

PROVINCIA DE CORRIENTES
CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

NUEVO PUERTO DE LA CIUDAD DE
CORRIENTES

TOMO 1

INFORME FINAL

ABRIL 2019

por

CIVILTEC CONSULTORES SRL
Esmeralda 570 1º 1
1007 Buenos Aires
Argentina

+54 11 4326 7150
+54 9 11 4540 3515

Tabla de Contenidos

1.0	INTRODUCCIÓN.....	1
2.0	ESTUDIOS DE SUELOS.....	4
3.0	RELEVAMIENTOS TOPOBATIMÉTRICOS Y MEDICIONES DE CORRIENTES Y CAUDALES	6
4.0	AJUSTE DEL <i>LAYOUT</i>	8
4.1	Desarrollo del puerto	8
4.2	Buques de diseño	9
4.3	Capacidades	10
4.4	Cotas.....	11
4.5	<i>Layout</i> del polo portuario.....	15
4.5.1	Distribución general	15
4.5.2	<i>Layout</i> de la terminal de contenedores.....	17
5.0	ESTUDIO HIDROSEDIMENTOLÓGICO	20
5.1	Introducción.....	20
5.2	Configuración del modelo.....	20
5.3	Ajuste del modelo.....	22
5.4	Recurrencia de caudales.....	24
5.5	Escenarios de modelación	25
5.5.1	Escenario 0: Escenario actual	25
5.5.2	Escenario 1: Terminal de contenedores	25
5.5.3	Escenario 2: Terminal de contenedores y Astillero	25
5.6	Resultados de la modelación hidrodinámica	26
5.7	Análisis de erosión	36
6.0	DISEÑO DE PROTECCIONES COSTERAS.....	40
6.1	Erosión y procesos morfológicos	40
6.2	Tipologías de soluciones de protecciones costeras	43
6.3	Diseño de las protecciones	46
6.3.1	Parámetros de diseño.....	46
6.3.2	Dimensionamiento del rip-rap	49
6.3.3	Planos.....	50
7.0	TABLESTACADO.....	51
8.0	DISEÑO DE OBRAS VIALES.....	53
8.1	Camino de acceso.....	53
8.1.1	Definiciones	53
8.1.2	Diseño geométrico.....	53
8.1.3	Pavimento.....	56
8.1.4	Diseño de Desagües	57
8.2	Entrada al puerto.....	61
8.3	Estacionamiento de camiones	62
8.4	Pavimentos de la terminal	63
8.4.1	Zona de circulación de camiones	64
8.4.2	Patio de contenedores.....	64
8.4.3	Pavimentos de muelle	65
8.4.4	Desagües Pluviales	65
9.0	DISEÑO DE MUELLE DE CONTENEDORES Y CARGA GENERAL ...	72
9.1	Defensas de muelles.....	72



9.2	Estados de cargas.....	73
9.2.1	Sobrecarga sobre losa.....	73
9.2.2	Tiros de amarras.....	73
9.2.3	Grúa.....	73
9.2.4	Acopio.....	74
9.2.5	Camiones	74
9.2.6	Reachstackers	75
9.2.7	Reacciones de defensas	76
9.2.8	Escenarios.....	76
9.3	Diseño geométrico	76
9.4	Diseño estructural	77
9.5	Optimización de la estructura.....	78
9.6	Planos	78
10.0	INSTALACIONES AUXILIARES.....	79
10.1	Energía e iluminación	79
10.1.1	Línea de alimentación	79
10.1.2	Iluminación	79
10.1.3	Consumos eléctricos	84
10.1.4	Dimensionamiento de la subestación transformadora.....	85
10.1.5	Tablero general de distribución	85
10.1.6	Líneas de distribución de energía	86
10.2	Sistema contra incendio.....	89
10.2.1	Sala de bombas	89
10.2.2	Cañería troncal exterior y subterránea	90
10.2.3	Bocas de incendio	91
10.2.4	Características de los materiales	91
10.3	Agua dulce	93
10.4	Desagües cloacales	94
10.4.1	Cámara séptica	94
10.4.2	Lecho de infiltración	96
10.5	Otras instalaciones auxiliares	98
11.0	EIA PRELIMINAR DE MUELLE DE CONTENEDORES.....	99
12.0	PLAN DE EJECUCIÓN, CÓMPUTO Y PRESUPUESTO.....	102
13.0	DISEÑO CONCEPTUAL DE TERMINAL DE COMBUSTIBLES	107
13.1	Estimación de la demanda.....	107
13.1.1	Mercado internacional de combustibles	107
13.1.2	Mercado local de combustibles	107
13.1.3	Sistema de transporte de combustibles.....	111
13.1.4	Terminales portuarias de combustible en la Mesopotamia.....	112
13.1.5	Captación del Nuevo Puerto de la Ciudad de Corrientes	113
13.1.6	Conclusiones.....	116
13.2	Parámetros de diseño	117
13.2.1	Buques de diseño.....	117
13.2.2	Niveles de coronamiento y de pie de muelle	118
13.2.3	Capacidad de muelle y manipulación	119
13.2.4	Capacidad de tanques.....	120
13.2.5	Capacidad de despacho.....	120
13.2.6	Instalaciones auxiliares	121
13.3	Proyecto conceptual y layout	122



13.4	Cómputo y presupuesto	125
13.5	Recomendaciones	126
14.0	DISEÑO CONCEPTUAL DE ASTILLERO O TALLER NAVAL	128
14.1	Evolución de la Flota Fluvial en el río Paraná/Paraguay	128
14.2	Demanda potencial	131
14.3	Capacidad instalada	132
14.3.1	Astillero Corrientes	132
14.3.2	Astilleros Fluvimar	133
14.3.3	Astilleros Riopal SA	133
14.3.4	Astilleros Paraná Sur	133
14.3.5	Astilleros Martins (Km 332), Ramallo	133
14.3.6	Astillero Punta Alvear Santa Fe	133
14.3.7	Astillero Tsuneishi Villeta Paraguay	134
14.3.8	Astillero CIE Paraguay	134
14.3.9	Astillero RASI Paraguay	134
14.3.10	Astillero Aguapé Paraguay	134
14.3.11	Astillero La Barca Paraguay	134
14.4	Dificultades que encuentra la industria naval en la Mesopotamia..	134
14.5	Potencial atracción de servicios hacia el nuevo Puerto de Corrientes	135
14.6	Dimensionamiento del astillero	136
14.7	Proyecto conceptual	138
14.8	Cómputo y presupuesto	140
14.9	Recomendaciones	142

Índice de Tablas

Tabla 1: Resumen de perforaciones realizadas para el estudio de suelos	4
Tabla 2: Buques de diseño seleccionados	10
Tabla 3: Captación de contenedores por el Nuevo Puerto de Corrientes	10
Tabla 4: Caudales extremos según recurrencia para el Puerto de Corrientes .	13
Tabla 5: Recurrencia de caudales y niveles hidrométricos en el Puerto de Corrientes.....	24
Tabla 6: Recurrencia de niveles hidrométricos y caudales en El Sombrero.....	25
Tabla 7: Velocidades promediadas en la vertical del Escenario 1 y su variación con respecto al Escenario 0. R = 5 años.....	30
Tabla 8: Velocidades promediadas en la vertical del Escenario 2 y su variación con respecto al Escenario 0. R = 5 años.....	31
Tabla 9: Velocidades promediadas en la vertical del Escenario 1 y su variación con respecto al Escenario 0. R = 20 años.....	33
Tabla 10: Velocidades promediadas en la vertical del Escenario 2 y su variación con respecto al Escenario 0. R = 20 años.....	33
Tabla 11: Velocidades promediadas en la vertical del Escenario 1 y su variación con respecto al Escenario 0. R = 50 años.....	34
Tabla 12: Velocidades promediadas en la vertical del Escenario 2 y su variación con respecto al Escenario 0. R = 50 años.....	34
Tabla 13: Tabla comparativa de soluciones constructivas para protección costera	44



Tabla 14: Diseño de curvas horizontales	55
Tabla 15: Características de las cuencas.....	60
Tabla 16: Características de las cunetas	61
Tabla 17: Valor de C y su relación con la clasificación hidrológica de suelos del SCS.....	67
Tabla 18: Diámetro de conductos pluviales.....	68
Tabla 19: Cálculo del canal norte	69
Tabla 20: Cálculo del canal sur	70
Tabla 21: Conductores eléctricos	87
Tabla 22: Consumos de agua	93
Tabla 23: Volúmenes para dimensionado de cámaras sépticas	95
Tabla 24: Cómputo y presupuesto de obra	106
Tabla 25: Importación y exportación de hidrocarburos.....	110
Tabla 26: Ventas totales de todos los productos procesados de hidrocarburos	110
Tabla 27: Ventas de hidrocarburos procesados por provincia. Totales y provistos por Shell e YPF (Elaboración propia con datos de la Secretaría de Energía, datos del 2017).	113
Tabla 28: Cómputo y presupuesto de la terminal de combustibles	127
Tabla 29: Proyección de demanda de servicios navales.....	137
Tabla 30: Tiempos de ocupación de instalaciones navales	137
Tabla 31: Proyección de demanda de servicios navales.....	141

Índice de Figuras

Figura 1: Detalle de imagen obtenida por el dron.....	6
Figura 2: Plano de mensura del lote adquirido para el desarrollo del nuevo puerto	9
Figura 3: Probabilidad de ocurrencia de niveles en Corrientes	11
Figura 4: Ubicación de las estaciones de Corrientes y Empedrado	12
Figura 5: Curva H-Q del río Paraná en Corrientes	13
Figura 6: Niveles simultáneos en Corrientes y Empedrado.....	14
Figura 7: Grilla generada en dominio de cálculo	21
Figura 8: Mapeo de cotas topobatimétricas (referidas al cero de Corrientes) ..	22
Figura 9: Mapa de Velocidades. Resultado del ajuste del modelo	23
Figura 10: Relación de velocidades	24
Figura 11: Esquema del Escenario 1	25
Figura 12: Esquema del Escenario 2	26
Figura 13: Profundidades y velocidades para el Escenario 0. R = 5 años	27
Figura 14: Profundidades y velocidades para el Escenario 0. R = 20 años	27
Figura 15: Profundidades y velocidades para el Escenario 0. R = 50 años	28
Figura 16: Perfiles para comparación de escenarios	28
Figura 17: Resultados de los Escenarios 0, 1 y 2. R = 5 años	29
Figura 18: Resultados de los Escenarios 0, 1 y 2. R = 20 años	32
Figura 19: Resultados de los Escenarios 0, 1 y 2. R = 50 años	35
Figura 20: Erosión generalizada en sección Astillero. R = 20 años	37



Figura 21: Erosión generalizada. Sección Terminal de contenedores. R=20 años	38
Figura 22: Imágenes satelitales de la zona portuaria. Arr. Izq: 2004; Arr. Der: 2005; Abajo izq.: 2013; Abajo Der.: 2017	41
Figura 23: Delineado de las líneas de costa de 2017 (celeste) y 2010 (azul) ..	42
Figura 24: Tubo geotextil MacTubes utilizado como escollera (Fuente: Maccaferri)	45
Figura 25: Protección con mantas flexibles (Fuente: Coripa)	45
Figura 26: Izq. protección con bloques Bentonplan (Fuente: Coripa); der. Riprap	45
Figura 27: Esquema del jet generado por una hélice (Froehlich et al.)	48
Figura 28: Variación de la velocidad respecto del diámetro de la hélice	49
Figura 29: Tablestacas tipo U (PU)	51
Figura 30: Características de la curva horizontal	55
Figura 31: Ejemplo de curvas verticales.....	56
Figura 32: Delineación de subcuencas a partir del DEM de IGN	58
Figura 33: Delineación de subcuencas a partir del DEM relevado por el dron ..	58
Figura 34: Delineación de subcuencas a partir de datos relevados	59
Figura 35: Curva de Intensidad, Duración, y Frecuencia, Resistencia	60
Figura 36: Estacionamiento marcha atrás de semirremolque	62
Figura 37: Maniobra de entrada a estacionamiento	62
Figura 38: Maniobra de salida del estacionamiento	63
Figura 39: Áreas de aporte a conductos pluviales.....	68
Figura 40: Decantador - Interceptor	70
Figura 41: Defensas y rango de niveles (dibujo esquemático)	73
Figura 42: Grúa móvil sobre neumáticos.....	74
Figura 43: Reachstacker	75
Figura 44: Proyector LED de alta potencia (Artelum)	80
Figura 45: Columna de alumbrado.....	81
Figura 46: Nivel de iluminación del muelle	81
Figura 47: Iluminación de la terminal portuaria.....	82
Figura 48: Luminaria LED	83
Figura 49: Distribución lumínica en el estacionamiento	83
Figura 50: Transformador de distribución.....	86
Figura 51: Cámara séptica tipo	96
Figura 52: Sección tipo – Cañería de Infiltración.....	97
Figura 53: Ventilación cañería perforada	98
Figura 54: Producción nacional de petróleo	109
Figura 55: Producción nacional de gas	109
Figura 56: Esquema nacional de transporte de crudo y derivados del petróleo	111
Figura 57: Producción y áreas sembradas de arroz.....	116
Figura 58: Barcaza tanque tipo	118
Figura 59: Esquema de amarre de buques de diseño 1	123
Figura 60: Esquema de amarre de buques de diseño 2.....	124
Figura 61: Crecimiento del transporte por el río Paraguay	129
Figura 62: Cantidad de barcasas que operan en la Hidrovía, por bandera	129
Figura 63: Composición de la flota de la Hidrovía	130

ANEXOS:

Anexo 1: Estudio de suelos

Anexo 2: Estudio topobatimétrico

Anexo 3: Tablestacado

Anexo 4: Defensa de muelle

Anexo 5: Memoria de cálculo del muelle

Anexo 6: Especificaciones Técnicas

Anexo Planos



RESUMEN

El presente informe presenta el “Proyecto Ejecutivo del Nuevo Puerto de la Ciudad de Corrientes” de acuerdo al contrato celebrado con el CFI con fecha 10 de octubre de 2018. El objeto de dicho contrato era elaborar el proyecto ejecutivo de las instalaciones básicas de un puerto de contenedores y carga general y dos proyectos portuarios conceptuales, una terminal de combustibles y un astillero o taller naval, en el área costera de la localidad de El Sombrero.

El nuevo puerto se ubica alrededor de 40 km al sur de la Ciudad de Corrientes. Desde tierra se accede por la RN 12, pocos kilómetros al sur de la localidad de El Sombrero. El terreno llega hasta la costa paranaense de Corrientes y tiene una superficie de aproximadamente 198 ha. A grandes rasgos, el proyecto contempla cuatro grandes elementos: 1) la construcción de un muelle de 320m de longitud continuo transparente sobre pilotes, con tablestacado posterior de cierre y protección costera bajo muelle, 2) una terminal donde el patio de contenedores importa la mayor superficie y donde también se incluyen tres edificios principales, 3) una playa de estacionamiento de camiones para 41 semitrailers, y 4) un camino de acceso de alrededor de 4 km de extensión.

Para realizar el proyecto se realizaron varios estudios de campo: relevamiento topográfico de todo el lote y áreas adyacentes, relevamiento batimétrico desde aproximadamente 2.000 m aguas arriba del puerto hasta 2.000 m aguas abajo, estudio de corrientes, estudio de suelos, y análisis de agua. El proyecto incluye la ingeniería del muelle, el diseño del tablestacado y la protección costera. Para esta última se procedió a realizar una modelación hidrodinámica y un estudio de la erosión cuyos resultados se encuentran documentados en el informe. El muelle permite la circulación de una grúa móvil sobre neumáticos.

