tramo son:

		DESDE					
HASTA	Sección	0.0	1.1	1.2	1.3	1.4	3
	0.0	0,0000	1,3599	1,8819	3,0600	2,0386	1,3599
	1.1	1,3599	0,5220	0,5220	1,7001	0,6787	0,0000
	1.2	1,8819	0,5220	0,5220	1,1781	0,5220	0,5220
	1.3	3,0600	1,7001	1,1781	1,1781	1,1781	1,7001
	1.4	2,0386	0,6787	0,5220	1,1781	0,0392	0,1567
	3	1,3599	0,0000	0,5220	1,7001	0,1567	0,0000

Tabla 62: Tarifa de dragado del tramo recorrido Océano-Timbúes. Fuente: elaboración propia.

		DESDE		
		1.3	2.0	2.1
HASTA	Sección			
	1.3	0,0000	0,1640	0,6720
	2.0	0,1640	0,1640	0,5080
	2.1	0,6720	0,5080	0,5080

Tabla 63: Tarifa de balizamiento del tramo recorrido Timbúes-Santa Fe. Fuente: elaboración propia

La relación entre las tarifas de los distintos tramos se basa en el porcentaje del costo total que le corresponde a cada tramo de la Vía.

### 6.6.3 Estimación del TRN equivalente a partir de la base del movimiento de buques suministrada

A partir de la base de movimientos suministrada por la Administración General de Puertos (AGP), correspondiente al año 2020, se determinó el TRN equivalente de cada uno de los movimientos registrados. La base está separada en tráfico Internacional y tráfico Nacional. Si bien a los efectos del cálculo del TRN equivalente la fórmula aplicada para cada uno de los tramos es la misma, a los efectos de la recaudación el tráfico internacional paga 3,06 dólares por TRN equivalente y el tráfico nacional paga el mismo importe, pero en pesos.

Conforme a la base de datos del año 2020, correspondiente al tráfico internacional, que arrojó un TRN total de 223.850.260, se calculó el TRNe de cada uno de los buques a partir de: el TRN y el calado de diseño del buque, y el origen y destino de los recorridos dentro de VN. Se obtuvo así un TRNe de 63.501.110. La base de datos del tráfico Nacional arrojó un TRN total de 33.789.011 y un TRNe de 8.477.311. Para poder sumar ambos TRNe, del tráfico internacional y del tráfico nacional, se requirió re expresar el TRNe del tránsito nacional, conforme al tipo de cambio. Realizada dicha re-expresión el TRNe del tránsito nacional asciende a 84.773. El TRNe total obtenido para el año 2020, asciende a 63.585.883.

### 6.6.4 Proyección del TRN equivalente (TRNe)

La evolución del TRNe depende del crecimiento de las cargas, de la evolución del tamaño de los buques y de la evolución del calado de la Vía Navegable (VN). Partiendo del TRNe calculado para el año 2020, teniendo en cuenta la progresión de la profundidad prevista por el Proyecto, y en base la tasa de crecimiento corregida de las cargas, se proyectó el TRNe para el periodo de análisis. Los resultados se encuentran volcado en la tabla siguiente:

Año	Calado	TRNe
2025	34	72.016.978
2026	34	73.447.556
2027	38	85.713.178
2028	38	87.350.763
2029	38	88.988.349
2030	38	90.625.935
2031	38	92.426.169
2032	38	94.226.403
2033	38	96.026.638
2034	38	97.826.872
2035	38	99.627.107
2036	38	101.606.144
2037	38	103.585.182

Tabla 64: TRNe proyectado: Fuente: elaboración propia.

### 6.6.5 Estimación del peaje de equilibrio financiero

Existe un coeficiente tarifario (CT) que multiplicado por TRNe de cada año y expresado en valor actual, arroja como resultado un monto equivalente al valor actual del costo total previsto por el Proyecto, más una tasa de rentabilidad del 14%<sup>35</sup> antes de impuestos, es decir:

$$VA (\text{Costo total del Proyecto}) = VA \sum (TRNe_i * CT_x)$$

Por lo tanto:

$$CT_x = \frac{VA (\text{Costo total Proyecto})}{VA (\sum TRNe_i)}$$

Como se aprecia en la tabla siguiente, en este caso, el coeficiente tarifario de equilibrio alcanza a 1,2 u\$s por TRNe.

<sup>35</sup> Nota: Se considera como una tasa razonable para la operación que se analiza. Si se utilizara una tasa de rentabilidad del 12% antes de impuestos el coeficiente tarifario sería 1,0 u\$s por TRN equivalente, mientras que si la tasa fuera del 10% el coeficiente sería de 0,9%.

Año	Calado aprovechable de la vía (p)	Costo del dragado (u\$s)	TRN equivalente	Coefficiente tarifario	Recaudación	Neto Antes de Impuestos
1	2023	110.578.334	0	0,00	0	-110.578.334
2	2024	137.747.633	0	0,00	0	-137.747.633
3	2025	164.916.931	72.016.978	0,96	69.270.155	-95.646.776
4	2026	105.081.613	73.447.556	0,96	70.646.169	-34.435.444
5	2027	21.564.348	85.713.178	1,20	103.054.954	81.490.606
6	2028	21.564.348	87.350.763	1,20	105.023.861	83.459.513
7	2029	21.564.348	88.988.349	1,20	106.992.769	85.428.421
8	2030	21.564.348	90.625.935	1,20	108.961.676	87.397.328
9	2031	21.564.348	92.426.169	1,20	111.126.140	89.561.792
10	2032	21.564.348	94.226.403	1,20	113.290.604	91.726.256
11	2033	21.564.348	96.026.638	1,20	115.455.068	93.890.720
12	2034	21.564.348	97.826.872	1,20	117.619.532	96.055.184
13	2035	21.564.348	99.627.107	1,20	119.783.995	98.219.648
14	2036	21.564.348	101.606.144	1,20	122.163.439	100.599.091
15	2037	21.564.348	103.585.182	1,20	124.542.882	102.978.534
Valor actual		446.141.392	3,2%		446.141.392	0
TIR						14%

Tabla 65: Flujos de fondos de la operación en u\$s de 2021. Fuente: elaboración propia.

Del análisis de la **tarifa de equilibrio** requerida para la operación del canal Magdalena, se pueden indicar los siguientes resultados:

- Si solo se ejecutara el canal Magdalena, al coeficiente tarifario del sistema que se determine para la profundidad de diseño debería descontarse el costo del canal Punta Indio y tomar en su lugar 1,2 u\$s por TRN equivalente.
- Mientras que si funcionaran los dos canales el coeficiente de toda la VNT debería sumar adicionalmente 1,2 u\$s por TRNe.

Lo anterior, llevado a un ejemplo, podría ser del siguiente modo: Si suponemos para la VNT un coeficiente tarifario hipotético de 4,0 u\$s /TRNe. Además, suponemos que, de dicho coeficiente, se deben 1,5 u\$s/TRNe corresponden al componente del canal Punta Indio. Entonces, este ejemplo llevado a las conclusiones anteriores implica que:

- En caso de ejecutarse sólo el Canal Magdalena el nuevo coeficiente sería = 4 u\$s -1,5 u\$s + 1,2 u\$s, es decir 3,7 u\$s/TRNe en Total.
- En caso de adoptar un sistema con los dos canales operativos, el nuevo coeficiente sería = 4,0 u\$s + 1,2 u\$s, es decir 5,2 u\$s/TRNe.

### 6.6.6 Flujo de fondos para Canal Magdalena en 34 pies finales

La tabla siguiente muestra el flujo de fondos, para un hipotético caso en el que una vez dragado el Canal Magdalena a 34 pies, el mismo se mantuviera funcionando por tiempo indeterminado en esas condiciones, y reemplazando al Canal Punta Indio (Escenario 1).



Año	Magdalena		Punta Indio Completo		Ahorro de costo de navegación	Neto
	Inversión	Mantenimiento	Inversión	Mantenimiento		
1	110.578	0		0	0	-110.578
2	55.289	10.872		0	0	-66.161
3	0	21.744		-19.080	11.054	8.389
4	0	21.744		-19.080	13.416	10.752
5	0	21.744		-19.080	13.568	10.904
6	0	21.744		-19.080	13.720	11.056
7	0	17.534		-19.080	13.872	15.418
8	0	17.534		-19.080	14.024	15.570
9	0	17.534		-19.080	14.121	15.667
10	0	17.534		-19.080	14.218	15.764
11	0	17.534		-19.080	14.315	15.860
12	0	17.534		-19.080	14.412	15.957
13	0	17.534		-19.080	14.508	16.054
14	0	17.534		-19.080	14.605	16.151
15	0	17.534		-19.080	14.702	16.248
VA	142.807	108.651		-97.705	69.467	-84.286

Tabla 66: Flujos de fondos para el Escenario 1 (Solo Canal Magdalena) operando a 34 pies.. Fuente: elaboración propia.

También en este caso el Valor Actual Neto es negativo, pero la relación beneficio costo resulta un poco más alta.

Indicador	Solo el Canal Magdalena a 34 pies
VA de los beneficios	69.467
VA de los costos	153.753
Relación beneficio/costo	0,45

Tabla 67: Relación Costo/ Beneficio, en miles de usd para el Escenario 1 (Solo Canal Magdalena) operando a 34 pies. Fuente: elaboración propia.

Como se observa en la tabla siguiente, para esta opción, la tarifa de equilibrio financiero alcanza a 0,67 u\$s por TRN equivalente.

Año	Calado de la vía (p)	Costo del dragado (u\$s)	TRN equivalente	Coefficiente tarifario	Recaudación	Neto Antes de Impuestos
1	2023	110.578.334	0	0,00	0	-110.578.334
2	2024	66.161.406	0	0,00	0	-66.161.406
3	2025	21.744.477	72.016.978	0,67	48.334.154	26.589.677
4	2026	21.744.477	73.447.556	0,67	49.294.285	27.549.808
5	2027	21.744.477	74.878.134	0,67	50.254.417	28.509.939
6	2028	21.744.477	76.308.712	0,67	51.214.548	29.470.071
7	2029	17.534.234	77.739.289	0,67	52.174.680	34.640.446
8	2030	17.534.234	79.169.867	0,67	53.134.811	35.600.577
9	2031	17.534.234	80.742.533	0,67	54.190.305	36.656.071
10	2032	17.534.234	82.315.199	0,67	55.245.799	37.711.565
11	2033	17.534.234	83.887.865	0,67	56.301.293	38.767.059
12	2034	17.534.234	85.460.531	0,67	57.356.786	39.822.553
13	2035	17.534.234	87.033.197	0,67	58.412.280	40.878.046
14	2036	17.534.234	88.762.063	0,67	59.572.608	42.038.374
15	2037	17.534.234	90.490.930	0,67	60.732.936	43.198.702
Valor actual		236.172.257	1,9%		236.172.267	0
					TIR	14%

Tabla 68: Flujos de fondo operativos, en miles de usd para el Escenario 1 (Solo Canal Magdalena) operando a 34 pies. Fuente: elaboración propia.

## 7 ESTUDIOS LEGALES

### 7.1 OBJETIVO Y ALCANCE

Complementariamente a los alcances legales incluidos en el capítulo de Estudios Ambientales, el objetivo de este punto, en lo que refiere a los aspectos legales, se enfoca a analizar si existe cumplimiento de los requerimientos legales en el marco de las obligaciones que surgen de la Comisión Administradora del Río de la Plata. Esto implica evaluar si el Estado Argentino ha cumplido con las normativas nacionales y binacionales que rigen para la zona de aguas común del Río de La Plata, en el desarrollo del proyecto del Canal Magdalena.

### 7.2 ANTECEDENTES

Dentro del marco normativo legal y sectorial del proyecto, el Tratado del Río de La Plata y su Frente Marítimo (en adelante TRP) conforma un instrumento jurídico internacional que establece las bases de la cooperación entre Argentina y Uruguay en una zona de aguas de común. Se firmó el 19 de noviembre de 1973 y establece el marco legal de la ley ambiental, protección y desarrollo sostenible de los usos y recursos del Río de La Plata. Asimismo, el organismo internacional conocido por sus siglas CARP (Comisión Administradora del Río de La Plata), de carácter binacional, que ofrece el marco legal y habilita diálogos entre Argentina y Uruguay, para la negociación compartida sobre el Río de La Plata. Nació con la firma del mencionado Tratado del Río de La Plata y su Frente Marítimo. La Comisión está integrada por dos delegaciones, una en representación de Argentina y la otra en representación de Uruguay, con cinco delegados cada uno.

En cumplimiento de lo dispuesto en el Artículo 62 del TRP, los gobiernos de la República Argentina y la República Oriental del Uruguay el 30 de enero de 1961, y reiterado en el año 1964, acordó el límite exterior del Río de La Plata, con el Océano Atlántico, determinado por la línea imaginaria que conecta Punta del Este, en Uruguay, con Punta Rasa del Cabo San Antonio, en Argentina. Se prevé que la citada línea divisoria sea también la base para fijar las respectivas franjas de mar territorial y zonas contiguas y adyacentes.

Asimismo, en el Artículo 2 se fija una Franja de Jurisdicción Exclusiva adyacente a las costas de cada país, la cual tiene una anchura de 7 millas marinas entre el límite exterior del Río y la línea recta imaginaria que une Colonia con Punta Lara. A partir de allí y hasta el paralelo de Punta Gorda, la anchura de esa jurisdicción es de 2 millas marinas.

Fuera de esas franjas costeras, y como lo establece el Artículo 12, la República Oriental del Uruguay y la República Argentina tienen derecho al uso, en igualdad de condiciones y bajo cualquier circunstancia, de todos los canales situados en las aguas de uso común. Y también pueden, conjunta o individualmente, construir canales u otros tipos de obras de acuerdo con las disposiciones establecidas en los Artículos 17 a 22 del TRP.

En este sentido, el proyectado Canal de Navegación Magdalena se localiza en la zona de Aguas de Uso Común del Río de La Plata.

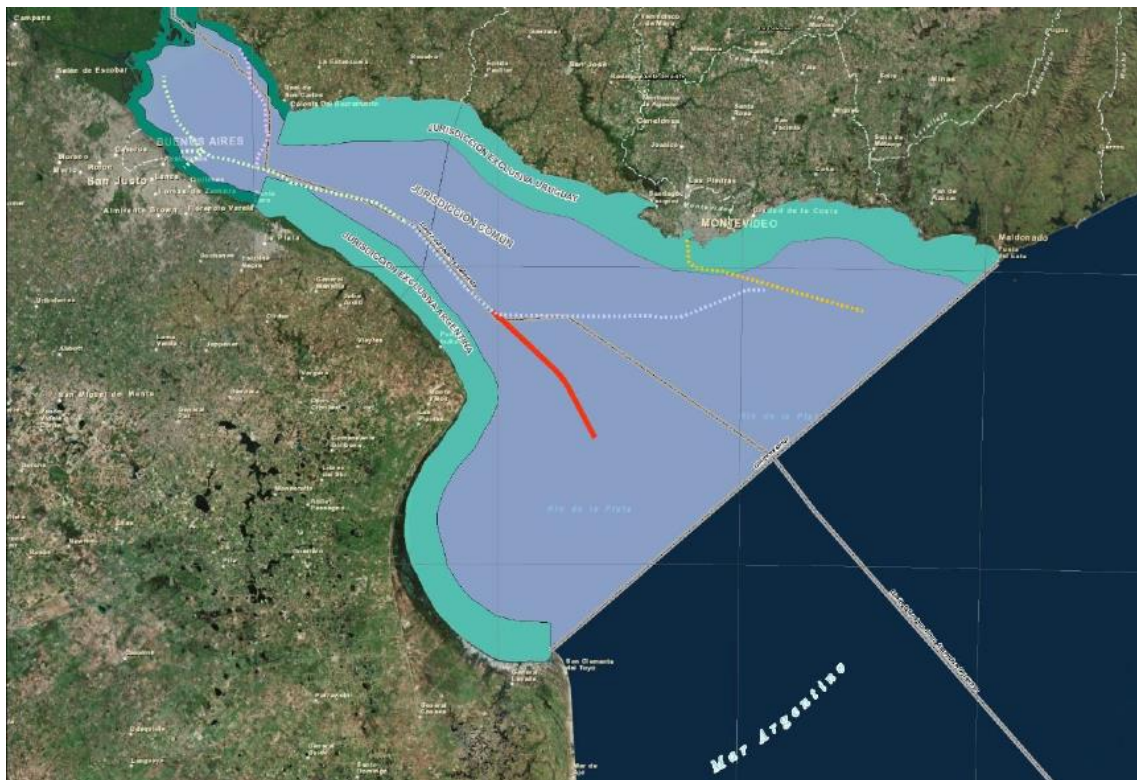


Figura 61: Áreas del Río de La Plata definidas según el TRP. Fuente: EIA, Serman 2015.