Además, se proyectaron los patios de contenedores con enchufes para contenedores reefers (refrigerados), el camino de acceso de aproximadamente 4.400 m de longitud y un camino de salida que empalma con el primero; la playa de estacionamiento de camiones; los desagües respectivos; los pavimentos; y los servicios o instalaciones auxiliares. Estos últimos involucran el sistema contra incendio, la iluminación y suministro de energía, la provisión de agua dulce, y la instalación de desagües cloacales. El camino de acceso fue diseñado con pavimento flexible, mientras que dentro de la terminal se adoptaron pavimentos rígidos. Se proveyó alumbrado de las áreas de trabajo (carga y descarga) con cuatro torres de iluminación, y alumbrado público de la terminal, el estacionamiento y el camino de acceso. Las instalaciones de agua dulce y las sanitarias fueron ideadas como tres sistemas independientes, uno para los servicios del estacionamiento (donde se ubican baños, vestuarios, oficina de



control, y sala de estar), una para el área de comedor, baños y vestuarios, y el edificio para la administración, y un tercero para el taller y área de depósito.

El proyecto incluyó también un estudio ambiental previo que identificó los impactos potenciales concluyendo que los mayores impactos corresponden al medio biótico, pero que, en general, la obra es de bajo impacto.

Tal como se solicitaba en los TDR, se elaboró un proyecto conceptual de una terminal de combustibles y de un taller naval. Para la terminal de combustibles se estimó una capacidad de tanques y la necesidad de un puesto de atraque. Este último fue ideado como un muelle transparente y discontinuo (torres de amarre y dolfinés independientes conectados con pasarelas). El taller naval fue ideado con dos instalaciones principales: un muelle y un patio de alistamiento y un varadero. El varadero está constituido por una rampa y una zona de trabajo. Para este proyecto conceptual se realizó un estudio del mercado existente.

Finalmente, el proyecto se completó con las especificaciones técnicas y un juego de 77 planos. Estos documentos, junto con las memorias de cálculos, se encuentran en los anexos respectivos.



NUEVO PUERTO DE LA CIUDAD DE CORRIENTES

INFORME FINAL

1.0 INTRODUCCIÓN

El presente informe presenta el “Proyecto Ejecutivo del Nuevo Puerto de la Ciudad de Corrientes” de acuerdo al contrato celebrado con el CFI con fecha 10 de octubre de 2018. El objeto de dicho contrato era elaborar el proyecto ejecutivo de las instalaciones básicas de un puerto de contenedores y carga general y dos proyectos portuarios conceptuales, una terminal de combustibles y un astillero o taller naval, en el área costera de la localidad de El Sombrero (ver Plano CT1809-CO-G-01). Específicamente, el trabajo responde a los siguientes objetivos:

1. Elaborar un proyecto detallado para el llamado a licitación de construcción de la infraestructura costera y portuaria y los accesos terrestres de un nuevo puerto para la ciudad de Corrientes que se encontraría cerca de la localidad El Sombrero, Provincia de Corrientes.
2. Realizar el proyecto de ingeniería de las instalaciones (iluminación pública, agua potable, cloaca, desagües pluviales, energía, incendio) que incluye el dimensionamiento y diseño de los sistemas troncales (el diseño de la ingeniería de detalle y de las ramificaciones desde los troncales para alimentar a los distintos elementos serán desarrolladas por el futuro concesionario del puerto)
3. Definir los montos de inversión en infraestructura de las obras a licitar
4. Desarrollar la documentación técnica requerida para la conformación de los pliegos de licitación para la construcción de esta primera etapa
5. Desarrollar un diseño a nivel conceptual de una terminal de combustibles y de un astillero dentro del área portuaria

Para lograr los objetivos se definieron las siguientes tareas a ser ejecutadas a lo largo de seis meses:

- Estudios de Suelos
- Relevamientos topobatimétricos
- Mediciones de corrientes y caudales
- Interpretación de relevamientos de campo
- Proyecto de la terminal de contenedores, incluyendo todas las subtarear que comprende:
 - Ajuste de *layout*
 - Proyecto de protecciones costeras
 - Proyecto de muelle
 - Proyecto de camino de acceso
 - Proyecto de playas de contenedores y circulaciones.



- Proyecto de estacionamiento y zona de maniobras
- Desagües pluviales
- Edificios (ajuste del anteproyecto)
- Proyecto de servicios complementarios
 - Proyecto para iluminación
 - Proyecto de provisión de energía eléctrica
 - Proyecto de red cloacal
 - Proyecto de red de provisión de agua potable
 - Proyecto de sistema de lucha contra incendio
- Análisis de Impactos ambientales de la terminal de contenedores
- Cómputo y presupuesto de obra de la terminal de contenedores
- Plan de ejecución de la terminal de contenedores
- Pliego de Especificaciones técnicas particulares para la licitación de obra de la terminal de contenedores
- Proyecto Conceptual de un astillero
- Proyecto Conceptual de una terminal de combustibles.

Seguidamente a esta introducción, en la Sección 2 se incluyen los estudios de suelos y en la Sección 3 la descripción de los trabajos topobatimétricos. Los resultados de estos estudios se encuentran en los Anexos 1 y 2, respectivamente.

La Sección 4 describe el *layout* del polo portuario ajustado de acuerdo al terreno y a los avances en el diseño de los distintos elementos que conforman el puerto.

La Sección 5 se dedica a la modelación hidrodinámica del tramo del río sobre el que se asienta el puerto para determinar las velocidades de corrientes con y sin proyecto, que son datos requeridos para el análisis de los procesos de erosión y para el diseño.

En la Sección 6 se incluye el diseño de protecciones costeras para defender la ribera de la erosión.

La Sección 7 está dedicada al diseño de la contención de suelos y cierre posterior del muelle, un tablestacado continuo. El Anexo 3 presenta la memoria de cálculo correspondiente.

La Sección 8 incluye el diseño de las obras viales del camino de acceso, con desagües, alcantarillas, control de acceso, estacionamiento de camiones y señalización.

En la Sección 9 se incluye el diseño del muelle que comprende el sistema de defensas, su geometría, el análisis de cargas, y el cálculo estructural. En el Anexo 4 está la memoria del sistema de defensa y en el Anexo 5 la memoria de cálculo estructural del muelle.



La Sección 10 se ocupa de las instalaciones auxiliares del puerto, la iluminación, las instalaciones troncales de electricidad, contra incendio, de desagües cloacales y de agua potable.

En la Sección 11 se introducen los estudios de impactos ambientales que se presenta y desarrolla separadamente como un informe independiente.

La Sección 12, Plan de Obras, Cómputo y Presupuesto, completa la información del proyecto final del Nuevo Puerto de la Ciudad de Corrientes. Esta sección es complementada por el Anexo 6, donde se encuentran las especificaciones técnicas y por el Anexo Planos.

Las Secciones 13 y 14 incluyen, respectivamente, los proyectos conceptuales de una terminal de combustibles y de un astillero/taller naval.



2.0 ESTUDIOS DE SUELOS

Civiltec Consultores contrató a Geotec para realizar los estudios de suelos. Los mismos permitieron confirmar las buenas aptitudes para las fundaciones, tanto para las profundas como para las directas o para la construcción de caminos. El informe de suelos de Geotec se agrega en el Anexo 1. La Tabla 1 muestra el listado de los sondeos realizados.

Tabla 1: Resumen de perforaciones realizadas para el estudio de suelos

SONDEO	DENOMINACION	TIPO / LUGAR	PROFUNDIDAD (mtrs)	COORDENADAS
SPT1	Agua 1	Auscultación/Curso de Agua	30	27°42'29.52"S 58°48'33.83"O
SPT2	Agua 2	Auscultación/Curso de Agua	30	27°42'43.72"S 58°48'30.90"O
SPT3	Tierra 1	Auscultación/Superficie Terrestre	30	27°42'32.40"S 58°48'29.14"O
SPT4	Tierra 2	Auscultación/Superficie Terrestre	30	27°42'37.89"S 58°48'24.87"O
SPT5	Tierra 3	Auscultación/Superficie Terrestre	30	27°42'01.00"S 58°48'23.11"O
SPT6	F1	Auscultación/Talleres	15	27°42'22.93"S 58°48'00.14"O
SPT7	F2	Auscultación/Talleres	15	27°42'30.62"S 58°47'44.57"O
SPT8	F3	Auscultación/Talleres	15	27°42'40.36"S 58°47'51.55"O
SPT9	F4	Auscultación/Talleres	15	27°42'38.49"S 58°47'37.54"O
P10	SR1	Perforación Camino de Acceso	1,5	27°42'55.60"S 58°47'24.82"O
P11	SR2	Perforación Camino de Acceso	1,5	27°43'05.71"S 58°46'44.85"O
P12	SR3	Perforación Camino de Acceso	1,5	27°43'10.28"S 58°46'16.36"O
P13	SR4	Perforación Camino de Acceso	1,5	27°43'20.50"S 58°45'48.38"O

Los primeros cinco sondeos son los correspondientes a la zona de muelle (dos en agua y tres en tierra). El informe incluye la determinación de las tensiones admisibles lateral, de punta, de resistencia lateral (coeficiente de balasto), y los coeficientes de empuje pasivo y activo. Es de notar que no se pudo realizar ensayos triaxiales debido a la baja plasticidad del suelo.



El informe también indica la resistencia del suelo para fundaciones directas en la zona de edificaciones y los parámetros de diseño de caminos (humedad óptima de compactación Proctor, valor soporte CBR y DCP).

Para la fundación de edificios prescribe fundaciones directas considerando una resistencia del suelo que varía entre 1,5 y 2 kg/cm² correspondientes a profundidades de fundación de 0,5 a 1,5 m, respectivamente.

Por otro lado, los resultados de los ensayos CBR y DCP mostraron suelos muy aptos para la ejecución de sub-bases y bases de los caminos de accesos sin necesidad de estabilización.

Adicionalmente, el informe entrega datos adicionales sobre la granulometría de la arena de playa (arenas pobremente graduadas) y de la calidad del agua subterránea que indica que no es apta para consumo ya que la muestra fue rechazada por su falta de transparencia.

Finalmente, se puede concluir que los suelos son bastante homogéneos, en el sentido que las dos perforaciones en agua muestran entre ellas buena concordancia. De la misma manera, los sondeos en tierra también muestran situaciones homogéneas.



3.0 RELEVAMIENTOS TOPOBATIMÉTRICOS Y MEDICIONES DE CORRIENTES Y CAUDALES

El 30 de octubre de 2018 la firma IB-C y los agrimensores Camblong y Báez realizaron los relevamientos de campo de topografía y batimetría. El Anexo 2 incluye la memoria de los trabajos realizados.

Cabe destacar que durante los trabajos también se realizaron mediciones con flotadores que permitieron obtener velocidades superficiales de corrientes instantáneas que, conjuntamente con la medición de la sección del río, fueron utilizados para la estimación del caudal el día del relevamiento en la Sección 5 correspondiente a la modelación hidrodinámica. Estos datos, corrientes y caudal, fueron utilizados para la calibración del modelo hidrodinámico.

Con relación a la topografía, se hicieron levantamientos utilizando un dron de alas fijas con vuelos programados para cubrir todo el terreno y áreas adyacentes. El vuelo fue apoyado con puntos en tierra relevados. Los vuelos permitieron obtener una muy buena definición de las elevaciones de las áreas fuertemente onduladas que se aprecian en las socavaciones de la costa, obteniéndose datos de las escarpas con muy buena precisión. El vuelo realizado con dron de alas fijas permitió no solo una gran definición de las cotas del terreno, sino también contar con imágenes de muy alta resolución de todo el terreno, como se apreciaba en la Figura 1.

Figura 1: Detalle de imagen obtenida por el dron



Los datos obtenidos por el dron fueron procesados para obtener un modelo digital del terreno (DEM) de alta definición. Y a partir de allí, se obtuvieron las curvas de nivel. Dada la alta definición, la vegetación quedaba muy bien



representada por lo que se debieron filtrar los árboles para llegar al terreno (el follaje de los árboles se podían observar como curvas de nivel cerradas).

El terreno es muy plano, salvo en la zona costera donde se encuentra la cárcava erosionada y, en la parte norte, márgenes más barrancosas.

En cuanto a la batimetría, los relevamientos abarcaron alrededor de 2.000 m hacia el norte y hacia el sur del puerto, de margen a margen, obteniéndose las profundidades instantáneas en cada posición georreferenciada. Posteriormente se procedió de la misma manera que con la topografía: preparación de un DEM y generación de isobatas y reducción de isobatas al cero del hidrómetro de Corrientes.

Las isobatas muestran claramente la mayor profundidad de la margen correntina sobre donde se recuesta el canal de navegación, aunque las profundidades son buenas para la navegación en un buen ancho. Por otro lado también se observó que la costa correntina cae fuertemente hacia el río, por lo que las instalaciones se pueden desarrollar más hacia tierra de lo pensado originalmente para el anteproyecto (la isobata -5,0 se encuentra muy cercana en distancia horizontal a la del cero).

Los Planos CT1809-CO-R-01 a 04 incluyen la topografía de la zona elevada, la batimetría, la integración topobatimétrica de la zona de implantación portuaria y los perfiles de secciones transversales de la playa, respectivamente.



4.0 AJUSTE DEL LAYOUT

4.1 DESARROLLO DEL PUERTO

El proyecto tiene un antecedente en el anteproyecto elaborado en el año 2016 que sólo contemplaba una terminal de contenedores con un puesto de atraque de 160 m de longitud. A partir del interés del Gobierno Provincial de crear un polo logístico que atraiga las industrias, al proyecto original se le agregó un segundo puesto de atraque de 160 m y la posibilidad de construcción de un astillero y de una terminal de combustible. Por lo tanto, el *layout* del anteproyecto fue rediseñado para contemplar la terminal de contenedores ampliada dentro del terreno definido y a delinear preliminarmente los espacios para la terminal de combustibles y el astillero.

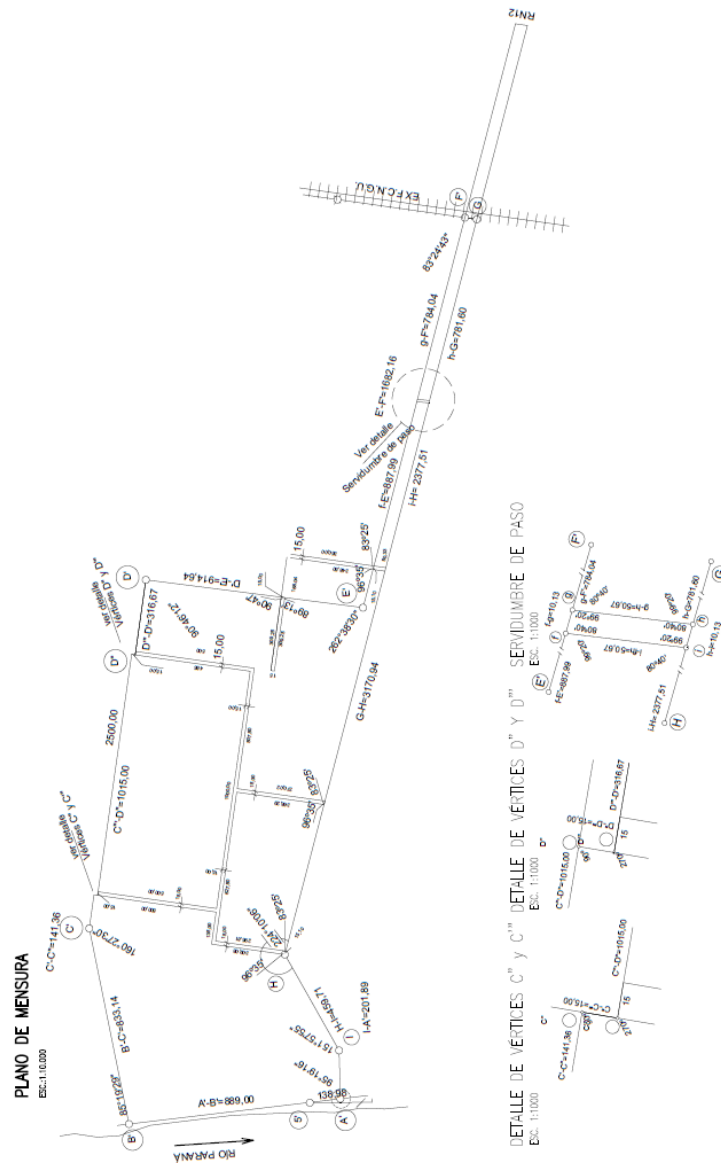
Evidentemente, para el desarrollo del polo portuario imaginado, el terreno asignado para el anteproyecto resultaba escaso, por lo que la Gobernación definió la compra de un terreno de dimensiones considerablemente mayores que permitirá la creación del mencionado polo. La Figura 2 muestra el plano de mensura correspondiente (ver también Plano CT1809-CO-G-02).