Además, el TRP en su Artículo 14 establece: *“Toda reglamentación referida a los canales situados en las aguas de uso común y su modificación sustancial o permanente se efectuará previa consulta con la otra Parte. En ningún caso y bajo ninguna circunstancia, una reglamentación podrá causar perjuicio sensible a los intereses de la navegación de cualquiera de las Partes.”*

Complementariamente, los citados Artículos 17 a 22 establecen:

- Artículo 17: “La Parte que proyecte la construcción de nuevos canales, la modificación o alteración significativa de los ya existentes o la realización de cualesquiera otras obras, deberá comunicarlo a la Comisión Administradora, la cual determinará sumariamente y en un plazo máximo de treinta días, si el proyecto puede producir perjuicio sensible al interés de la navegación de la otra Parte o al régimen del Río. Si así se resolviere o no se llegase a un acuerdo al respecto, la Parte interesada deberá notificar el proyecto a la otra Parte a través de la misma Comisión. En la notificación deberán figurar los aspectos esenciales de la obra y, si fuere el caso, el modo de su operación y los demás datos técnicos que permitan a la Parte notificada hacer una evaluación del efecto probable que la obra ocasionará a la navegación o al régimen del Río. “
- Artículo 18: “La Parte notificada dispondrá de un plazo de ciento ochenta días para expedirse sobre el proyecto, a partir del día en que su Delegación ante la Comisión Administradora haya recibido la notificación. En el caso de que la documentación mencionada en el Artículo 17 fuera incompleta, la Parte notificada dispondrá de treinta días para hacérselo saber a la Parte que proyecta realizar la obra, por intermedio de la Comisión

Administradora. El plazo de ciento ochenta días precedentemente señalado sólo comenzará a correr a partir del día en que la Delegación de la Parte notificada haya recibido la documentación completa. Este plazo podrá ser prorrogado prudencialmente por la Comisión Administradora si la complejidad del proyecto así lo requiriese.”

- Artículo 19: “Si la Parte notificada no opusiera objeciones o no contestara dentro del plazo establecido en el Artículo 18, la otra Parte podrá realizar o autorizar la realización de la obra proyectada. La Parte notificada tendrá, asimismo, derecho a optar por participar en igualdad de condiciones en la realización de la obra, en cuyo caso deberá comunicarlo a la otra Parte, por intermedio de la Comisión Administradora, dentro del mismo plazo a que se alude en el párrafo primero.
- Artículo 20: “La Parte notificada tendrá derecho a inspeccionar las obras que se estén ejecutando para comprobar si se ajustan al proyecto presentado.”
- Artículo 21: “Si la Parte notificada llegare a la conclusión de que la ejecución de la obra o el programa de operación pueden producir perjuicio sensible a la navegación o al régimen del Río, lo comunicará a la otra Parte por intermedio de la Comisión Administradora, dentro del plazo de ciento ochenta días fijado en el Artículo 18. La comunicación deberá precisar cuáles aspectos de la obra o del programa de operación podrán causar un perjuicio sensible a la navegación o al régimen del Río, las razones técnicas que permitan llegar a esa conclusión y las modificaciones que sugiera al proyecto o al programa de operación.”
- Artículo 22: “Si las Partes no llegaran a un acuerdo dentro de los ciento ochenta días contados a partir de la comunicación a que se refiere el Artículo 21, se observará el procedimiento indicado en la Parte Cuarta (Solución de Controversias).”

En virtud de lo expresado por el TRP, y conforme lo dispuesto en el primer párrafo del Artículo 17 del TRP la Delegación de la Argentina ante la Comisión Administradora del Río de La Plata comunicó a la CARP el proyecto de apertura del Canal de Navegación Magdalena. Vencido el plazo de treinta días establecido en el primer párrafo del Artículo sin que la CARP hubiese llegado a un acuerdo al respecto, y conforme al segundo párrafo del Artículo, se adjuntaron los aspectos técnicos esenciales de la obra, que permitiera a la República Oriental del Uruguay hacer una evaluación del efecto probable que la obra proyectada ocasionará a la navegación o al régimen del Río de La Plata.

A partir de ello, la República Oriental del Uruguay ha solicitado por nota ante la CARP información técnica complementaria a los efectos de realizar la evaluación correspondiente en los términos del Artículo 18 del TRP. Dicha solicitud comprendió la realización de la evaluación de impacto ambiental, comprendiendo el análisis de la línea de base de calidad ambiental, y el estudio de impacto ambiental del proyecto. Este estudio fue realizado en el año 2015, por la empresa adjudicataria Serman & Asociados S.A.

Finalmente, y luego de un acto de Audiencia Pública Ambiental, fomentada por el Ministerio de Transporte de la Nación Argentina, se notificó, por Resolución 201/2021, que el procedimiento exigido por la ley ambiental nacional fue cumplido. Con ello se completó un avance en el proceso previo al acto de llamado a licitación pública nacional e internacional del proyecto del nuevo Canal Magdalena.

Las obligaciones internacionales de la Argentina surgen no sólo de los citados artículos del TRP, sino de otros artículos de este Tratado y de otras normas internacionales en materia ambiental las cuales se encuentran citadas en el capítulo referido al estudio antecedente EIA (Serman, 2015). Numerosos Convenios, Tratados, Leyes y Ordenanzas de índole nacional e internacional, coexisten en lo que refiere a la protección de los recursos marítimos y acuáticos en el plano de incidencia del estudiado proyecto, los cuales no corresponden a este análisis, a la vez que han sido mencionados en el capítulo de Estudios Ambientales.

Como conclusión a este análisis, de acuerdo a los requerimientos legales y en el marco de las obligaciones que surgen de la Comisión Administradora del Río de La Plata, se observa que el avance del proyecto del nuevo Canal Magdalena por parte de su Unidad Ejecutora Especial Temporaria "Canal Magdalena", habría cumplimentado sus obligaciones legales necesarias para argumentar que el mismo no genere un perjuicio sensible al interés de la navegación por la otra Parte o al régimen del Río.

## 8 CONCLUSIONES

Se presentan en este punto los resultados y conclusiones más relevantes del estudio realizado. En este sentido, se han organizado los conceptos en los siguientes aspectos: Diseño, Enfoque Técnico-operativo y Análisis Económico.

### 8.1 DISEÑO

Si bien no se han realizado propuestas de cambios en el diseño del canal Magdalena, se analizó el diseño de la sección transversal, profundidad de proyecto y alineación. En primer lugar, de las verificaciones surge que la sección transversal, resulta suficiente para el buque de diseño para un canal de 1 vía. Asimismo, para el caso de buques más chicos, comparables con los buques tanqueros, podría analizarse la aptitud para maniobras de cruce. Estas cuestiones hacen al canal comparable con el actual canal Punta Indio, aún, cuando está proyectado unos 40m más ancho que aquel. En caso de evaluar la capacidad del canal para el tráfico esperado, sería necesario considerar una simulación incluyendo el resto de la VNT, ya que este canal forma parte de un sistema mayor, y la navegación de los buques está coordinada con el puerto de destino up-river.

En cuanto a la traza, la misma permite una salida hacia aguas profundas con menor longitud final de navegación, respecto del Canal Punta Indio. Su alineación permite suponer que como tiene menos cambios de dirección que el canal actual podría ser menos riesgosa la navegación, no obstante, no hay información suficiente como para atribuir un beneficio asociado a la menor probabilidad de acaecimientos por la menor cantidad de cambios de dirección. El diseño en planta tiene una alineación que, de acuerdo a la información recopilada, podría presentar condiciones de corrientes cruzadas, sin embargo, más allá de que este parámetro fue considerado en la evaluación estática del ancho navegable, no hay elementos suficientes como para suponer que estas condiciones no son compatibles con el buen gobierno y la seguridad de la navegación en los buques de gran porte. Eventualmente, podría sugerirse la realización de un modelo de simulación de maniobras y tráfico, que permita evaluar el comportamiento de los diferentes buques que se prevé circulen por el canal. Esto último, además debería evaluarse para el caso de canal único y de canales coexistentes. Complementariamente al diseño en planta, el proyecto de señalización existente fue elaborado por el SHN, conforme al Sistema IALA B, el cual asegura una eficiente señalización en cualquier condición, compatible con el sistema actual. Es importante destacar que la señalización no puede prestar un servicio inferior al que actualmente tiene el resto de la VNT.

Finalmente, el diseño contempla, en el proyecto original, profundidades de diseño de 40 y 47 pies, en dos etapas. Sin embargo, este estudio se ha realizado con un objetivo de comparar vías de navegación, para lo cual se presume necesario que los diseños sean comparables. En tal sentido, se asumió una etapa de 34 pies de profundidad al cero, como para equiparar las condiciones del Canal Magdalena con las del resto del sistema navegable troncal, y luego una etapa posterior con profundidad de 42 pies al cero.

La etapa a 34 pies permitiría que el sistema actual operara en condiciones similares. Pero la etapa a 42 pies demuestra que una de las variables que modifica la performance del sistema completo es la consideración del margen de seguridad bajo quilla, por ser el limitante del máximo calado admisible (en la actualidad establecido como el 10% del calado). Esta consideración depende de las disposiciones que la Prefectura Naval Argentina determine como límite para el canal, y a su vez será función de varios parámetros, entre los cuales se encuentra el tipo de fondo.

## 8.2 ENFOQUE TÉCNICO

Las primeras conclusiones relativas a los antecedentes pusieron de manifiesto dos cuestiones de relevancia. Por un lado, la ejecución del canal Magdalena implica necesariamente el dragado de fondos duros, más allá de los 34/35 pies. Esto acarrea un diseño de plan de dragado específico, con equipamiento apto e implica costos unitarios de dragado mayores que en el caso de suelos blandos. Incluso podría requerir la profundización de estudios para determinar en forma más ajustada los volúmenes de cada tipo de suelo, las durezas esperables, y las extensiones a dragar. Sin embargo, debe destacarse que en el caso del Canal Punta Indio también es esperable la presencia de fondos duros en caso de profundizarse a 42 pies. A nivel general, si se comparan los volúmenes totales de dragado entre ambos proyectos (profundización del CPI y ejecución del CM), es esperable que el volumen total para el proyecto del Canal Magdalena sea notablemente mayor que en el caso del Canal Punta Indio puesto que el proyecto del primero implica ejecutar un canal -hoy inexistente- frente a la profundización de un canal ya dragado.

Por su parte, profundizar un canal operativo es más complejo, desde un punto de vista logístico por el tráfico pasante, que ejecutar un canal desde una condición natural, sin tráfico pasante.

En cuanto a los volúmenes esperables de sedimentación, se han estimado las tasas esperables para las diferentes etapas, determinándose que para el Canal Magdalena sería del orden de un 30% menor respecto del Canal Punta Indio. No obstante, debe considerarse que el CM posee un ancho de solera mayor, pero posee una menor longitud total respecto del CPI.

Otro aspecto de relevancia está relacionado con las corrientes cruzadas respecto al canal ya que los procesos de sedimentación se intensifican (como sucede en el Canal Punta Indio). De acuerdo con la información disponible de todas las fuentes consultadas existen corrientes significativas no alineadas con el canal Magdalena, principalmente en la zona exterior (luego del cambio de rumbo). Es por ello que, si bien existen antecedentes, deberían realizarse nuevos estudios con modelos detallados sobre la hidrosedimentología del canal bajo diferentes escenarios de clima y condiciones geométricas.

En cuanto a los aspectos meteorológicos, se determinó que las condiciones no serían extremadamente adversas para la zona del Canal Magdalena. La información recopilada no evidencia un clima de corrientes y olas que sean incompatibles con los buques de gran porte, y los porcentajes de ocurrencia de eventos de magnitud no resulta determinante. Esto además se relaciona con la presencia de corrientes cruzadas, que como se ha dicho antes, no serían incompatibles con el buen gobierno de los buques.



Además de los dos resultados presentados, se puede concluir que sería necesario complementar el proyecto del canal, con un análisis más detallado de las zonas adyacentes al canal, para evaluar las posibles zonas de espera, y además las posibles rutas de navegación de salida y entrada tanto para buques con destino hacia el hemisferio norte (por la presencia de los bancos Ingles y Rowan), como para destinos hacia el sur de Argentina.

### 8.3 ANÁLISIS ECONÓMICO

El estudio económico financiero arroja relaciones de beneficio – costo con valores bajos, del orden de 0,14 para un escenario de dos canales y de 0,27 para un escenario del canal Magdalena únicamente. Esto significa que sería necesaria una inversión de capital de gran magnitud (aproximadamente 300 millones de dólares para llevarlo a 42 pies), en comparación con los beneficios asociados al proyecto. Estos beneficios, se relacionan con los ahorros en tiempos de navegación que se obtienen al navegar por el Canal Magdalena respecto del Canal Punta Indio, tanto con una vía como con las dos vías. Los análisis de tiempos de navegación realizados muestran que la cantidad de horas de navegación ahorradas no representen una conveniencia directa. No obstante, algunas flotas presentan un escenario diferente por el hecho de usar una vía o la otra, como es el caso de los cruceros que escalan en Buenos Aires y Montevideo, ya que necesariamente el Canal Magdalena resulta poco conveniente por los tiempos adicionales de navegación.

En términos operativos, y suponiendo que el sistema contara con una vía, o con la otra, se observa una posibilidad de operación comparable, siempre que la infraestructura de apoyo para los servicios complementarios sea prestada en forma eficiente. En este sentido, es importante remarcar que, dentro de los costos del sistema, son las esperas (en zonas de espera, por demoras en servicios, por falta de autorización a navegar, por sobreocupación de muelles up-river o por ventana de mareas) las que impactan fuertemente en el costo del transporte y sobre las que debe mejorarse la eficiencia para cualquiera de las dos opciones de canal.

**APENDICE 1 . FLUJO DE FONDOS**

Se incorporan en este apéndice, los resultados de un análisis para el Escenario 1, pero sin aplicar la Ordenanza N°4/2018 sobre márgenes de seguridad bajo quilla. A tal fin se estimaron los beneficios de operar con 40 pies de calado aprovechable asumiendo, en forma arbitraria, que al operar con dicho calado, el 50% de los buques que hoy completan carga en Bahía Blanca y Quequén, dejarán de hacerlo y realizarán el viaje directo a destino. El destino contemplado para el cálculo es el Sudeste Asiático.

Año	Magdalena		Punta Indio Completo		Ahorro de costo de navegación	Neto
	Inversión	Mantenimiento	Inversión	Mantenimiento		
1	110.578	0	0	0	0	-110.578
2	126.875	10.872	0	0	0	-137.748
3	143.172	21.744	-88.279	0	13.265	-63.373
4	83.517	23.339	-73.566	-6.048	11.437	-15.805
5	0	25.572	0	-36.289	9.610	20.327
6	0	25.572	0	-36.289	7.783	18.500
7	0	20.979	0	-36.289	5.956	21.266
8	0	20.979	0	-36.289	4.129	19.439
9	0	20.979	0	-29.017	4.523	12.560
10	0	20.979	0	-29.017	4.916	12.954
11	0	20.979	0	-29.017	5.309	13.347
12	0	20.979	0	-29.017	5.703	13.740
13	0	20.979	0	-29.017	6.096	14.134
14	0	20.979	0	-29.017	6.320	14.357
15	0	20.979	0	-29.017	6.543	14.581
VA	354.859	123.075	-109.588	-127.376	40.558	-200.412

Tabla 69: Flujos de fondo operativos, en miles de usd para el Escenario 1 (Solo Canal Magdalena) operando a 40 pies. Fuente: elaboración propia.

Para confeccionar el flujo del Escenario 1, pero sin aplicar la Ordenanza N°4/2018 sobre márgenes de seguridad bajo quilla, se asumió el que el 50% de los buques que hoy completan carga en Bahía Blanca, Quequén y Santos, dejarán de hacerlo y realizarán el viaje directo a destino. El destino contemplado para el cálculo es el Sudeste Asiático.

Indicador	Solo el Canal Magdalena	
	Calado máximo 38'	Calado máximo 40'
VA de los beneficios	65.480	40.558
VA de los costos	240.970	240.970
Relación beneficio/costo	0,27	0,17

Tabla 70: Relación Costo/ Beneficio, en miles de usd para el Escenario 1 (Solo Canal Magdalena). Fuente: elaboración propia.

Para el caso del Escenario 2, el flujo de fondos es el siguiente:

**FLUJO DE FONDOS PARA LA OPCION 2, DOS CANALES, SALIENDO A 40 PIES DE CALADO APROVECHABLE (SIN APLICAR EL DECRETO 418)**

En miles de u\$s de 2021

Año	Magdalena		Punta Indio		Ahorro de costo de navegación	Neto
	Inversión	Mantenimiento	Inversión	Mantenimiento		
1	110.578	0	0	0	0	-110.578
2	126.875	10.872	0	0	0	-137.748
3	143.172	21.744	88.279	0	0	-253.196
4	83.517	23.339	73.566	6.048	27.394	-159.076
5	0	25.572	0	36.289	25.438	-36.423
6	0	25.572	0	36.289	23.481	-38.380
7	0	20.979	0	36.289	21.524	-35.744
8	0	20.979	0	36.289	19.567	-37.701
9	0	20.979	0	29.017	20.163	-29.833
10	0	20.979	0	29.017	20.759	-29.237
11	0	20.979	0	29.017	21.355	-28.641
12	0	20.979	0	29.017	21.951	-28.045
13	0	20.979	0	29.017	22.547	-27.449
14	0	20.979	0	29.017	22.888	-27.108
15	0	20.979	0	29.017	23.228	-26.768
VA	354.859	123.075	109.588	127.376	101.201	-613.697

También en este caso el Valor Actual Neto es negativo, y la relación beneficio costo resulta similar.