La ubicación del terreno es aproximadamente la misma identificada para el anteproyecto, pero el frente de costa ahora se extiende por casi 900 m. La mayor parte del terreno se desarrolla de manera aproximadamente plana a una altura alrededor de 15 m mayor a la del borde costero. En la parte suroeste se ubica la cárcava o socavación donde se había ubicado la terminal de contenedores. Cabe recordar que se buscaba aprovechar esta depresión natural para reducir pendientes que facilitaran, por un lado, la maniobra de camiones y, por el otro, reducir el movimiento de suelos, es decir costos.

A continuación se presenta la selección de los parámetros básicos de proyecto que permiten, finalmente, definir la planta ajustada del polo portuario.



Figura 2: Plano de mensura del lote adquirido para el desarrollo del nuevo puerto



4.2 BUQUES DE DISEÑO

Los buques de diseño son los mismos adoptados para el anteproyecto, es decir, el Doña Magda (el de mayor eslora incluyendo los tándem barcaza-remolcador), el Gabrielle, a fin de determinar los requerimientos de equipamientos, y el Intrépido, a los fines del calado de diseño (Tabla 2).

Tabla 2: Buques de diseño seleccionados

NOMBRE	ESLORA (M)	MANGA (M)	CALADO (M)	CAPACIDAD (TEU) ó POTENCIA (HP)
Intrépido	91,0	14,0	4,0	
Gabrielle	91,40	24,4	4,3	654
Doña Magda	132,0	17,3	3,3	500

Los buques de diseño para la terminal de combustibles y el astillero serán indicados en las secciones respectivas.

4.3 CAPACIDADES

De acuerdo al anteproyecto, las capacidades necesarias para satisfacer la demanda son las indicadas en la Tabla 3, obtenida del anteproyecto.

Tabla 3: Captación de contenedores por el Nuevo Puerto de Corrientes

CATEGORÍA	ACTUAL	FUTURO	
		PESIMISTA	OPTIMISTA
TOTAL TEUS FULL	7.350	15.863	26.011
TOTAL TEUS FULL+VACÍOS	11.024	23.794	39.016
TOTAL TEUS VACÍOS	3.675	7.931	13.005
TEUS EXPO COMUN 20'	413	865	1.399
TEUS EXPO COMUN 40'	2.480	5.192	8.397
TEUS EXPO REEFER 40'	815	2.181	3.882
CONT. EXPO COM 20'	413	865	1.399
CONT. EXPO COM 40'	1.240	2.596	4.198
CONT. EXPO REEFER 40'	407	1.090	1.941
TOTAL CONT. VACÍOS 20'	525	1.133	1.858
TOTAL CONT. VACÍOS 40'	1.575	3.399	5.574
TOTAL TEUS IMPO	3.642	7.625	12.333
TOTAL TEUS IMPO 20'	520	1.089	1.762
TOTAL TEUS IMPO 40'	3.122	6.536	10.571
TOTAL CONT. IMPO 20'	520	1.089	1.762
TOTAL CONT. IMPO 40'	1.561	3.268	5.285
TEUS TOTALES	11.024	23.794	39.016

Además, se adoptan los siguientes factores:

- Relación vacíos/totales = 33%
- Peso del TEU = 14 t
- Estadías promedio de exportación = 5 días
- Estadías promedio de importación = 8 días



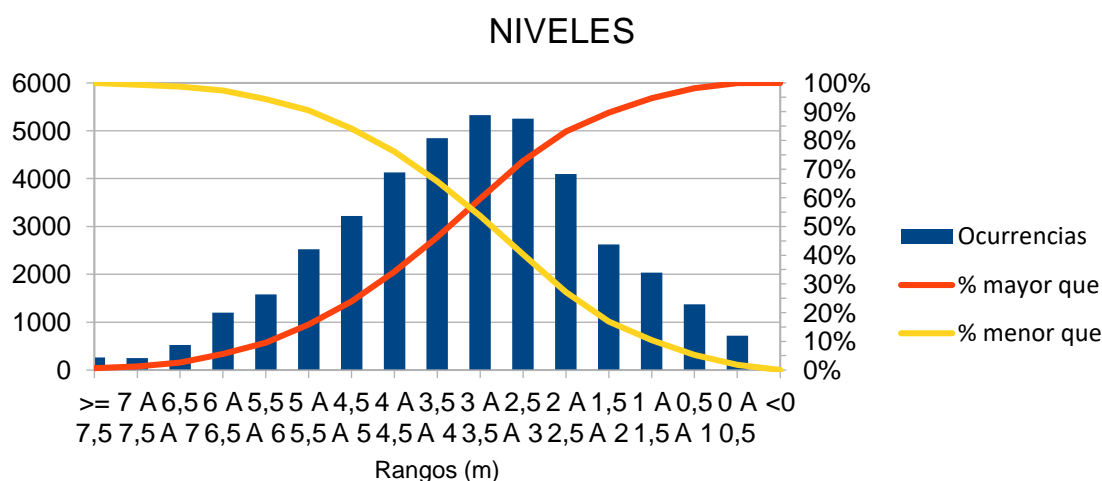
Nuevamente debe recordarse que en este proyecto no se incluirá el diseño de la superestructura (galpones, y edificios auxiliares) pero sí la previsión de su construcción futura por parte de los concesionarios.

4.4 COTAS

Para definir las cotas de proyecto se debe tener en cuenta que el puerto sea operable dentro de un rango de niveles de río. Para ello se debe recurrir a análisis estadísticos de niveles.

Para el anteproyecto se realizó un análisis basado en la estación hidrométrica de Corrientes. De este modo se obtuvo la curva de probabilidad de ocurrencia de niveles y otros parámetros estadísticos que dan cuenta de la recurrencia de los mismos. La Figura 3 muestra la curva de probabilidad.

Figura 3: Probabilidad de ocurrencia de niveles en Corrientes



Además, se obtuvieron los siguientes valores característicos:

• Número veces que supera 8,5 m	41
• Probabilidad de ocurrencia >8,5 m	0,10 %
• Número de días al año que supera 8,5 m	0,37
• Número veces que supera 7,0 m	518
• Probabilidad de ocurrencia >7,0 m	1,29 %
• Número de días al año que supera 7,0 m	4,72
• Máximo histórico	+8,99 m
• Mínimo histórico	+0,00 m
• Nivel superado 95%	+0,96 m
• Nivel superado 5%	+6,09 m

En esta instancia, este análisis se complementó con el análisis de recurrencia de eventos extremos, tanto máximos como mínimos. Las estaciones hidrométricas más cercanas a El Sombrero, ubicadas sobre el río Paraná, son la del Puerto de



Corrientes a 31 km aguas arriba y la del Puerto de Empedrado a 28 km aguas abajo del Paraná. Su ubicación se puede observar en la Figura 4.

Si bien se dispone de ambas series de niveles y caudales, el análisis de recurrencia se basa en los datos del Puerto de Corrientes ya que la serie abarca un mayor período de tiempo. Los datos medidos por PNA están disponibles en la base de datos hidrológicos de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de Argentina.

Figura 4: Ubicación de las estaciones de Corrientes y Empedrado



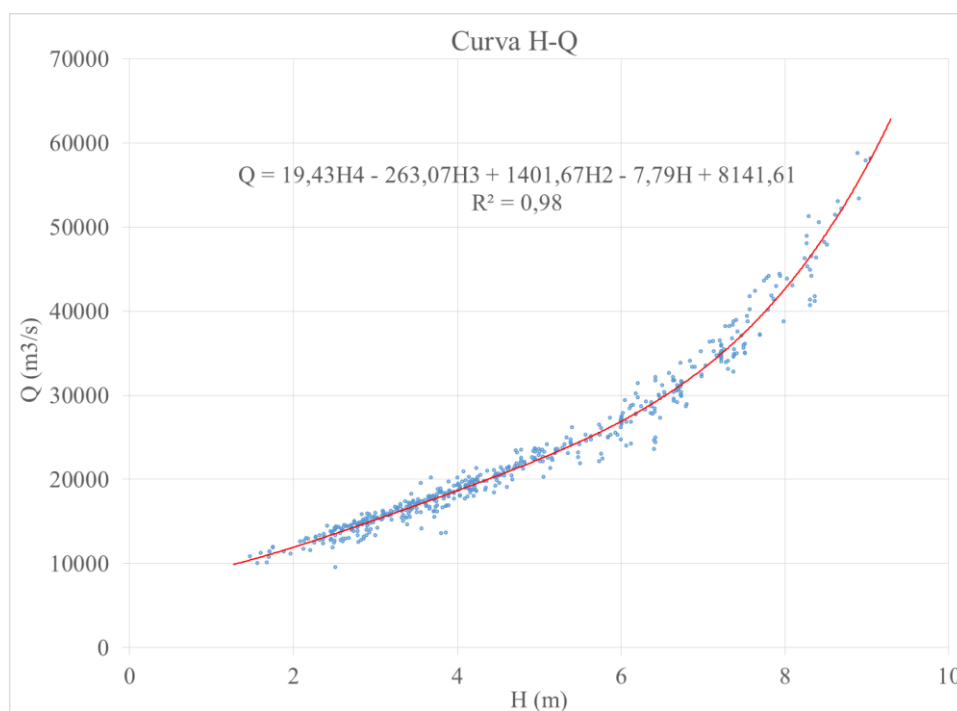
Para el análisis, primero fueron obtenidos los caudales medios diarios máximos y mínimos anuales para el período 1975-2018. A continuación se asignó a cada valor una probabilidad empírica a través de la fórmula de Weibull. Finalmente, fueron los datos fueron ajustados según una función de distribución de probabilidad de valores extremos. En este caso, se utilizó la función de distribución de probabilidad de Frèchet. Los caudales máximos y mínimos resultantes y su recurrencia asociada de presentan en la Tabla 4.

Tabla 4: Caudales extremos según recurrencia para el Puerto de Corrientes

Recurrencia (años)	Caudal (m3/s)
2	29.700
5	37.600
20	51.200
50	62.200

El siguiente paso consiste en asociar los caudales con niveles del río, para lo cual se cuenta con 541 aforos realizados en Corrientes entre el año 1980 y la actualidad. A partir de los mismos, se ajustó una curva de Altura-Caudal (Figura 5), con la que se pudieron obtener los niveles correspondientes a caudales de recurrencia conocida para el Puerto de Corrientes.

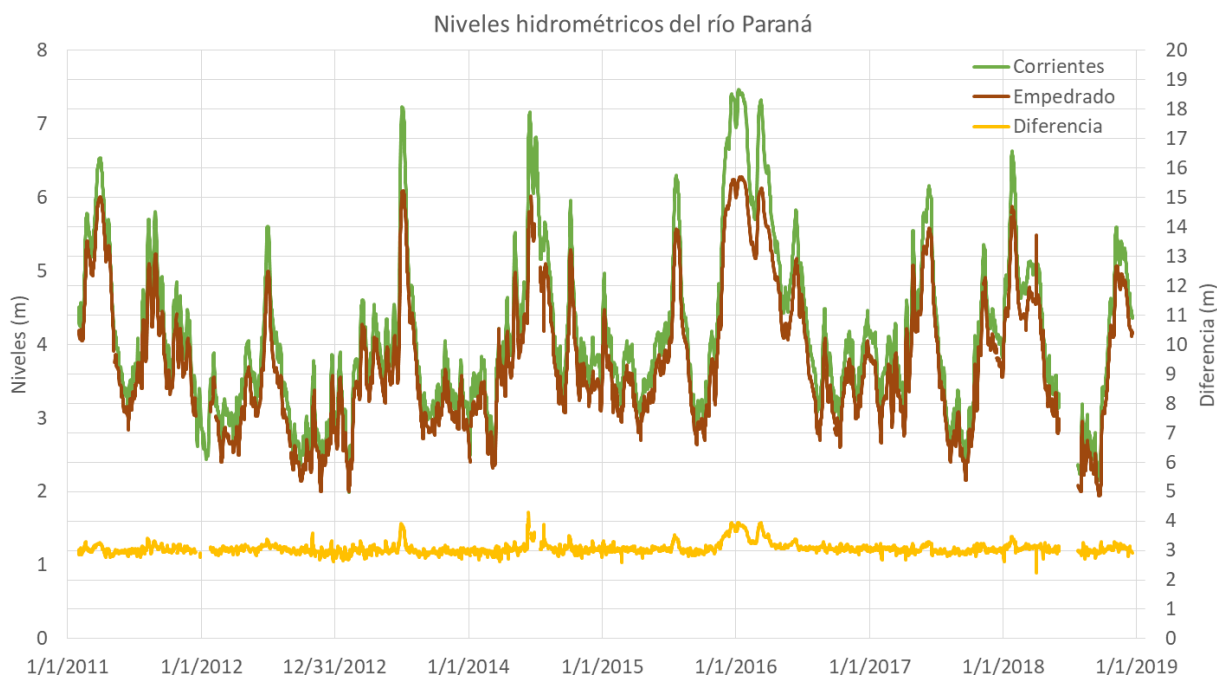
Figura 5: Curva H-Q del río Paraná en el Puerto de Corrientes



Ahora bien, aun cuando el Puerto de Corrientes se encuentra a una distancia relativamente corta, considerar directamente aplicable sus niveles a El Sombrero resultaría en una sobreestimación de los mismos. Esto es así porque el río Paraná naturalmente presenta una pendiente hidráulica hacia aguas abajo. En otras palabras, los niveles del río Paraná en Corrientes serán mayores a los de El Sombrero. Y a su vez, los niveles del Paraná en El Sombrero serán mayores a los de Empedrado. Para analizar la situación se compararon niveles simultáneos de Corrientes y Empedrado (Figura 6). Para uniformizar las mediciones, las mismas se refieren al cero de Corrientes.

Como se observa, la diferencia entre los niveles del río Paraná en Corrientes y Empedrado es en general de 3 metros, aunque alcanza 4 metros durante los mayores picos de crecida y se reduce a unos 2,6 m para los menores niveles. Lógicamente, el nivel del río Paraná en El Sombrero se ubicará entre ambos. Ya que no se cuenta con mediciones en El Sombrero, su nivel se determina a partir de la interpolación lineal entre Corrientes y Empedrado.