**RELACION BENEFICIO COSTO. En miles de u\$s de 2021**

Indicador	Ambos canales
VA de los beneficios	101.201
VA de los costos	714.898
Relación beneficio/costo	0,17

## APENDICE 2 . ANALISIS DE DISTRIBUCIÓN DE CARGAS, DIFERENCIANDO GRANOS DE HARINAS

Como análisis adicional, a solicitud del Comitente, se analizó el Escenario 1, considerando 38 pies de calado aprovechable y diferenciando los buques que transportan harina y los que transportan granos y asumiendo, también arbitrariamente, que los buques que transportan harina hacen viaje directo. Los resultados obtenidos se presentan a continuación

Tipo de carga	Destino	38 pies		
		2030	2035	2040
Harina	BB	0	0	0
	Santos	42	47	51
	Brasil	59	65	72
	Chile	36	40	43
	M.O.	72	79	87
	Africa	36	40	43
	Europa	371	408	449
	Australia	36	40	43
	Sudeste	197	217	239
Granos	BB	170	187	206
	Santos	47	52	57
	Brasil	106	117	129
	Chile	64	70	77
	M.O.	102	112	124
	Africa	242	267	293
	Europa	0	0	0
	Australia	0	0	0
	Sudeste	212	233	257
Tanque agrícola	Venezuela	21	25	28
	Perú	50	59	65
	S.A.	114	136	148
	Africa	13	16	17
	Europa	23	27	29
	EEUU	34	40	44
Granel no agrícola	Brasil	105	131	146
	Perú	6	7	8
	Venezuela	6	7	8
	EEUU	19	24	26
	BB	28	34	38
	Europa	15	18	20
	Australia	6	7	8
Tanque no agrícola	Venezuela	121	144	156
	Perú	46	55	60
	BB	492	585	638
Porta contenedores	Ptos. del Sur	132	139	146
	Uruguay y Brasil	526	555	585
Cruceros	Ptos. del Sur	7	8	9
	Uruguay y Brasil	131	152	176

Tabla 71: Cantidad de buques clasificados según la carga y el origen o destino. Fuente: elaboración a partir de datos de la Dirección Nacional de Planificación del Transporte de Carga y Logística, Instituto de Estadística y Censos, Administración General de Puertos.

Tipo de carga	Destino	Con 1 Canal		Con los 2 Canales Menor tiempo	Ahorro		Cantidad de viajes por año	Ahorro de tiempo de viaje (total de días)	
		P.Indio	C.Magd.		C.Magd	2 Canales		C.Magd.	2 Canales
Harina	BB	3,00	2,71	2,71	0,29	0,29	0	0	0
	Santos	4,00	4,05	4,00	-0,05	0,00	42	-2	0
	Brasil	4,00	4,06	4,00	-0,06	0,00	59	-4	0
	Chile	11,00	10,71	10,71	0,29	0,29	36	10	10
	M.O.	46,00	46,05	46,00	-0,05	0,00	72	-3	0
	Africa	15,00	15,05	15,00	-0,05	0,00	36	-2	0
	Europa	22,00	22,05	22,00	-0,05	0,00	371	-17	0
	Australia	25,00	25,05	25,00	-0,05	0,00	36	-2	0
	S.A.	33,00	33,05	33,00	-0,05	0,00	197	-9	0
Granos	BB	3,00	2,71	2,71	0,29	0,29	170	50	50
	Santos	4,00	4,05	4,00	-0,05	0,00	47	-2	0
	Brasil	4,00	4,06	4,00	-0,06	0,00	106	-7	0
	Chile	11,00	10,71	10,71	0,29	0,29	64	19	19
	M.O.	46,00	46,05	46,00	-0,05	0,00	102	-5	0
	Africa	15,00	15,05	15,00	-0,05	0,00	242	-11	0
	Europa	22,00	22,05	22,00	-0,05	0,00	0	0	0
	Australia	25,00	25,05	25,00	-0,05	0,00	0	0	0
	S.A.	33,00	33,05	33,00	-0,05	0,00	212	-10	0
Tanque agrícola	Venezuela	33,00	32,71	32,71	0,29	0,29	24	7	7
	Perú	16,00	15,71	15,71	0,29	0,29	55	16	16
	S.A.	33,00	33,05	33,00	-0,05	0,00	130	-6	0
	Africa	15,00	15,05	15,00	-0,05	0,00	15	-1	0
	Europa	21,00	21,05	21,00	-0,05	0,00	26	-1	0
	EEUU	20,00	19,71	19,71	0,29	0,29	39	11	11
Granel no agrícola	Brasil	4,00	4,06	4,00	-0,06	0,00	117	-7	0
	Perú	16,00	16,05	16,00	-0,05	0,00	6	0	0
	Venezuela	33,00	32,71	32,71	0,29	0,29	6	2	2
	EEUU	22,00	21,71	21,71	0,29	0,29	22	6	6
	BB	4,00	3,71	3,71	0,29	0,29	32	9	9
	Europa	22,00	22,05	22,00	-0,05	0,00	17	-1	0
	Australia	25,00	25,05	25,00	-0,05	0,00	6	0	0
Tanque no agrícola	Venezuela	33,00	32,71	32,71	0,29	0,29	136	40	40
	Perú	16,00	15,71	15,71	0,29	0,29	52	15	15
	BB	2,00	1,71	1,71	0,29	0,29	555	162	162
Porta Contenedor	Ptos. del Sur	6,00	5,71	5,71	0,29	0,29	125	36	36
	Uruguay y Brasil	5,00	5,06	5,00	-0,06	0,00	499	-31	0
Cruceros	Ptos. del Sur	6,00	5,71	5,71	0,29	0,29	6	2	2
	Uruguay y Brasil	4,00	4,24	4,00	-0,24	0,00	113	-27	0
TOTAL					3,06	4,37	3.852	210	355

Tabla 72: Tiempo de navegación (n° de días), Año 2030 con 38 pies de calado aprovechable. Fuente: elaboración propia.

Tipo de carga	Destino	Con 1 Canal		Con los 2 Canales	Ahorro		Cantidad de viajes por año	Ahorro de tiempo de viaje (total de días)	
		P.Indio	C.Magd.	Menor tiempo	C.Magd.	2 Canales		C.Magd.	2 Canales
	BB	3,00	2,71	2,71	0,29	0,29	0	0	0
	Santos	4,00	4,05	4,00	-0,05	0,00	47	-2	0
	Brasil	4,00	4,06	4,00	-0,06	0,00	65	-4	0
	Chile	11,00	10,71	10,71	0,29	0,29	40	12	12
	M.O.	46,00	46,05	46,00	-0,05	0,00	79	-4	0
	Africa	15,00	15,05	15,00	-0,05	0,00	40	-2	0
	Europa	22,00	22,05	22,00	-0,05	0,00	408	-19	0
	Australia	25,00	25,05	25,00	-0,05	0,00	40	-2	0
	S.A.	33,00	33,05	33,00	-0,05	0,00	217	-10	0
	BB	3,00	2,71	2,71	0,29	0,29	187	55	55
	Santos	4,00	4,05	4,00	-0,05	0,00	52	-2	0
	Brasil	4,00	4,06	4,00	-0,06	0,00	117	-7	0
	Chile	11,00	10,71	10,71	0,29	0,29	70	20	20
	M.O.	46,00	46,05	46,00	-0,05	0,00	112	-5	0
	Africa	15,00	15,05	15,00	-0,05	0,00	267	-12	0
	Europa	22,00	22,05	22,00	-0,05	0,00	0	0	0
	Australia	25,00	25,05	25,00	-0,05	0,00	0	0	0
	S.A.	33,00	33,05	33,00	-0,05	0,00	233	-11	0
Tanque agrícola	Venezuela	33,00	32,71	32,71	0,29	0,29	24	7	7
	Perú	16,00	15,71	15,71	0,29	0,29	55	16	16
	S.A.	33,00	33,05	33,00	-0,05	0,00	130	-6	0
	Africa	15,00	15,05	15,00	-0,05	0,00	15	-1	0
	Europa	21,00	21,05	21,00	-0,05	0,00	26	-1	0
	EEUU	20,00	19,71	19,71	0,29	0,29	39	11	11
Granel no agrícola	Brasil	4,00	4,06	4,00	-0,06	0,00	117	-7	0
	Perú	16,00	16,05	16,00	-0,05	0,00	6	0	0
	Venezuela	33,00	32,71	32,71	0,29	0,29	6	2	2
	EEUU	22,00	21,71	21,71	0,29	0,29	22	6	6
	BB	4,00	3,71	3,71	0,29	0,29	32	9	9
	Europa	22,00	22,05	22,00	-0,05	0,00	17	-1	0
	Australia	25,00	25,05	25,00	-0,05	0,00	6	0	0
Tanque no agrícola	Venezuela	33,00	32,71	32,71	0,29	0,29	136	40	40
	Perú	16,00	15,71	15,71	0,29	0,29	52	15	15
	BB	2,00	1,71	1,71	0,29	0,29	555	162	162
Porta Contenedor	Ptos. del Sur	6,00	5,71	5,71	0,29	0,29	125	36	36
	Uruguay y Brasil	5,00	5,06	5,00	-0,06	0,00	499	-31	0
Cruceros	Ptos. del Sur	6,00	5,71	5,71	0,29	0,29	6	2	2
	Uruguay y Brasil	4,00	4,24	4,00	-0,24	0,00	113	-27	0
<b>TOTAL</b>					3,06	4,37	4.032	253	409

Tabla 73: Tiempo de navegación (n° de días), Año 2035 con 38 pies de calado aprovechable. Fuente: elaboración propia.