Figura 6: Niveles simultáneos en Corrientes y Empedrado



Dada la cercanía a Corrientes y que no existe una regla hidrométrica en El Sombrero, se adoptó el cero del Puerto de Corrientes como cero de referencia del proyecto. Cabe notar que para los proyectos portuarios es más cómodo e intuitivo trabajar con los ceros locales, ya que de este modo se identifica rápidamente la parte que queda sumergida y la que es netamente terrestre. En todo caso, si los contratistas prefieren relacionarse al cero IGN podrán convertir las cotas locales sumando el valor de 41,84 m, que es el nivel al que se encuentra el cero del Puerto de Corrientes respecto del cero de IGN.

A partir del análisis anterior se puede determinar la cota de coronamiento del muelle, para lo cual se considera la recurrencia con la que resulta tolerable que el mismo quede fuera de operación. En este caso, se adoptó una recurrencia de 20 años. A ese nivel se agrega una revancha de seguridad que permite una cierta distancia para la fijación de la defensa y que el muelle no sea sobrepasado por oleaje producido por buques o viento.

En Corrientes, dicho nivel de 20 años de recurrencia se determinó en +8,63 m. Del análisis anterior, surge que la diferencia de nivel entre Corrientes y El Sombrero para la misma recurrencia es de 2,1 m (obtenido de proyectar las interpolaciones entre niveles simultáneos en Corrientes y Empedrado).



De esta manera, la cota de coronamiento CC del muelle a adoptar para el Nuevo Puerto de la Ciudad de Corrientes es:

$$\begin{aligned} \text{CC} &= \text{Cota máxima operativa} - \text{ajuste a El Sombrero} + \text{Revancha} \\ \text{CC} &= +8,63 \text{ m} - 2,1 \text{ m} + 1,0 \text{ m} \sim +7,5 \text{ m} \end{aligned}$$

Debe recalarse que esta cota está referida al cero del hidrómetro de Corrientes.

Por otro lado, la cota de pie de muelle debe permitir la operación de buques en bajante y en lo posible sin dragado. Usualmente se utiliza la fórmula:

$$\text{CF} = \text{Nivel de bajante operativa} - \text{Calado máximo} - \text{revancha bajo quilla} - \text{revancha por dragado}$$

Como nivel de bajante se adopta el de 5 años de recurrencia, ya que la situación no es tan crítica como la de crecida (los buques pueden dejar de operar algunos días al año u operar con menos cargas de manera temporal). Este nivel en Corrientes se corresponde con +1,75 m. De la interpolación lineal entre Corrientes y Empedrado, surge que el desnivel entre Corrientes y El Sombrero para niveles mínimos será de 1,35 m. Por lo tanto, el nivel mínimo de 5 años de recurrencia en El Sombrero es de +0,40 m (referido al cero de Corrientes).

Entonces la cota de pie de muelle a adoptar para el Nuevo Puerto de la Ciudad de Corrientes es:

$$\text{CF} = 0,40 \text{ m} - 4,0 \text{ m} - 0,6 \text{ m} - 0,3 \text{ m} = -4,5 \text{ m}$$

No se adopta el calado máximo ya que los portacontenedores necesariamente deben arribar con un alto porcentaje de vacíos. La revancha bajo quilla se toma de manera estándar como de dos pies. Finalmente, aun cuando el frente de muelle se ubicará a una distancia de la costa que no haga necesario el dragado, se adopta un margen de un pie por eventuales sedimentaciones.

4.5 LAYOUT DEL POLO PORTUARIO

4.5.1 Distribución general

El *layout* del puerto sigue considerando el mismo criterio que en el anteproyecto, en el cual se basó. En el lado sur del terreno, donde se encuentra la socavación y las menores alturas se desarrolla la terminal de contenedores extendida a un frente de 320 m. El frente del muelle busca aproximadamente la isobata -4,5 para evitar dragados de apertura y mantenimiento. Y desde ese frente hacia atrás se desarrollan los muelles, los patios para el acopio de la mercadería, la zona de maniobras de camiones, las áreas de servicio, y los controles de entrada y salida. Más abajo se detalla el *layout* de esta terminal para la cual este estudio elaboró un proyecto definitivo.



Adyacente a esta terminal y hacia el norte se ubicó el astillero o taller naval. Sobre el frente ribereño se plantean dos instalaciones para esta instalación, un varadero y un muelle de alistamiento. El varadero impone ciertas restricciones porque no tolera pendientes fuertes. De allí que la ubicación de esta instalación también fue ubicada dentro de la socavación de la costa, donde naturalmente se presentan pendientes menores. Esto permite reducir los volúmenes de movimientos de suelos.

El varadero incluye una rampa de gran longitud y luego una explanada que, en principio, permitiría albergar cómodamente a ocho barcas. A continuación de la rampa, hacia aguas arriba, se ubicó el muelle de alistamiento, el que no necesita mucha profundidad al pie, ya que los buques a amarrar se encontrarán en lastre. El muelle debe contar con una grúa sobre rieles para la movilización de equipos navales pesados. Finalmente, las instalaciones se completan con edificios auxiliares y zonas de acopio y de maniobra de camiones.

Finalmente, en el extremo norte se ubica la terminal de combustibles. En este caso se busca, al igual que en la terminal de contenedores, la isobata -4,5 para ubicar el frente de atraque. Sin embargo, en este caso el muelle es abierto y discontinuo, ya que los equipos para la manipulación del granel líquido así lo permiten, resultando más económico y menos intrusivo en el ambiente. En el lado terrestre las mayores extensiones portuarias se destinan a la ubicación de tanques y sus bateas antiderrames. Los tanques se ubican en zonas preferentemente planas del terreno fuera de la zona socavada, en la parte alta, aprovechando las formas de las curvas de nivel. Esto resulta conveniente desde el punto de vista constructivo y no impone restricciones importantes desde el punto de vista operativo porque el producto se mueve por bombeo.

Se han previsto espacios para diversos tamaños de tanques, de 35 m a 10 m de diámetro, pero habría la posibilidad de instalar tanques de hasta 50 m de diámetro. En principio, se podría disponer de una capacidad estática total de 100.000 m³ (durante el desarrollo del proyecto conceptual se concluye que la capacidad necesaria es menor, pero se mantiene la previsión para un futuro).

En esta terminal también se prevé un área de despacho de camiones que se trata de que sea lo más independiente posible del resto de las instalaciones. La instalación debe permitir la entrada, espera y salida expeditiva de los camiones. La terminal se completa con ductos, estaciones de bombeo, instalaciones contra incendio, y edificios de distintas características.

El puerto tendrá un único acceso a las tres terminales. Evidentemente, en principio el camino sólo servirá a la terminal de contenedores. Estratégicamente, el lote fue delineado para que el camino quedara sobre el borde sur de tal modo que la primera terminal a la que se llegue fuera la de contenedores (menor longitud de camino para la primera etapa de inversión). Esto permite que el recorrido sea menor a la terminal que más camiones mueve y que se desarrollará primero. El derecho de paso disponible para el camino es de 50 m de ancho, con lo que hay suficiente espacio para ampliar dicho camino en un futuro e incluso para ubicar una vía de ferrocarril si fuera necesario. La ubicación del camino y la



franja del derecho de paso también facilitan la planificación de los desagües del camino hacia el arroyo Ahomá, cercano al límite sur del terreno.

Sobre ese camino se ubicó un estacionamiento de camiones que, en principio, serviría exclusivamente a la terminal de contenedores. La terminal de combustibles tiene su propio sitio de espera de camiones en la zona de despacho (en este caso la lógica es la rotación rápida de camiones). Por otra parte, el astillero no demanda flotas de camiones para atender pulsos de flujos que generen colas importantes. Más bien se requieren camiones que ingresen y egresen regularmente del predio para traer y llevar insumos, equipos y deshechos. Por ello, se prevén espacios de maniobra, carga y descarga de camiones, pero no grandes espacios de estacionamiento.

El Plano CT1809-CO-G-03 muestra el *layout* general que se propone. Más adelante para cada terminal y elemento del proyecto se desarrollan planos específicos.

4.5.2 Layout de la terminal de contenedores

El *layout* de esta terminal está basado en el anteproyecto realizado en 2016. Como se mencionó, la playa de estacionamiento de camiones fue ubicada fuera del predio de la terminal propiamente dicha. La razón es principalmente operativa para que sólo entren a la terminal los camiones que tienen todos sus papeles en orden y trámites terminados. De esta manera se acelera el *turn around*, el tiempo que el camión se encuentra dentro del área portuaria.

El ingreso y egreso de camiones a la terminal se realiza por *gates* separados. Se ubican dos para cada caso. Y sobre el frente y entre los dos *gates* se ubica el edificio administrativo y de servicios. De esta forma a este edificio se accede directamente desde el estacionamiento de autos particulares sin requerir permisos para entrar al área primaria aduanera (los controles se ubicarían en la salida trasera de este edificio).

Una vez que un camión entra a la terminal la circulación es en un solo sentido: todas las calles, excepto la perimetral que se encuentra más al sur, tienen sentido hacia el río y todas las transversales hacia el sur. Los camiones se dirigirán, según las indicaciones del personal portuario a dejar o levantar su carga al pasillo correspondiente. La salida se hace únicamente por la calle perimetral que se encuentra más al sur.

El patio de contenedores está sectorizado y se expande paralelo al muelle. Se dejan calles de un ancho mínimo de 13 m para permitir la maniobra de los reachstackers (no se justificarían pórticos del tipo RTG, *Rubber Tire Gantries*) y la de los camiones. El patio está organizado en bahías de estiba de contenedores de 4 unidades a lo ancho y 3 o 4 de altura según estén llenos o vacíos. Hay



previstas 11 bahías de 36 slots cada una que se pueden sectorizar según conveniencia. Además, se reservó una bahía de 28 slots para cajas refrigeradas.

Las líneas troncales de los servicios (incendio, desagües, energía, comunicaciones) se hacen correr por los laterales de la terminal. El sistema cloacal se resuelve con cámara séptica cercana a los edificios, y el sistema de provisión de agua dulce, a través de pozos de bombeo, también cercanos a los edificios.

Para estimar la superficie necesaria de edificios se proyecta la cantidad de personal que podrá trabajar en la terminal, según sus funciones:

Función	Personal	Simultaneidad	Ubicación
Personal de la terminal			
Gates de entrada y salida	8	Dos turnos	Gates
Seguridad	4	Dos turnos	Edificio administrativo
Mantenimiento	4	Simultáneos	Taller
Contabilidad y administración	5	Simultáneos	Edificio administrativo
Maquinistas (grúa, reachstacker, motoestibadoras)	6	Simultáneos	Depósito
Mecánicos	4	Simultáneos	Taller
Gerencia	4	Simultáneos	Edificio administrativo
Operaciones	3	Simultáneos	Edificio administrativo
Marinería	3	Simultáneos	Edificio Servicios
Cocina y maestranza	8	Simultáneos	Edificio Servicios
Funcionarios			
Aduana	4	Simultáneos	Depósito
PNA	4	Dos turnos	Edificio administrativo
Migraciones	2	Simultáneos	Edificio administrativo
Administrativos	2	Simultáneos	Estacionamiento

En síntesis, los edificios previstos y la cantidad de personal simultánea que se esperan son:



Edificio administrativo:	18
Taller:	8
Gates:	4
Depósito:	10
Edificio de servicios:	11
Estacionamiento	2
TOTAL	53

Además, se debe prever que en el edificio administrativo se reciba público, como despachantes, importadores y exportadores, proveedores, etc., sectores para reuniones, etc.

Para estimar las superficies necesarias se recurrió a Neufert¹ (1995) que brinda indicadores de necesidades de superficies tipo en consonancia al tipo de función del local. Muestra indicadores para oficinas, vestuarios, baños, talleres, y comedores, entre otros.

De acuerdo con el personal, las funciones a desarrollar, y los indicadores de la publicación mencionada, se estimaron las siguientes superficies:

Edificio administrativo:	391 m2
Edificio de servicios:	240 m2
Taller:	600 m2

El depósito, donde se reciben las mercaderías de exportación para consolidación y se desconsolidan los contenedores de importación, requiere espacios para la recepción, zona de empaquetado y clasificación, estanterías y zona de acopio, y docks para carga/descarga de los camiones – además de las inspecciones de aduana.

No existen pautas fijas para este tipo de instalaciones, pero comparando distintas instalaciones portuarias, se considera apropiado un galpón de 1880 m2 cubiertos. Debe notarse que la ubicación asignada permitiría duplicar esta superficie sin interferir con las operaciones portuarias. Adicionalmente queda un espacio importante para la posible expansión del puerto – 2,7 ha – donde eventualmente se pueden disponer patios de contenedores y galpones adicionales.

El Plano CT1809-CO-G-04 incluye el *layout* de la terminal de contenedores, con la distribución de edificios, patios de contenedores, muelle, circulaciones y controles de acceso.

¹ Neufert, Ernst (1995). "El Arte de Proyectar, 14ª edición". Ed. Gustavo Gilli, Barcelona.

5.0 ESTUDIO HIDROSEDIMENTOLÓGICO

5.1 INTRODUCCIÓN

Para estudiar los patrones de erosión y sedimentación y prever dragados y protecciones costeras se recurrió a la modelación hidrodinámica del área de estudio con el modelo Delft3D. Delft3D (Deltares, 2017)² permite la modelación hidrodinámica permanente y no permanente del flujo, en dos o tres dimensiones. Dicho programa incorpora también los efectos de mareas, vientos, presión atmosférica, diferencias de densidad (debidas a gradientes en salinidad y temperatura), olas, turbulencia y permite la simulación del flujo con o sin transporte de sedimentos, teniendo en cuenta una morfología fija o variable.

Para el procesamiento, Delft3D está acompañado por herramientas organizadas en distintos módulos. Para el pre-procesamiento se cuenta con RGFRID que permite generar un dominio de cálculo con mallas de diferentes grados de refinamiento. La herramienta de modelación hidrodinámica del software Delft3D es el módulo Delft3D-FLOW. Este módulo resuelve las ecuaciones de Navier-Stokes promediadas en la escala temporal de Reynolds (RANS) para un fluido incompresible sobre un esquema de diferencias finitas en coordenadas rectangulares o curvilíneas.

Para el proyecto interesa evaluar el campo de velocidades en la zona del muelle proyectado durante eventos de crecida. Considerando que los pulsos de inundación del río Paraná duran meses, y que las variaciones de nivel durante el pico no son de gran magnitud, se operó el modelo a régimen permanente. En las siguientes secciones se describe el modelo hidrodinámico bidimensional y a fondo fijo del área de estudio, operado bajo régimen permanente.

La modelación hidrodinámica se complementó con un análisis de erosión, en particular de la erosión generalizada que tiene lugar durante el paso de una crecida.

5.2 CONFIGURACIÓN DEL MODELO

El dominio de cálculo abarca una longitud de 6,1 km (3,8 km aguas arriba y 2,3 km aguas abajo de la zona del nuevo puerto). La Figura 7 presenta la grilla de cálculo generada. El tamaño de las celdas varía entre 10 y 30 metros, siendo mayor la densificación en la zona de márgenes.

Las profundidades se obtuvieron a partir de la batimetría realizada, complementada con información proveniente del relevamiento topográfico e información extraída del modelo digital de elevaciones SRTM IGN. El mapeo de profundidades obtenido para el dominio se muestra en la Figura 8.

² Deltares (2017). "User manual Delft3D-FLOW". Deltares, Delft: 682 pp.