Tipo de carga	Destino	Con 1 Canal		Con los 2 Canales	Ahorro		Cantidad de viajes por año	Ahorro de tiempo de viaje (total de días)	
		P.Indio	C.Magd.	Menor tiempo	C.Magd	2 Canales		C.Magd.	2 Canales
Harina	BB	3,00	2,71	2,71	0,29	0,29	0	0	0
	Santos	4,00	4,05	4,00	-0,05	0,00	51	-2	0
	Brasil	4,00	4,06	4,00	-0,06	0,00	72	-4	0
	Chile	11,00	10,71	10,71	0,29	0,29	43	13	13
	M.O.	46,00	46,05	46,00	-0,05	0,00	87	-4	0
	Africa	15,00	15,05	15,00	-0,05	0,00	43	-2	0
	Europa	22,00	22,05	22,00	-0,05	0,00	449	-21	0
	Australia	25,00	25,05	25,00	-0,05	0,00	43	-2	0
	S.A.	33,00	33,05	33,00	-0,05	0,00	239	-11	0
Granos	BB	3,00	2,71	2,71	0,29	0,29	206	60	60
	Santos	4,00	4,05	4,00	-0,05	0,00	57	-3	0
	Brasil	4,00	4,06	4,00	-0,06	0,00	129	-8	0
	Chile	11,00	10,71	10,71	0,29	0,29	77	23	23
	M.O.	46,00	46,05	46,00	-0,05	0,00	124	-6	0
	Africa	15,00	15,05	15,00	-0,05	0,00	293	-13	0
	Europa	22,00	22,05	22,00	-0,05	0,00	0	0	0
	Australia	25,00	25,05	25,00	-0,05	0,00	0	0	0
	S.A.	33,00	33,05	33,00	-0,05	0,00	257	-12	0
Tanque agrícola	Venezuela	33,00	32,71	32,71	0,29	0,29	24	7	7
	Perú	16,00	15,71	15,71	0,29	0,29	55	16	16
	S.A.	33,00	33,05	33,00	-0,05	0,00	130	-6	0
	Africa	15,00	15,05	15,00	-0,05	0,00	15	-1	0
	Europa	21,00	21,05	21,00	-0,05	0,00	26	-1	0
	EEUU	20,00	19,71	19,71	0,29	0,29	39	11	11
Granel no agrícola	Brasil	4,00	4,06	4,00	-0,06	0,00	117	-7	0
	Perú	16,00	16,05	16,00	-0,05	0,00	6	0	0
	Venezuela	33,00	32,71	32,71	0,29	0,29	6	2	2
	EEUU	22,00	21,71	21,71	0,29	0,29	22	6	6
	BB	4,00	3,71	3,71	0,29	0,29	32	9	9
	Europa	22,00	22,05	22,00	-0,05	0,00	17	-1	0
	Australia	25,00	25,05	25,00	-0,05	0,00	6	0	0
Tanque no agrícola	Venezuela	33,00	32,71	32,71	0,29	0,29	136	40	40
	Perú	16,00	15,71	15,71	0,29	0,29	52	15	15
	BB	2,00	1,71	1,71	0,29	0,29	555	162	162
Porta Contenedor	Ptos. del Sur	6,00	5,71	5,71	0,29	0,29	125	36	36
	Uruguay y Brasil	5,00	5,06	5,00	-0,06	0,00	499	-31	0
Cruceros	Ptos. del Sur	6,00	5,71	5,71	0,29	0,29	6	2	2
	Uruguay y Brasil	4,00	4,24	4,00	-0,24	0,00	113	-27	0
TOTAL					3,06	4,37	4.354	278	443

Tabla 74: Tiempo de navegación (n° de días), Año 2040 con 38 pies de calado aprovechable. Fuente: elaboración propia.

Tipo de carga	Destino	Ahorro de días		Costo por día de navegación	Ahorro de costo	
		1 Canal	2 Canales		1 Canal	2 Canales
Harina	BB	0	0	34.567	0	0
	Chile	-2	0	34.567	-67	0
	S.A.	-4	0	26.260	-98	0
	M.O.	10	10	32.934	345	345
	Africa	-3	0	32.934	-108	0
	Europa	-2	0	32.934	-54	0
	Australia	-17	0	32.934	-560	0
	Brasil	-2	0	32.934	-54	0
Granos	Santos	-9	0	34.567	-313	0
	Brasil	50	50	34.567	1.713	1.713
	Chile	-2	0	34.567	-75	0
	S.A.	-7	0	26.260	-175	0
	M.O.	19	19	32.934	613	613
	Africa	-5	0	32.934	-154	0
	Europa	-11	0	32.934	-366	0
	Australia	0	0	32.934	0	0
	BB	0	0	32.934	0	0
Santos	-10	0	34.567	-336	0	
Tanque agrícola	Venezuela	7	7	23.764	164	164
	Peru	16	16	23.764	382	382
	S.A.	-6	0	31.776	-189	0
	Africa	-1	0	31.776	-22	0
	Europa	-1	0	31.776	-37	0
	EEUU	11	11	31.776	358	358
Granel no agrícola	Brasil	-7	0	30.064	-219	0
	Peru	0	0	25.782	-7	0
	Venezuela	2	2	25.782	46	46
	EEUU	6	6	34.842	224	224
		9	9	34.842	326	326
	Europa	-1	0	34.842	-27	0
	Australia	0	0	34.842	-10	0
Tanque no agrícola	Venezuela	40	40	30.708	1.218	1.218
	Perú	15	15	30.708	464	464
	BB	162	162	30.708	4.971	4.971
Porta Contenedor	Ptos. del Sur	36	36	51.756	1.884	1.884
	Uruguay y Brasil	-31	0	51.756	-1.615	0
Cruceros	Ptos. del Sur	-1	0	138.088	238	238
	Uruguay y Brasil	-27	0	138.088	-3.708	0
Total					3.884	12.022

Tabla 75: Ahorro Costo de navegación (en miles de usd). Año 2030 a 38 pies de calado aprovechable. Fuente: elaboración propia.



Tipo de carga	Destino	Ahorro de días		Costo por día de navegación	Ahorro de costo	
		1 Canal	2 Canales		1 Canal	2 Canales
Harina	BB	0	0	34.567	0	0
	Chile	-2	0	34.567	-74	0
	S.A.	-4	0	26.260	-107	0
	M.O.	12	12	32.934	379	379
	Africa	-4	0	32.934	-119	0
	Europa	-2	0	32.934	-60	0
	Australia	-19	0	32.934	-616	0
	Brasil	-2	0	32.934	-60	0
Granos	Santos	-10	0	34.567	-344	0
	Brasil	55	55	34.567	1.885	1.885
	Chile	-2	0	34.567	-82	0
	S.A.	-7	0	26.260	-192	0
	M.O.	20	20	32.934	674	674
	Africa	-5	0	32.934	-169	0
	Europa	-12	0	32.934	-402	0
	Australia	0	0	32.934	0	0
	BB	0	0	32.934	0	0
Santos	-11	0	34.567	-370	0	
Tanque agrícola	Venezuela	7	7	23.764	164	164
	Peru	16	16	23.764	382	382
	S.A.	-6	0	31.776	-189	0
	Africa	-1	0	31.776	-22	0
	Europa	-1	0	31.776	-37	0
	EEUU	11	11	31.776	358	358
Granel no agrícola	Brasil	-7	0	30.064	-219	0
	Peru	0	0	25.782	-7	0
	Venezuela	2	2	25.782	46	46
	EEUU	6	6	34.842	224	224
		9	9	34.842	326	326
	Europa	-1	0	34.842	-27	0
	Australia	0	0	34.842	-10	0
Tanque no agrícola	Venezuela	40	40	30.708	1.218	1.218
	Perú	15	15	30.708	464	464
	BB	162	162	30.708	4.971	4.971
Porta Contenedor	Ptos. del Sur	36	36	51.756	1.884	1.884
	Uruguay y Brasil	-31	0	51.756	-1.615	0
Cruceros	Ptos. del Sur	-1	0	138.088	238	238
	Uruguay y Brasil	-27	0	138.088	-3.708	0
Total					5.210	13.683

Tabla 76: Ahorro Costo de navegación (en miles de usd). Año 2035 a 38 pies de calado aprovechable. Fuente: elaboración propia.