Figura 7: Grilla generada en dominio de cálculo

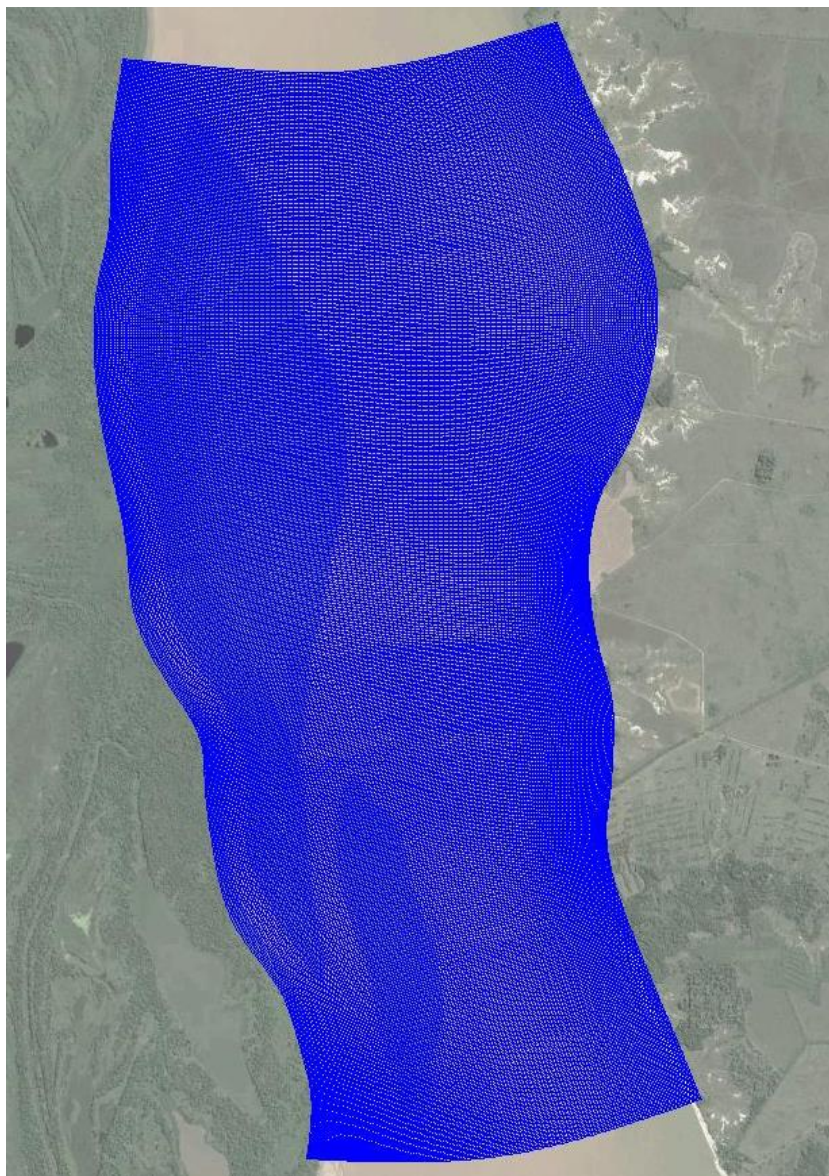
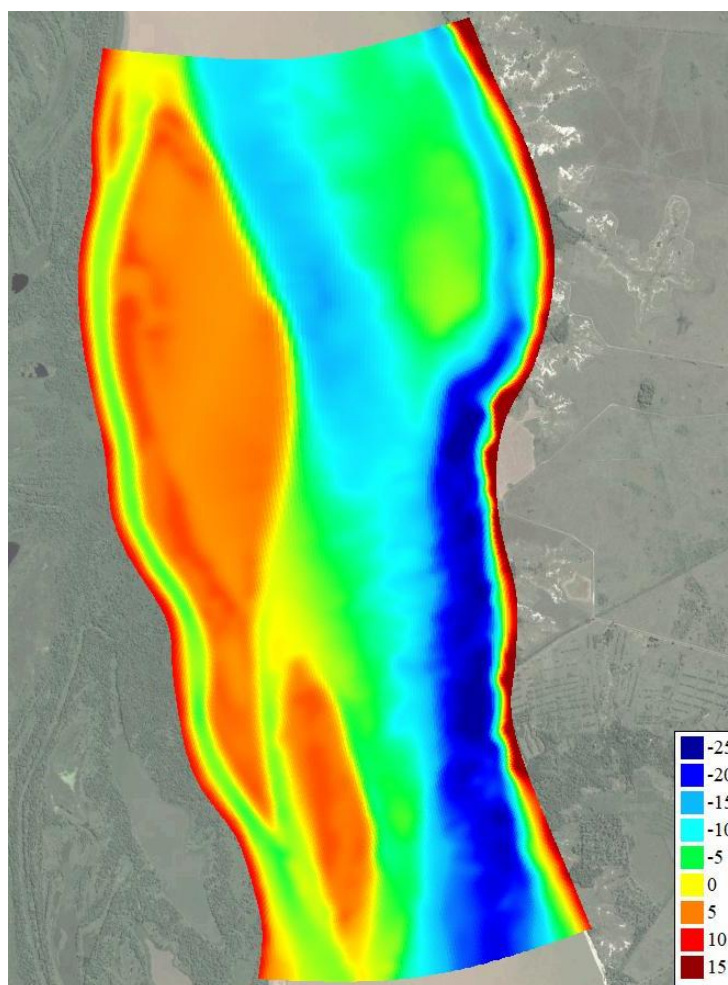


Figura 8: Mapeo de cotas topobatómicas (referidas al cero de Corrientes)



5.3 AJUSTE DEL MODELO

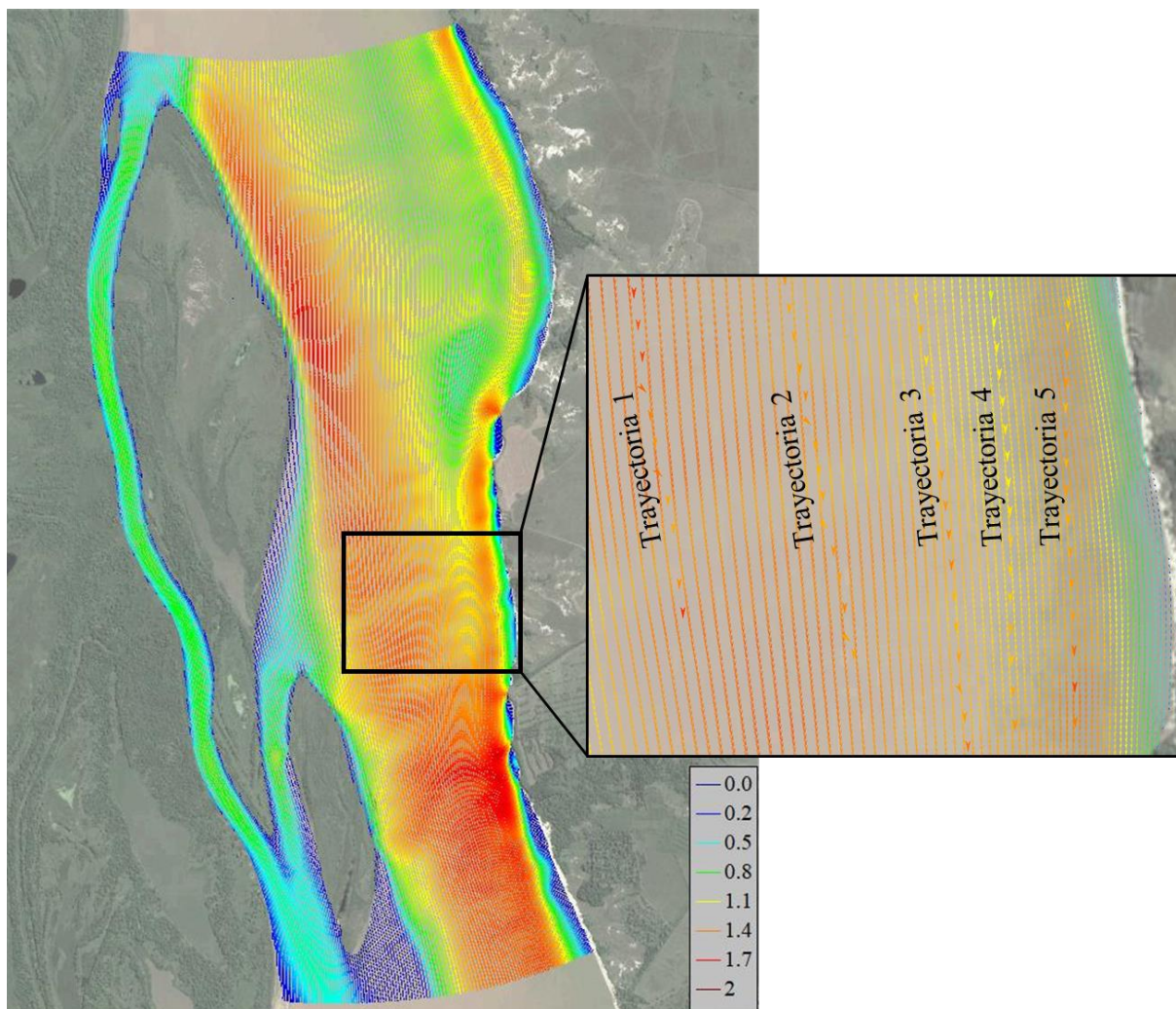
Mediante el ajuste del modelo se busca que las velocidades calculadas presenten una adecuada aproximación a valores medidos para una determinada situación hidrodinámica del río.

Para ello se utilizaron los datos registrados durante la corrida de flotadores, que permitieron calcular las velocidades medias promediadas en la vertical a lo largo de la trayectoria de los mismos. Además, en ese día se registró un nivel del río de 44,86 m IGN cerca de El Sombrero, lo que equivale a un nivel de +3,02 m con respecto al cero del Puerto de Corrientes.

Por otro lado, el principal parámetro de calibración en el modelo es la rugosidad del fondo, expresada a través del coeficiente de Manning. En este caso se utilizó una distribución espacial de los valores de dicho coeficiente variando entre 0,020 y 0,026 para el cauce principal, 0,028 para zona de bancos de arena y 0,036 para zonas de islas, con abundante vegetación.

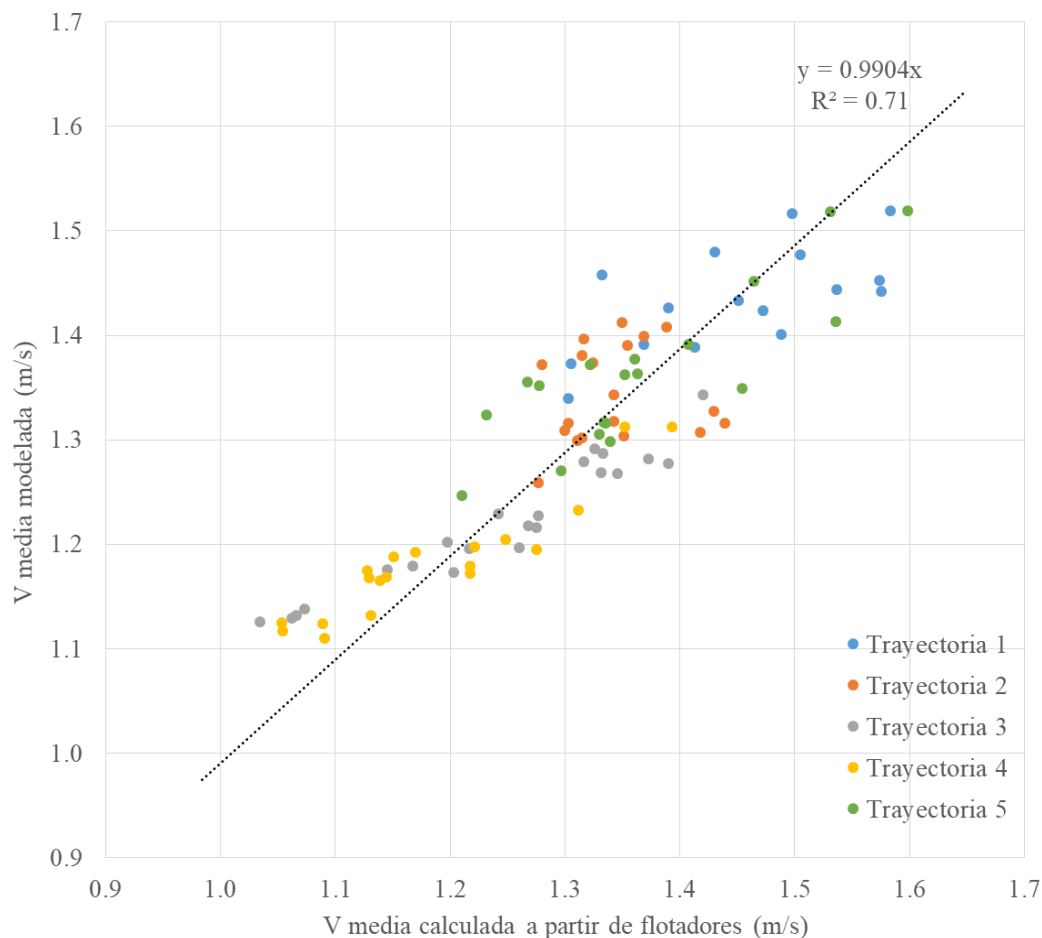
El modelo fue operado con el caudal indicado de 24.800 m³/s ingresando por el borde norte y con un nivel de +3,0 m establecido en el extremo sur. La Figura 9 muestra el mapa obtenido de velocidades promediadas en la vertical. En el detalle se muestran superpuestas las velocidades medias obtenidas a partir de los flotadores.

Figura 9: Mapa de Velocidades. Resultado del ajuste del modelo



La Figura 10 muestra las velocidades obtenidas de la modelación superpuestas a la nube de puntos correspondiente a las velocidades medias aproximadas a partir de los flotadores. Se diferenciaron las velocidades correspondientes a las cinco corridas del flotador, desde la más próxima a la margen derecha (trayectoria 1) a la más cercana a la margen correntina (trayectoria 5). Se observa un buen ajuste entre las velocidades medias calculadas a partir de los flotadores y las obtenidas por modelación, representado a través de un coeficiente de correlación de 0,71.

Figura 10: Relación de velocidades



5.4 RECURRENCIA DE CAUDALES

En la Sección 5.4 se presentó el análisis de recurrencia de caudales máximos para el Puerto de Corrientes. En la Tabla 5 se resumen los caudales de 2, 5, 20 y 50 años de recurrencia y sus correspondientes niveles para dicha estación.

Tabla 5: Recurrencia de caudales y niveles hidrométricos en el Puerto de Corrientes

Recurrencia (años)	Caudal (m ³ /s)	Nivel (m)
2	29.700	6,5
5	37.600	7,5
20	51.200	8,6
50	62.200	9,3

Los caudales en El Sombrero se adoptaron sin atenuaciones con respecto a los del Puerto de Corrientes. Tampoco se tuvieron en cuenta aportes de tributarios entre ambas secciones, ya que su magnitud sería muy inferior a la del Paraná. Los niveles para El Sombrero se calculan según las consideraciones expuestas en la Sección 5.4. En la Tabla 6 se presentan los caudales de 2, 5, 20 y 50 años de recurrencia para El Sombrero y los niveles correspondientes según cálculo.



Tabla 6: Recurrencia de niveles hidrométricos y caudales en El Sombrero

Recurrencia (años)	Caudal (m ³ /s)	Nivel (m)
2	29.700	4,7
5	37.600	5,4
20	51.200	6,5
50	62.200	7,2

5.5 ESCENARIOS DE MODELACIÓN

5.5.1 Escenario 0: Escenario actual

Este escenario se refiere a la situación actual, sin obras, para crecidas de 5, 20 y 50 años de recurrencia. Las diferentes condiciones de crecida se caracterizan mediante el caudal ingresante aguas arriba y el nivel en el borde aguas abajo del modelo. Dichos datos fueron presentados en la Tabla 6.

5.5.2 Escenario 1: Terminal de contenedores

Este escenario considera la construcción del tablestacado posterior de la terminal de contenedores. El mismo tiene una longitud de 320 m, más las protecciones en ambos extremos. La cota de coronamiento es de +7,5 m, por lo que no se espera que sea rebasado para ninguna de las recurrencias modeladas. Al igual que para el Escenario 0, se modelan crecidas de 5, 20 y 50 años. La Figura 11 muestra el esquema en planta del escenario modelado.

Figura 11: Esquema del Escenario 1



5.5.3 Escenario 2: Terminal de contenedores y Astillero

Este escenario considera la construcción del tablestacado posterior de la terminal de contenedores y del astillero. El primero tiene una longitud de 320 m, más las protecciones en ambos extremos. El segundo, ubicado unos 360 m hacia el norte, tiene 130 m de longitud, más la protección aguas arriba. En el extremo sur del astillero se proyecta el acceso al varadero, protegido aguas abajo por una

escollera de unos 50 m de longitud. La Figura 12 muestra el esquema en planta del Escenario 2.

La cota de coronamiento de las obras es de +7,5 m, por lo que no se espera que sean rebasadas para ninguna de las recurrencias modeladas. Al igual que para los escenarios anteriores, se modelan crecidas de 5, 20 y 50 años.

Figura 12: Esquema del Escenario 2



5.6 RESULTADOS DE LA MODELACIÓN HIDRODINÁMICA

Los mapeos de profundidades y velocidades para el escenario sin obras se muestran en las Figuras 13, 14 y 15 para las recurrencias de 5, 20 y 50 años.

Los mapeos de velocidades y profundidades para los Escenarios 1 y 2 son similares a los del Escenario 0 si se observan a nivel general. Para analizar las diferencias con mayor detalle se analiza la zona cercana al proyecto. Consecuentemente, se computan las velocidades a lo largo de siete perfiles distribuidos en la zona costera de El Sombrero. Como se observa en la Figura 16, los perfiles tienen alrededor de 70 m de longitud, y se ubican de la siguiente manera:

- Perfil A: aguas arriba de las obras proyectadas;
- Perfil B: en la zona de implantación del astillero;
- Perfil C: en la zona de implantación del varadero de ingreso al astillero;
- Perfil D: en la zona intermedia entre la terminal de contenedores y el astillero;
- Perfiles E y F: en la zona de implantación de la terminal de contenedores;
- Perfil G: aguas abajo de las obras proyectadas.

Figura 13: Profundidades y velocidades para el Escenario 0. $R = 5$ años

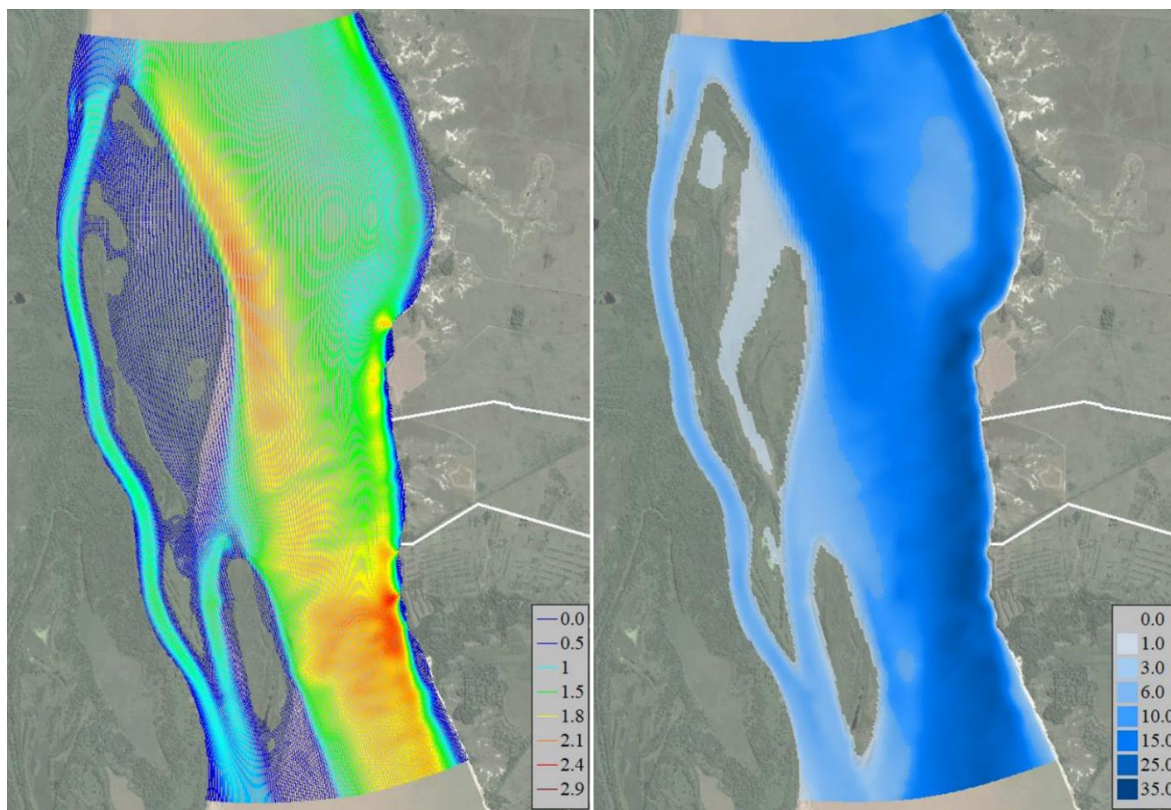


Figura 14: Profundidades y velocidades para el Escenario 0. $R = 20$ años

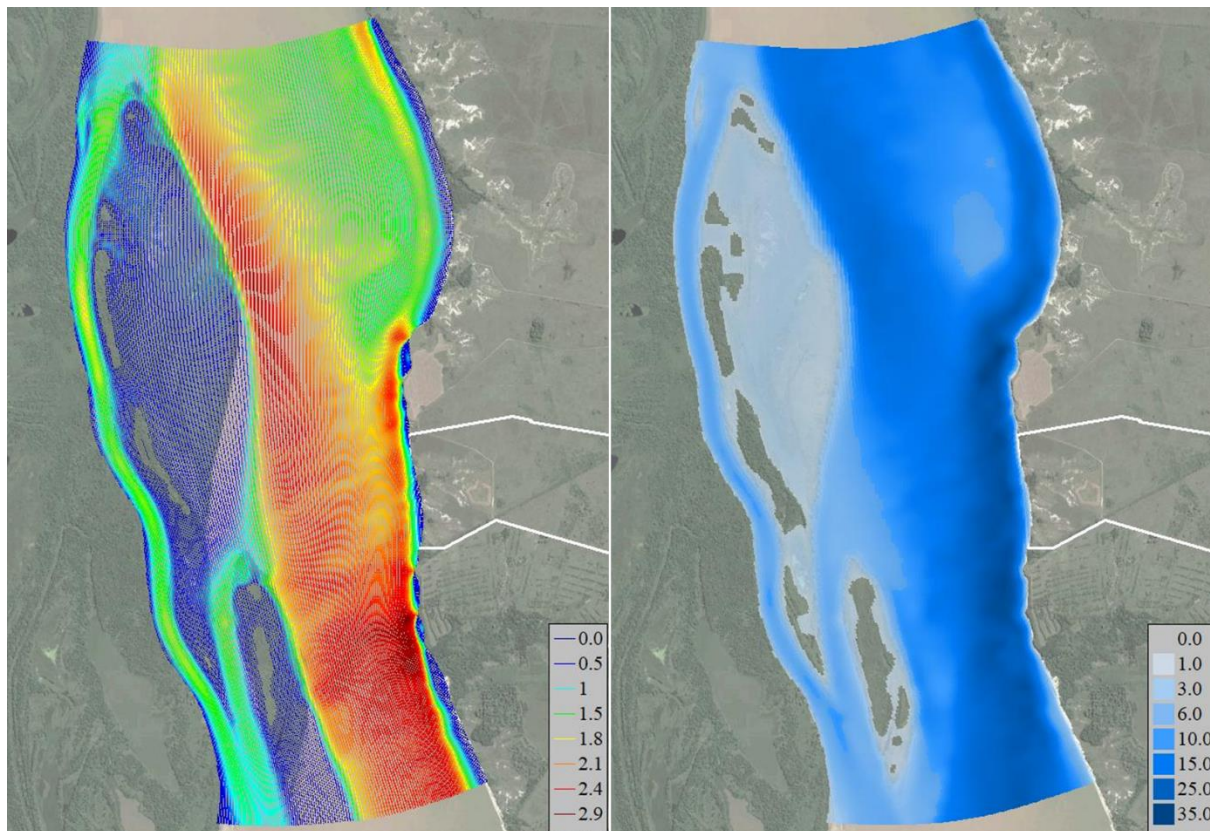


Figura 15: Profundidades y velocidades para el Escenario 0. $R = 50$ años

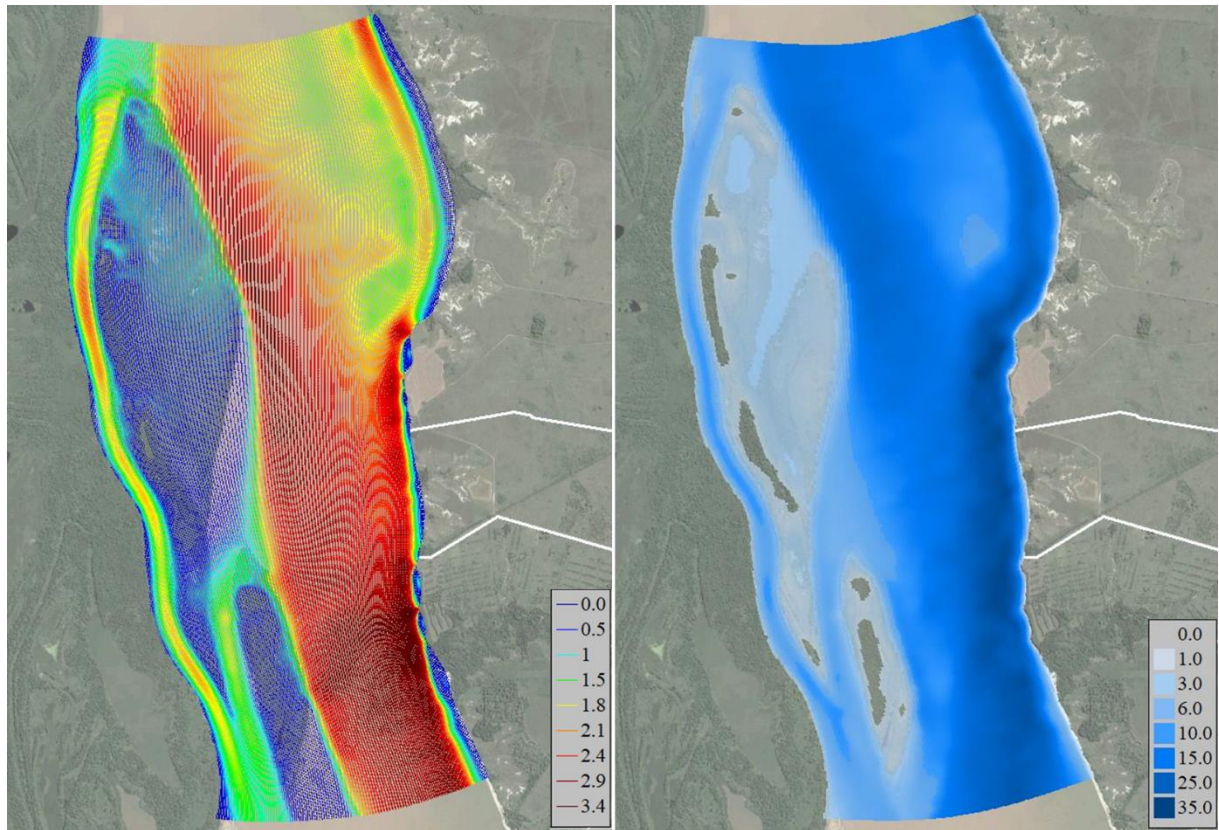
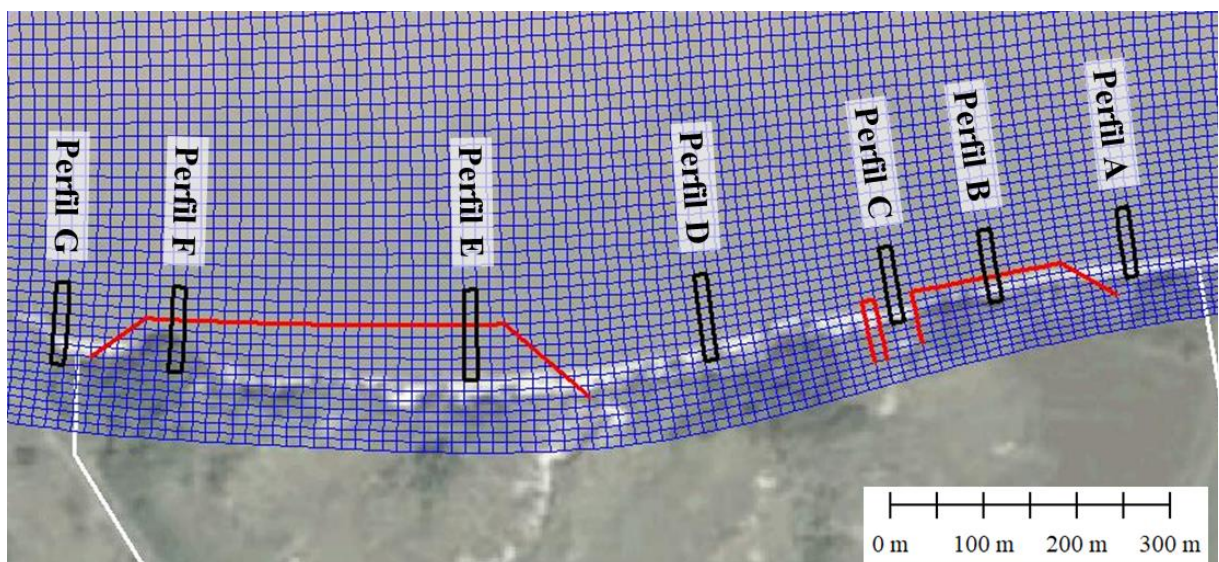


Figura 16: Perfiles para comparación de escenarios



A continuación se presenta el detalle para una crecida de 5 años de recurrencia, para los distintos escenarios (Figura 17). Luego, se resumen los valores de velocidad en los perfiles y se realiza la comparación entre el escenario 1 y el

escenario sin obras (Tabla 7); y también entre el escenario 2 y el escenario sin obras (Tabla 8).