Tipo de carga	Destino	Ahorro de días		Costo por día de navegación	Ahorro de costo	
		1 Canal	2 Canales		1 Canal	2 Canales
Harina	BB	0	0	34.567	0	0
	Chile	-2	0	34.567	-81	0
	S.A.	-4	0	26.260	-118	0
	M.O.	13	13	32.934	417	417
	Africa	-4	0	32.934	-131	0
	Europa	-2	0	32.934	-66	0
	Australia	-21	0	32.934	-678	0
	Brasil	-2	0	32.934	-66	0
Granos	Santos	-11	0	34.567	-378	0
	Brasil	60	60	34.567	2.073	2.073
	Chile	-3	0	34.567	-91	0
	S.A.	-8	0	26.260	-211	0
	M.O.	23	23	32.934	742	742
	Africa	-6	0	32.934	-186	0
	Europa	-13	0	32.934	-443	0
	Australia	0	0	32.934	0	0
	BB	0	0	32.934	0	0
Tanque agrícola	Santos	-12	0	34.567	-407	0
	Venezuela	7	7	23.764	164	164
	Peru	16	16	23.764	382	382
	S.A.	-6	0	31.776	-189	0
	Africa	-1	0	31.776	-22	0
	Europa	-1	0	31.776	-37	0
Granel no agrícola	EEUU	11	11	31.776	358	358
	Brasil	-7	0	30.064	-219	0
	Peru	0	0	25.782	-7	0
	Venezuela	2	2	25.782	46	46
	EEUU	6	6	34.842	224	224
		9	9	34.842	326	326
	Europa	-1	0	34.842	-27	0
Tanque no agrícola	Australia	0	0	34.842	-10	0
	Venezuela	40	40	30.708	1.218	1.218
	Perú	15	15	30.708	464	464
Porta Contenedor	BB	162	162	30.708	4.971	4.971
	Ptos. del Sur	36	36	51.756	1.884	1.884
Cruceros	Uruguay y Brasil	-31	0	51.756	-1.615	0
	Ptos. del Sur	-1	0	138.088	238	238
	Uruguay y Brasil	-27	0	138.088	-3.708	0
Total					5.981	14.772

Tabla 77: Ahorro Costo de navegación (en miles de usd). Año 2040 a 38 pies de calado aprovechable. Fuente: elaboración propia.

Año	Magdalena		Punta Indio		Ahorro de costo de navegación*	Neto
	Inversión	Mante-nimiento	Inversión	Mante-nimiento		
1	110.578	0	0	0	0	-110.578
2	126.875	10.872	0	0	0	-137.748
3	143.172	21.744	-88.279	0	13.265	-63.373
4	83.517	23.339	-73.566	-6.048	12.165	-15.077
5	0	25.572	0	-36.289	11.066	21.783
6	0	25.572	0	-36.289	9.967	20.684
7	0	20.979	0	-36.289	8.868	24.178
8	0	20.979	0	-36.289	7.769	23.079
9	0	20.979	0	-29.017	8.299	16.337
10	0	20.979	0	-29.017	8.829	16.867
11	0	20.979	0	-29.017	9.359	17.397
12	0	20.979	0	-29.017	9.889	17.927
13	0	20.979	0	-29.017	10.420	18.457
14	0	20.979	0	-29.017	10.728	18.766
15	0	20.979	0	-29.017	11.037	19.075
VA	354.859	123.075	-109.588	-127.376	53.315	-187.655

Tabla 78: Flujo 1. Un solo canal, considerando 38 pies de calado aprovechable y diferenciando los buques que transportan harina y los que transportan granos. Los buques que transportan harina hacen viaje directo (En miles de u\$s de 2021). Fuente: elaboración propia.

Indicador	Considerando el transporte de granos y harinas sin diferenciar	Diferenciando los buques que transportan harina y los que transportan granos
VA de los beneficios	65.480	53.315
VA de los costos	240.970	240.970
Relación beneficio/costo	0,27	0,22

Tabla 79: Relación Beneficio/Costo, en miles de usd. Fuente: elaboración propia.

APENDICE 3 . AHORRO DE TIEMPO DE NAVEGACION

Tipo de carga	Destino	Con 1 Canal		Con los 2 Canales	Ahorro		Cantidad de viajes por año	Ahorro tiempo de viaje (total de días)	
		P.Indio	C.Magd.	Menor tiempo	C.Magd.	2 Canales		C.Magd.	2 Canales
Granel agrícola	BB	3,00	2,71	2,71	0,29	0,29	337	98	98
	Santos	4,00	4,05	4,00	-0,05	0,00	94	-4	0
	Brasil	4,00	4,06	4,00	-0,06	0,00	168	-11	0
	Chile	11,00	10,71	10,71	0,29	0,29	104	30	30
	M.O.	46,00	46,05	46,00	-0,05	0,00	182	-8	0
	África	15,00	15,05	15,00	-0,05	0,00	294	-13	0
	Europa	22,00	22,05	22,00	-0,05	0,00	379	-17	0
	Australia	25,00	25,05	25,00	-0,05	0,00	37	-2	0
Tanque agrícola	S.A.	33,00	33,05	33,00	-0,05	0,00	277	-13	0
	Venezuela	33,00	32,71	32,71	0,29	0,29	24	7	7
	Perú	16,00	15,71	15,71	0,29	0,29	55	16	16
	S.A.	33,00	33,05	33,00	-0,05	0,00	130	-6	0
	África	15,00	15,05	15,00	-0,05	0,00	15	-1	0
	Europa	21,00	21,05	21,00	-0,05	0,00	26	-1	0
Granel no agrícola	EEUU	20,00	19,71	19,71	0,29	0,29	39	11	11
	Brasil	4,00	4,06	4,00	-0,06	0,00	117	-7	0
	Perú	16,00	16,05	16,00	-0,05	0,00	6	0	0
	Venezuela	33,00	32,71	32,71	0,29	0,29	6	2	2
	EEUU	22,00	21,71	21,71	0,29	0,29	22	6	6
	BB	4,00	3,71	3,71	0,29	0,29	32	9	9
	Europa	22,00	22,05	22,00	-0,05	0,00	17	-1	0
Tanque no agrícola	Australia	25,00	25,05	25,00	-0,05	0,00	6	0	0
	Venezuela	33,00	32,71	32,71	0,29	0,29	136	40	40
	Perú	16,00	15,71	15,71	0,29	0,29	52	15	15
Porta Contenedor	BB	2,00	1,71	1,71	0,29	0,29	555	162	162
	Ptos. del Sur	6,00	5,71	5,71	0,29	0,29	125	36	36
Cruceros	Uruguay y Brasil	5,00	5,06	5,00	-0,06	0,00	499	-31	0
	Ptos. del Sur	6,00	6,24	6,00	-0,24	0,00	6	-1	0
	Uruguay y Brasil	4,00	4,24	4,00	-0,24	0,00	113	-27	0
							Total	261	400

Tabla 80: Ahorro de tiempo de navegación (días) año 2030 a 38 pies de calado aprovechable. Fuente: elaboración propia.

Tipo de carga	Destino	Con 1 Canal		Con los 2 Canales	Ahorro		Cantidad de viajes por año	Ahorro tiempo de viaje (total de días)	
		P.Indio	C.Magd.	Menor tiempo	C.Magd.	2 Canales		C.Magd.	2 Canales
Granel agrícola	BB	3,00	2,71	2,71	0,29	0,29	323	94	94
	Santos	4,00	4,05	4,00	-0,05	0,00	90	-4	0
	Brasil	4,00	4,06	4,00	-0,06	0,00	167	-10	0
	Chile	11,00	10,71	10,71	0,29	0,29	100	29	29
	M.O.	46,00	46,05	46,00	-0,05	0,00	174	-8	0
	África	15,00	15,05	15,00	-0,05	0,00	282	-13	0
	Europa	22,00	22,05	22,00	-0,05	0,00	363	-17	0
	Australia	25,00	25,05	25,00	-0,05	0,00	35	-2	0
Tanque agrícola	S.A.	33,00	33,05	33,00	-0,05	0,00	260	-12	0
	Venezuela	33,00	32,71	32,71	0,29	0,29	21	6	6
	Perú	16,00	15,71	15,71	0,29	0,29	50	15	15
	S.A.	33,00	33,05	33,00	-0,05	0,00	114	-5	0
	África	15,00	15,05	15,00	-0,05	0,00	13	-1	0
	Europa	21,00	21,05	21,00	-0,05	0,00	23	-1	0
Granel no agrícola	EEUU	20,00	19,71	19,71	0,29	0,29	34	10	10
	Brasil	4,00	4,06	4,00	-0,06	0,00	105	-7	0
	Perú	16,00	16,05	16,00	-0,05	0,00	6	0	0
	Venezuela	33,00	32,71	32,71	0,29	0,29	6	2	2
	EEUU	22,00	21,71	21,71	0,29	0,29	19	6	6
	BB	4,00	3,71	3,71	0,29	0,29	28	8	8
	Europa	22,00	22,05	22,00	-0,05	0,00	15	-1	0
Tanque no agrícola	Australia	25,00	25,05	25,00	-0,05	0,00	6	0	0
	Venezuela	33,00	32,71	32,71	0,29	0,29	121	35	35
	Perú	16,00	15,71	15,71	0,29	0,29	46	13	13
Porta Contenedor	BB	2,00	1,71	1,71	0,29	0,29	492	144	144
	Ptos. del Sur	6,00	5,71	5,71	0,29	0,29	125	36	36
Cruceros	Uruguay y Brasil	5,00	5,06	5,00	-0,06	0,00	499	-31	0
	Ptos. del Sur	6,00	6,24	6,00	-0,24	0,00	6	2	2
	Uruguay y Brasil	4,00	4,24	4,00	-0,24	0,00	113	-27	0
	<b>Total</b>							<b>310</b>	<b>458</b>

Tabla 81: Ahorro de tiempo de navegación (días) año 2035 a 38 pies de calado aprovechable. Fuente: elaboración propia.