Figura 17: Resultados de los Escenarios 0, 1 y 2. $R = 5$ años

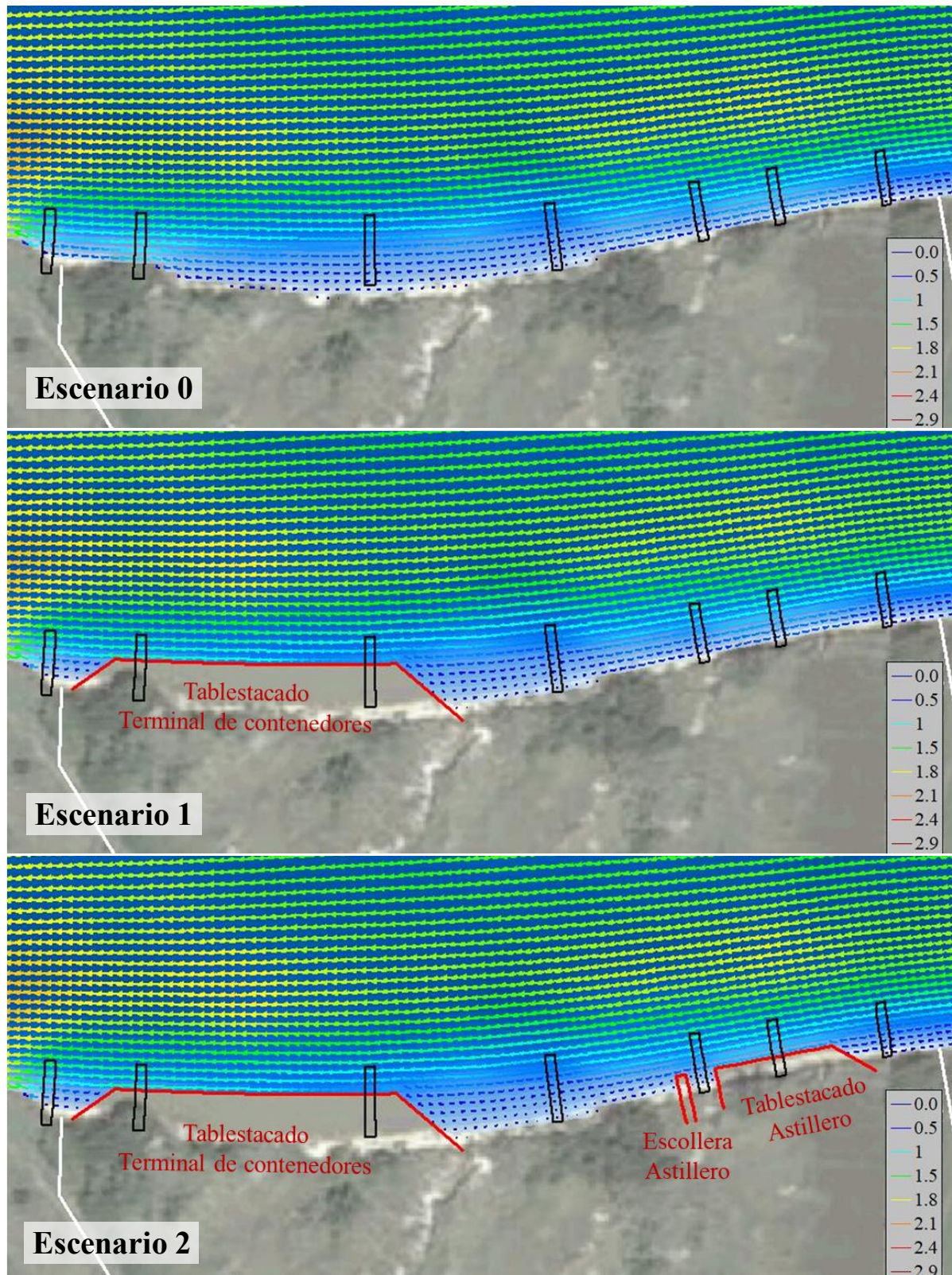


Tabla 7: Velocidades promediadas en la vertical del Escenario 1 y su variación con respecto al Escenario 0. $R = 5$ años

Perfil	A		B		C		D		E		F		G	
	V(m/s)	% E0	V(m/s)	% E0	V(m/s)	% E0	V(m/s)	% E0	V(m/s)	% E0	V(m/s)	% E0	V(m/s)	% E0
1	0.15	-3%	-	-	0.00	-	0.13	-27%	Muelle de contenedores	Muelle de contenedores	-	-	-	-
2	0.45	-2%	0.67	0%	0.49	-4%	0.19	-23%	Muelle de contenedores	Muelle de contenedores	-	-	-	-
3	0.53	-2%	0.74	-2%	0.58	-4%	0.29	-19%	Muelle de contenedores	Muelle de contenedores	0.22	-41%	0.22	-41%
4	0.62	-2%	0.82	-2%	0.69	-3%	0.41	-14%	Muelle de contenedores	Muelle de contenedores	0.69	-28%	0.69	-28%
5	0.74	-2%	0.92	-2%	0.81	-3%	0.53	-11%	Muelle de contenedores	Muelle de contenedores	0.89	-17%	0.89	-17%
6	0.88	-1%	1.02	-2%	0.94	-3%	0.65	-9%	0.81	-10%	1.18	3%	1.13	-7%
7	1.02	-1%	1.13	-2%	1.06	-2%	0.78	-7%	0.94	-7%	1.21	-1%	1.31	-3%
8	1.17	-1%	1.25	-2%	1.18	-2%	0.91	-5%	1.08	-5%	1.27	-3%	1.42	-3%

Los porcentajes que se muestran para cada perfil representan la variación con respecto al escenario sin obras. En este caso, los perfiles A, B y C prácticamente no presentan cambios, mientras que el perfil D, ubicado 130 m aguas arriba de la terminal de contenedores, presenta una disminución en las velocidades, mayormente cerca de la costa. Esto se debe a que la terminal de contenedores aguas abajo actúa como “obstáculo” a la corriente cercana a la costa.

Los perfiles E y F no presentan grandes cambios en las celdas cercanas al tablestacado. En el lado agua del mismo se registran velocidades medias de entre 0,80 y 1,20 m/s, mientras que si nos desplazamos unos 20 metros hacia el cauce, las velocidades medias varían entre 1,06 y 1,28 m/s.

Por último, el perfil G presenta una disminución en las velocidades, más acentuada en las celdas cercanas a la costa. Esto se debe al efecto de “sombra” de la terminal de contenedores.

Tabla 8: Velocidades promediadas en la vertical del Escenario 2 y su variación con respecto al Escenario 0. $R = 5$ años

Perfil	A		B		C		D		E		F		G	
	V(m/s)	% E0	V(m/s)	% E0	V(m/s)	% E0	V(m/s)	% E0	V(m/s)	% E0	V(m/s)	% E0	V(m/s)	% E0
1	0.15	-6%	Astillero		0.00	-	0.06	-68%	Muelle de contenedores		Muelle de contenedores		-	-
2	0.43	-7%	Astillero		0.00	-100%	0.11	-57%	Muelle de contenedores		Muelle de contenedores		-	-
3	0.51	-6%	Astillero		0.18	-71%	0.20	-44%	Muelle de contenedores		Muelle de contenedores		0.22	-41%
4	0.60	-5%	0.86	2%	0.67	-6%	0.33	-31%	Muelle de contenedores		Muelle de contenedores		0.69	-28%
5	0.72	-4%	0.92	-2%	0.83	-1%	0.48	-20%	Muelle de contenedores		Muelle de contenedores		0.89	-17%
6	0.86	-3%	1.01	-3%	0.94	-2%	0.63	-12%	0.79	-12%	1.17	3%	1.13	-7%
7	1.01	-2%	1.13	-2%	1.05	-3%	0.77	-7%	0.93	-8%	1.21	-1%	1.31	-3%
8	1.16	-2%	1.24	-2%	1.18	-2%	0.91	-5%	1.08	-5%	1.28	-3%	1.43	-2%

En este caso, el perfil A presenta una muy leve disminución en las velocidades, causada por el efecto de “obstáculo” que representan las obras para la corriente cercana a la costa.

El perfil B prácticamente no presenta variaciones. La velocidad media en el lado agua del tablestacado del astillero es de alrededor de 0,86 m/s, y unos 20 metros hacia el cauce, la velocidad media aumenta a 1 m/s aproximadamente.

El perfil C presenta una disminución en las velocidades en las celdas cercanas a la costa, debido al efecto de “sombra” del muelle del astillero aguas arriba y la escollera aguas abajo. El efecto de esta última estructura, sumado al efecto de “obstáculo de la terminal de contenedores, generan la disminución de velocidades en el perfil D, ubicado en el punto medio entre ambas estructuras.

Los perfiles E y F no muestran grandes cambios, presentando velocidades similares a las del escenario 1. También las velocidades del perfil G son casi idénticas a las del escenario 1. Esto significa que las obras costeras del astillero (muelle y escollera) prácticamente no tienen efecto sobre las velocidades cercanas al muelle de contenedores.

En la Figura 18 se presenta el detalle de la zona de El Sombrero para una crecida de 20 años de recurrencia, para los distintos escenarios. Luego, se resumen los valores de velocidad en los perfiles y se realiza la comparación entre el escenario 1 y el escenario sin obras (Tabla 9) y entre el escenario 2 y el escenario sin obras (Tabla 10).

Figura 18: Resultados de los Escenarios 0, 1 y 2. $R = 20$ años

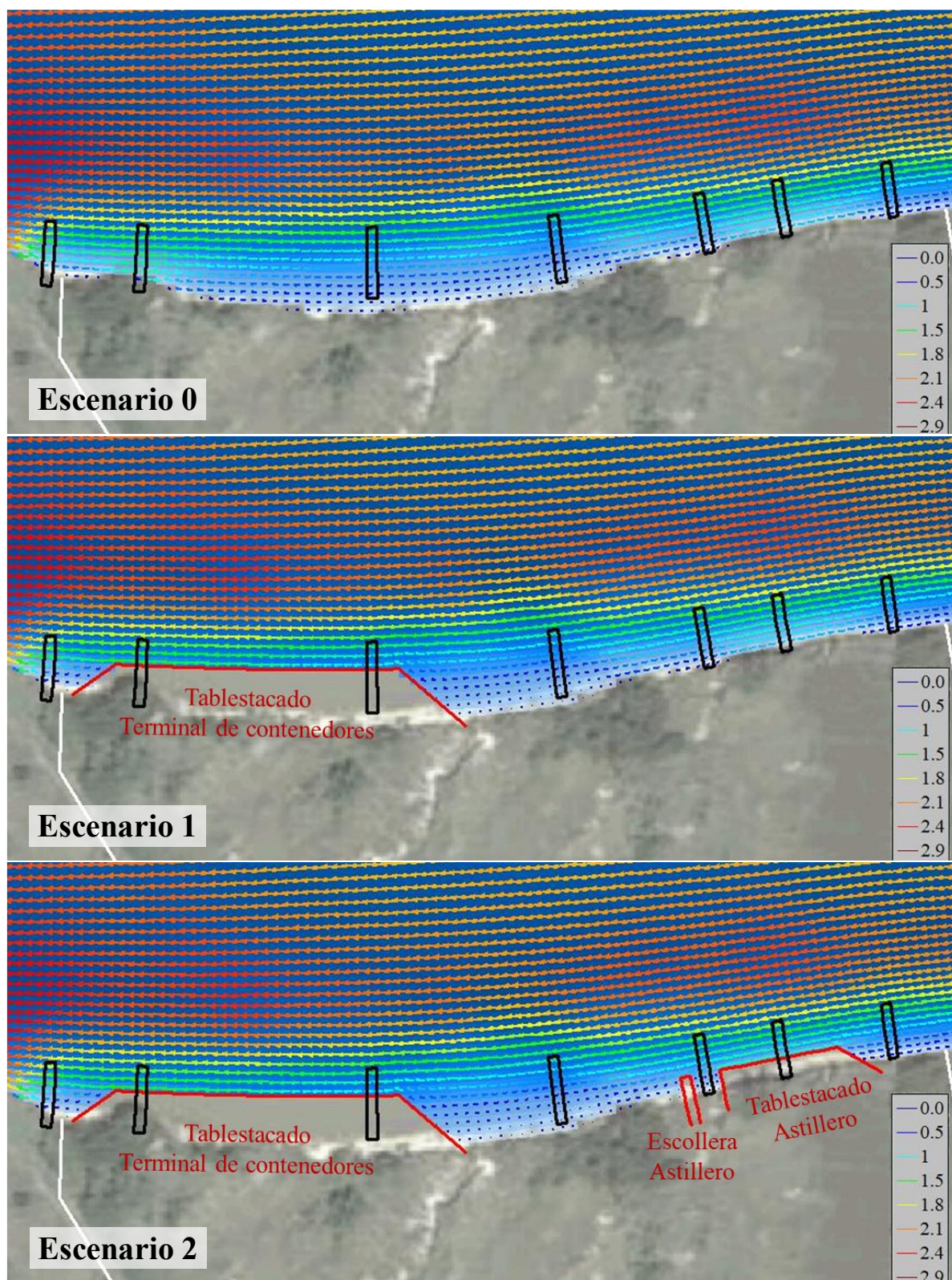


Tabla 9: Velocidades promediadas en la vertical del Escenario 1 y su variación con respecto al Escenario 0. R = 20 años

Perfil	A		B		C		D		E		F		G	
	V(m/s)	% E0	V(m/s)	% E0	V(m/s)	% E0	V(m/s)	% E0	V(m/s)	% E0	V(m/s)	% E0	V(m/s)	% E0
1	0.54	-1%	-	-	0.30	-4%	0.00	-100%	Muelle de contenedores	Muelle de contenedores	-	-	-	-
2	0.61	-1%	0.89	-2%	0.57	-4%	0.11	-52%	Muelle de contenedores	Muelle de contenedores	-	-	-	-
3	0.72	-1%	0.97	-2%	0.76	-4%	0.27	-33%	Muelle de contenedores	Muelle de contenedores	0.57	-37%	0.57	-37%
4	0.85	-1%	1.08	-2%	0.92	-3%	0.46	-22%	Muelle de contenedores	Muelle de contenedores	0.79	-30%	0.79	-30%
5	1.02	-1%	1.22	-2%	1.07	-3%	0.66	-15%	Muelle de contenedores	Muelle de contenedores	1.10	-18%	1.10	-18%
6	1.21	-1%	1.36	-1%	1.24	-3%	0.85	-10%	1.01	-13%	1.47	2%	1.43	-6%
7	1.41	-1%	1.51	-1%	1.40	-2%	1.03	-7%	1.19	-10%	1.53	-3%	1.64	-3%
8	1.59	-1%	1.66	-1%	1.56	-2%	1.22	-5%	1.39	-6%	1.62	-4%	1.79	-3%

Tabla 10: Velocidades promediadas en la vertical del Escenario 2 y su variación con respecto al Escenario 0. R = 20 años

Perfil	A		B		C		D		E		F		G	
	V(m/s)	% E0	V(m/s)	% E0	V(m/s)	% E0	V(m/s)	% E0	V(m/s)	% E0	V(m/s)	% E0	V(m/s)	% E0
1	0.50	-10%	Astillero		0.00	-100%	0.00	-100%	Muelle de contenedores	Muelle de contenedores	-	-	-	-
2	0.57	-9%	Astillero		0.00	-100%	0.00	-100%	Muelle de contenedores	Muelle de contenedores	-	-	-	-
3	0.67	-8%	Astillero		0.21	-74%	0.17	-57%	Muelle de contenedores	Muelle de contenedores	0.56	-37%	0.56	-37%
4	0.81	-6%	1.11	0%	0.88	-7%	0.37	-38%	Muelle de contenedores	Muelle de contenedores	0.79	-30%	0.79	-30%
5	0.98	-5%	1.19	-3%	1.07	-3%	0.59	-23%	Muelle de contenedores	Muelle de contenedores	1.10	-18%	1.10	-18%
6	1.18	-4%	1.33	-3%	1.22	-4%	0.82	-14%	0.99	-14%	1.46	1%	1.43	-7%
7	1.38	-3%	1.49	-3%	1.38	-4%	1.02	-9%	1.18	-11%	1.52	-3%	1.64	-4%
8	1.56	-2%	1.65	-2%	1.54	-3%	1.20	-6%	1.38	-7%	1.62	-4%	1.78	-3%

En ambos casos valen los comentarios realizados para la crecida de 5 años de recurrencia, ya que se observan los mismos efectos. La diferencia se da naturalmente en que las velocidades son mayores para la crecida de 20 años de recurrencia. Así, las velocidades cercanas al tablestacado de la terminal de contenedores van de 1,00 a 1,50 m/s para las celdas vecinas, y de 1,38 a 1,62 m/s 20 m hacia el cauce. Para el tablestacado del astillero, las mismas son de 1,11 m/s en las celdas contiguas y 1,33 m/s unos 20 m hacia el cauce.