Tipo de carga	Destino	Con 1 Canal		Con los 2 Canales	Ahorro		Cantidad de viajes por año	Ahorro tiempo de viaje (total de días)	
		P.Indio	C.Magd.	Menor tiempo	C.Magd.	2 Canales		C.Magd.	2 Canales
Granel agrícola	BB	3,00	2,71	2,71	0,29	0,29	337	98	98
	Santos	4,00	4,05	4,00	-0,05	0,00	94	-4	0
	Brasil	4,00	4,06	4,00	-0,06	0,00	168	-11	0
	Chile	11,00	10,71	10,71	0,29	0,29	104	30	30
	M.O.	46,00	46,05	46,00	-0,05	0,00	182	-8	0
	África	15,00	15,05	15,00	-0,05	0,00	294	-13	0
	Europa	22,00	22,05	22,00	-0,05	0,00	379	-17	0
	Australia	25,00	25,05	25,00	-0,05	0,00	37	-2	0
	S.A.	33,00	33,05	33,00	-0,05	0,00	277	-13	0
Tanque agrícola	Venezuela	33,00	32,71	32,71	0,29	0,29	24	7	7
	Perú	16,00	15,71	15,71	0,29	0,29	55	16	16
	S.A.	33,00	33,05	33,00	-0,05	0,00	130	-6	0
	África	15,00	15,05	15,00	-0,05	0,00	15	-1	0
	Europa	21,00	21,05	21,00	-0,05	0,00	26	-1	0
	EEUU	20,00	19,71	19,71	0,29	0,29	39	11	11
Granel no agrícola	Brasil	4,00	4,06	4,00	-0,06	0,00	117	-7	0
	Perú	16,00	16,05	16,00	-0,05	0,00	6	0	0
	Venezuela	33,00	32,71	32,71	0,29	0,29	6	2	2
	EEUU	22,00	21,71	21,71	0,29	0,29	22	6	6
	BB	4,00	3,71	3,71	0,29	0,29	32	9	9
	Europa	22,00	22,05	22,00	-0,05	0,00	17	-1	0
	Australia	25,00	25,05	25,00	-0,05	0,00	6	0	0
Tanque no agrícola	Venezuela	33,00	32,71	32,71	0,29	0,29	136	40	40
	Perú	16,00	15,71	15,71	0,29	0,29	52	15	15
	BB	2,00	1,71	1,71	0,29	0,29	555	162	162
Porta Contenedor	Ptos. del Sur	6,00	5,71	5,71	0,29	0,29	125	36	36
	Uruguay y Brasil	5,00	5,06	5,00	-0,06	0,00	499	-31	0
Cruceros	Ptos. del Sur	6,00	6,24	6,00	-0,24	0,00	6	-1	0
	Uruguay y Brasil	4,00	4,24	4,00	-0,24	0,00	113	-27	0
							<b>Total</b>	<b>340</b>	<b>498</b>

Tabla 82: Ahorro de tiempo de navegación (días) año 2040 a 38 pies de calado aprovechable. Fuente: elaboración propia.

## APENDICE 4 . AHORRO DE COSTO DE NAVEGACION

Las siguientes tablas resumen ahorros por costos de navegación

Tipo de carga	Destino	Ahorro de días		Costo por día de navegación	Ahorro de costo	
		1 Canal	2 Canales		1 Canal	2 Canales
Granel agrícola	Brasil	94	94	34.567	3.255	3.255
	Chile	-4	0	34.567	-142	0
	S.A.	-10	0	26.260	-273	0
	M.O.	29	29	32.934	962	962
	África	-8	0	32.934	-263	0
	Europa	-13	0	32.934	-426	0
	Australia	-17	0	32.934	-548	0
	BB	-2	0	32.934	-53	0
	Santos	-12	0	34.567	-412	0
Tanque agrícola	Venezuela	6	6	23.764	148	148
	Perú	15	15	23.764	345	345
	S.A.	-5	0	31.776	-167	0
	África	-1	0	31.776	-19	0
	Europa	-1	0	31.776	-33	0
	EEUU	10	10	31.776	316	316
Granel no agrícola	Brasil	-7	0	30.064	-198	0
	Perú	0	0	25.782	-7	0
	Venezuela	2	2	25.782	43	43
	EEUU	6	6	34.842	193	193
		8	8	34.842	280	280
	Europa	-1	0	34.842	-24	0
	Australia	0	0	34.842	-9	0
Tanque no agrícola	Venezuela	35	35	30.708	1.081	1.081
	Perú	13	13	30.708	412	412
	BB	144	144	30.708	4.411	4.411
Porta Contenedor	Ptos. del Sur	36	36	51.756	1.884	1.884
	Uruguay y Brasil	-31	0	51.756	-1.615	0
Cruceros	Ptos. del Sur	2	2	138.088	238	238
	Uruguay y Brasil	-27	0	138.088	-3.708	0
Total					5.674	13.569

Tabla 83: Ahorro costo de navegación miles de u\$s. Año 2030 a 38 pies de calado aprovechable. Fuente: elaboración propia.

Tipo de carga	Destino	Ahorro de días		Costo por día de navegación	Ahorro de costo	
		1 Canal	2 Canales		1 Canal	2 Canales
Granel agrícola	Brasil	104	104	34.567	3.581	3.581
	Chile	-5	0	34.567	-156	0
	S.A.	-11	0	26.260	-301	0
	M.O.	32	32	32.934	1.058	1.058
	África	-9	0	32.934	-289	0
	Europa	-14	0	32.934	-469	0
	Australia	-18	0	32.934	-603	0
	BB	-2	0	32.934	-58	0
	Santos	-13	0	34.567	-453	0
Tanque agrícola	Venezuela	7	7	23.764	176	176
	Perú	17	17	23.764	410	410
	S.A.	-6	0	31.776	-198	0
	África	-1	0	31.776	-23	0
	Europa	-1	0	31.776	-39	0
	EEUU	12	12	31.776	375	375
Granel no agrícola	Brasil	-8	0	30.064	-246	0
	Perú	0	0	25.782	-8	0
	Venezuela	2	2	25.782	54	54
	EEUU	7	7	34.842	240	240
		10	10	34.842	348	348
	Europa	-1	0	34.842	-29	0
	Australia	0	0	34.842	-11	0
Tanque no agrícola	Venezuela	42	42	30.708	1.285	1.285
	Perú	16	16	30.708	489	489
	BB	171	171	30.708	5.244	5.244
Porta Contenedor	Ptos. del Sur	36	36	51.756	1.884	1.884
	Uruguay y Brasil	-31	0	51.756	-1.615	0
Cruceros	Ptos. del Sur	2	2	138.088	238	238
	Uruguay y Brasil	-27	0	138.088	-3.708	0
Total					7.718	15.384

Tabla 84: Ahorro costo de navegación miles de u\$s. Año 2035 a 38 pies de calado aprovechable. Fuente: elaboración propia.



Tipo de carga	Destino	Ahorro de días		Costo por día de navegación	Ahorro de costo	
		1 Canal	2 Canales		1 Canal	2 Canales
Granel agrícola	Brasil	114	114	34.567	3.940	3.940
	Chile	-5	0	34.567	-172	0
	S.A.	-13	0	26.260	-331	0
	M.O.	35	35	32.934	1.164	1.164
	África	-10	0	32.934	-318	0
	Europa	-16	0	32.934	-516	0
	Australia	-20	0	32.934	-663	0
	BB	-2	0	32.934	-64	0
	Santos	-14	0	34.567	-498	0
Tanque agrícola	Venezuela	8	8	23.764	192	192
	Perú	19	19	23.764	447	447
	S.A.	-7	0	31.776	-216	0
	África	-1	0	31.776	-25	0
	Europa	-1	0	31.776	-42	0
	EEUU	13	13	31.776	409	409
Granel no agrícola	Brasil	-9	0	30.064	-274	0
	Perú	0	0	25.782	-9	0
	Venezuela	2	2	25.782	60	60
	EEUU	8	8	34.842	267	267
		11	11	34.842	388	388
	Europa	-1	0	34.842	-33	0
	Australia	0	0	34.842	-12	0
Tanque no agrícola	Venezuela	46	46	30.708	1.402	1.402
	Perú	17	17	30.708	534	534
	BB	186	186	30.708	5.718	5.718
Porta Contenedor	Ptos. del Sur	36	36	51.756	1.884	1.884
	Uruguay y Brasil	-31	0	51.756	-1.615	0
Cruceros	Ptos. del Sur	2	2	138.088	238	238
	Uruguay y Brasil	-27	0	138.088	-3.708	0
Total					8.147	16.644

Tabla 85: Ahorro costo de navegación miles de u\$s. Año 2040 a 38 pies de calado aprovechable. Fuente: elaboración propia.