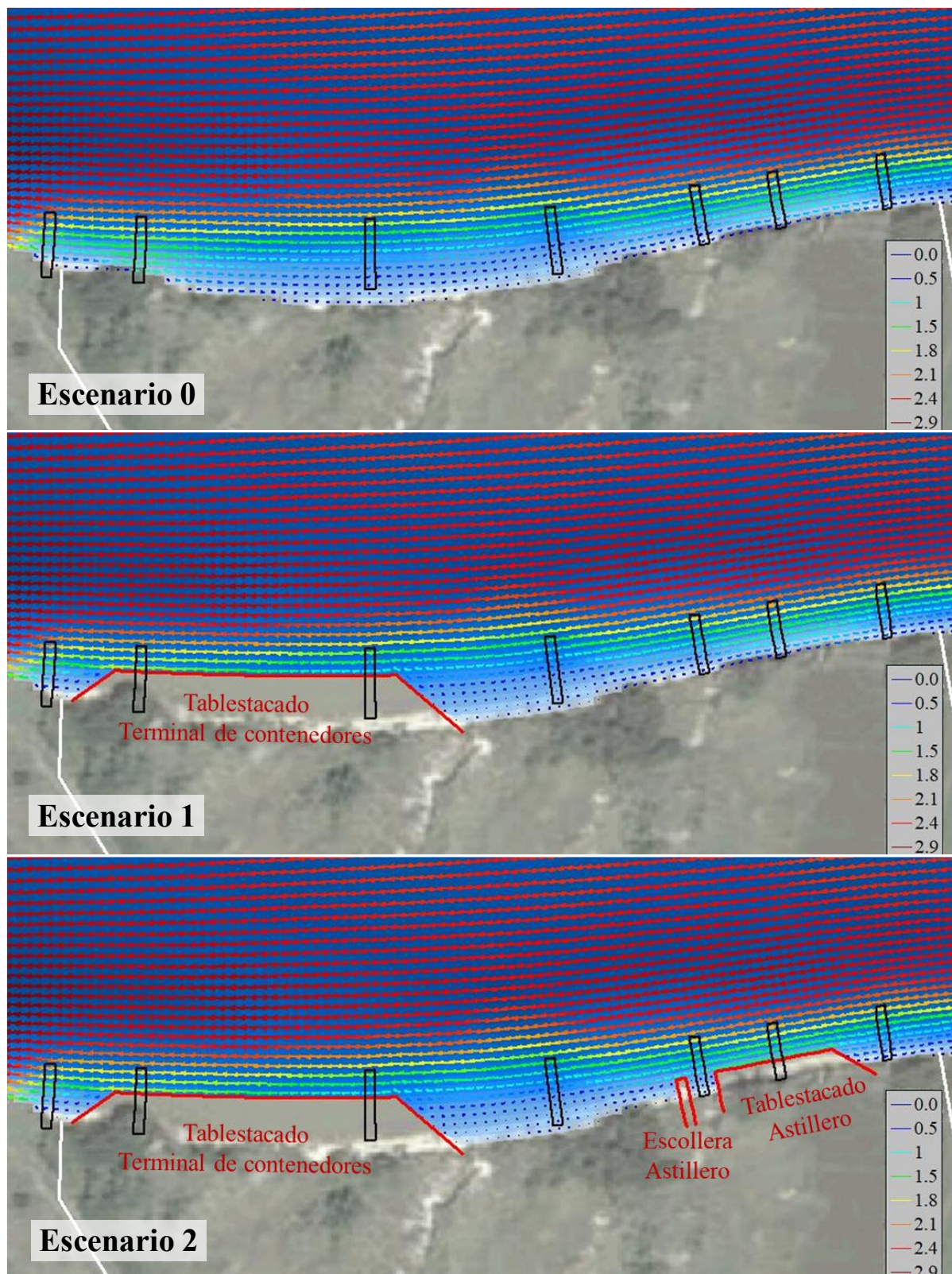
Finalmente, la Figura 19 presenta el detalle de la zona de El Sombrero para una crecida de 50 años de recurrencia, para los distintos escenarios. Los valores de velocidad en los perfiles y la comparación entre el escenario 1 y el escenario sin obras se observan en la Tabla 11; y entre el escenario 2 y el escenario sin obras en la Tabla 12.

Tabla 11: Velocidades promediadas en la vertical del Escenario 1 y su variación con respecto al Escenario 0. R = 50 años

Perfil	A		B		C		D		E		F		G	
	V(m/s)	% E0	V(m/s)	% E0	V(m/s)	% E0	V(m/s)	% E0	V(m/s)	% E0	V(m/s)	% E0	V(m/s)	% E0
1	0.61	-1%	0.55	-3%	0.25	-12%	0.00	-100%	Muelle de contenedores		Muelle de contenedores		-	-
2	0.69	-1%	0.79	-3%	0.44	-9%	0.00	-100%	Muelle de contenedores		Muelle de contenedores		-	-
3	0.83	-1%	1.03	-2%	0.70	-7%	0.15	-50%	Muelle de contenedores		Muelle de contenedores		0.57	-37%
4	1.01	-1%	1.23	-2%	0.98	-5%	0.38	-31%	Muelle de contenedores		Muelle de contenedores		0.84	-29%
5	1.23	-1%	1.42	-2%	1.23	-3%	0.65	-20%	Muelle de contenedores		Muelle de contenedores		1.23	-17%
6	1.47	-1%	1.61	-1%	1.45	-3%	0.93	-13%	1.13	-16%	1.68	0%	1.62	-6%
7	1.71	-1%	1.81	-1%	1.67	-2%	1.19	-9%	1.36	-12%	1.75	-4%	1.87	-4%
8	1.92	-1%	1.99	-1%	1.87	-2%	1.44	-6%	1.62	-8%	1.89	-5%	2.04	-4%

Tabla 12: Velocidades promediadas en la vertical del Escenario 2 y su variación con respecto al Escenario 0. R = 50 años

Perfil	A		B		C		D		E		F		G	
	V(m/s)	% E0	V(m/s)	% E0	V(m/s)	% E0	V(m/s)	% E0	V(m/s)	% E0	V(m/s)	% E0	V(m/s)	% E0
1	0.55	-11%	Astillero		0.00	-100%	0.00	-100%	Muelle de contenedores		Muelle de contenedores		-	-
2	0.63	-10%	Astillero		0.00	-100%	0.00	-100%	Muelle de contenedores		Muelle de contenedores		-	-
3	0.76	-8%	Astillero		0.23	-69%	0.13	-59%	Muelle de contenedores		Muelle de contenedores		0.57	-37%
4	0.95	-6%	1.28	2%	1.02	0%	0.37	-32%	Muelle de contenedores		Muelle de contenedores		0.85	-29%
5	1.18	-5%	1.40	-3%	1.26	-1%	0.66	-18%	Muelle de contenedores		Muelle de contenedores		1.24	-17%
6	1.43	-4%	1.59	-3%	1.44	-3%	0.96	-10%	1.15	-14%	1.69	1%	1.63	-6%
7	1.68	-3%	1.79	-2%	1.65	-3%	1.22	-7%	1.39	-11%	1.77	-3%	1.88	-3%
8	1.90	-2%	1.98	-2%	1.85	-3%	1.45	-6%	1.64	-7%	1.90	-4%	2.05	-4%

Figura 19: Resultados de los Escenarios 0, 1 y 2. $R = 50$ años


Aquí también valen los comentarios realizados para la crecida de 5 años de recurrencia, ya que se observan los mismos efectos en la zona costera de El Sombrero. Naturalmente, se da una importante diferencia en la magnitud de las

velocidades, ya que las mismas son mayores para la crecida de 50 años de recurrencia. Así, las velocidades cercanas al tablestacado de la terminal de contenedores van de 1,14 a 1,70 m/s para las celdas vecinas, y de 1,60 a 1,90 m/s 20 m hacia el cauce. Para el tablestacado del astillero, las velocidades son de 1,28 m/s en las celdas contiguas y 1,59 m/s unos 20 m hacia el cauce.

5.7 ANÁLISIS DE EROSIÓN

Existen diferentes tipos de erosión fluvial: de largo plazo por cambios morfológicos, localizada, y general. La erosión por cambios morfológicos de largo plazo se produce por cambios de la configuración del río a nivel macro por fenómenos relacionados, por ejemplo, con el crecimiento o erosión de islas o la migración del talweg. Como consecuencia, la erosión de las márgenes puede producirse por el desplazamiento del cauce, y puede darse tanto en ríos meándricos como anastomosados. En la Sección 7 se evaluarán los procesos morfológicos que tienen lugar en la zona cercana a El Sombrero.

Por otro lado, las erosiones localizadas son provocadas por turbulencias que pueden tener origen en la interposición de obstáculos (ej. pilotes), o por contracción del flujo (ej. estribos de puentes), entre otros. Algunos de estos mecanismos pueden tener lugar en el puerto y se analizan en la Sección 7.

Finalmente, la erosión generalizada tiene lugar durante una crecida debido a la mayor capacidad de transporte de material sólido que adquiere la corriente al incrementarse el caudal. Como consecuencia, se incrementa la “intensidad del flujo” expresada a través de la tensión de corte sobre el lecho (que es capaz de poner a las partículas en movimiento) y la velocidad media del agua (que mantiene a las partículas en transporte). La posterior etapa de depósito se produce cuando disminuye el caudal y la capacidad de arrastre.

El cálculo de erosión generalizada se puede realizar a partir de los resultados del modelo hidrodinámico aplicando la fórmula semiempírica de Lischtván – Lebediev. En El Sombrero el cauce presenta un lecho granular, por lo tanto la fórmula a aplicar es la siguiente:

$$h_s = \left(\frac{\alpha \cdot h_0^{5/3}}{0,68 \cdot \beta \cdot \mu \cdot \Phi \cdot d_m^{0,28}} \right)^{\frac{1}{1+\bar{X}}}$$

Donde:

- h_s : profundidad del flujo luego de producida la erosión general (m),
- h_0 : profundidad inicial de la corriente, para el caudal de diseño, en (m),
- β : coeficiente de recurrencia, función del período T_R (en años), dado por:

$$\beta = 0,8416 + 0,03342 \cdot \ln(T_R)$$

- μ : coeficiente de corrección por contracción de flujo, se tabula en función de la velocidad media del flujo y la distancia libre entre pilas. Si se calcula

erosión en una sección donde no existe puente, se considera igual a la unidad.

ϕ : coeficiente de corrección por la densidad del agua durante la creciente.
Si se considera agua clara, $\phi=1$, si existe transporte de sedimentos está en función de la densidad de la mezcla agua+sólidos en suspensión.

Para: $\gamma_{as} = 1 \text{ t/m}^3 \Rightarrow \phi = 1$

$\gamma_{as} > 1 \text{ t/m}^3 \Rightarrow \phi = -0,54 + 1,5143 \gamma_{as}$

d_m : diámetro medio de las partículas de material granular, en (mm),

X: exponente variable que depende de d_m :

$$X = 0,394557 - 0,04136 \cdot \log(d_m) - 0,00891 \cdot \log^2(d_m)$$

α : coeficiente de sección o de distribución de caudal, según la fórmula siguiente:

$$\alpha = Q_d / (H_m^{5/3} \cdot B_e)$$

Q_d : caudal para la recurrencia de cálculo

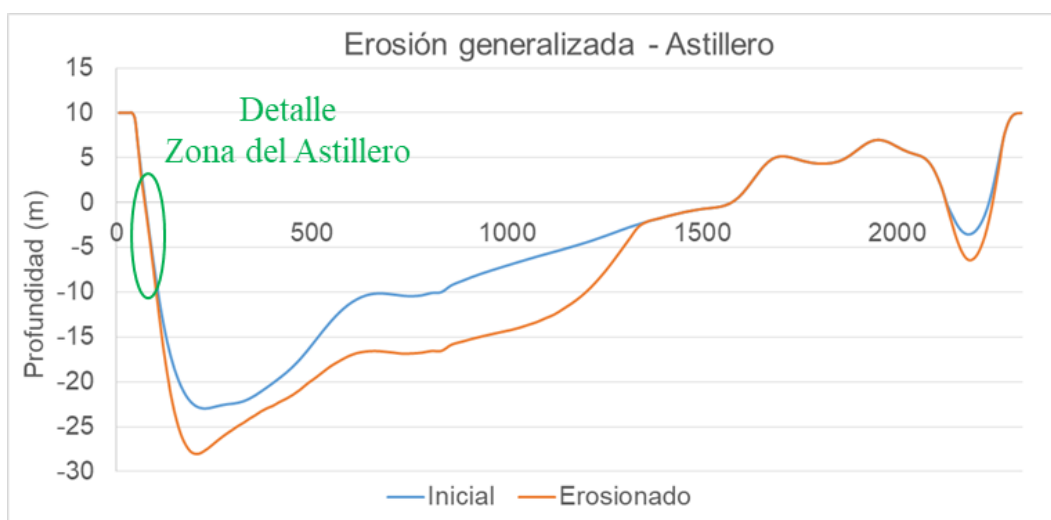
H_m : tirante hidráulico= A/B_e

B_e : ancho efectivo del canal, en (m)

A: área de flujo, en (m^2)

Con esta metodología se evaluó la erosión generalizada para una crecida de 20 años de recurrencia en dos secciones: una que incluye al muelle del astillero y la otra al muelle de contenedores. Los resultados se muestran en las Figuras 20 y 21.

Figura 20: Erosión generalizada en sección Astillero. $R = 20$ años



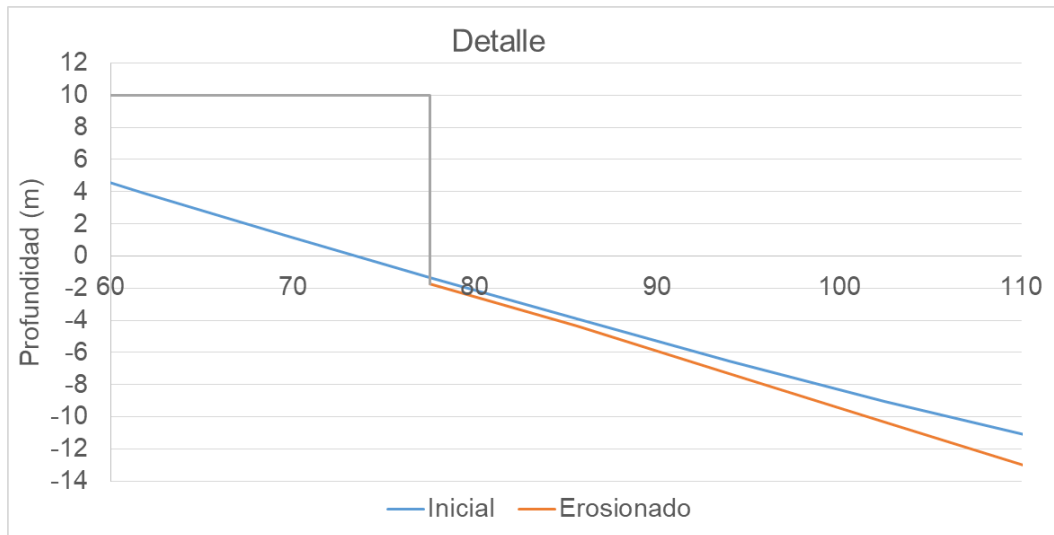
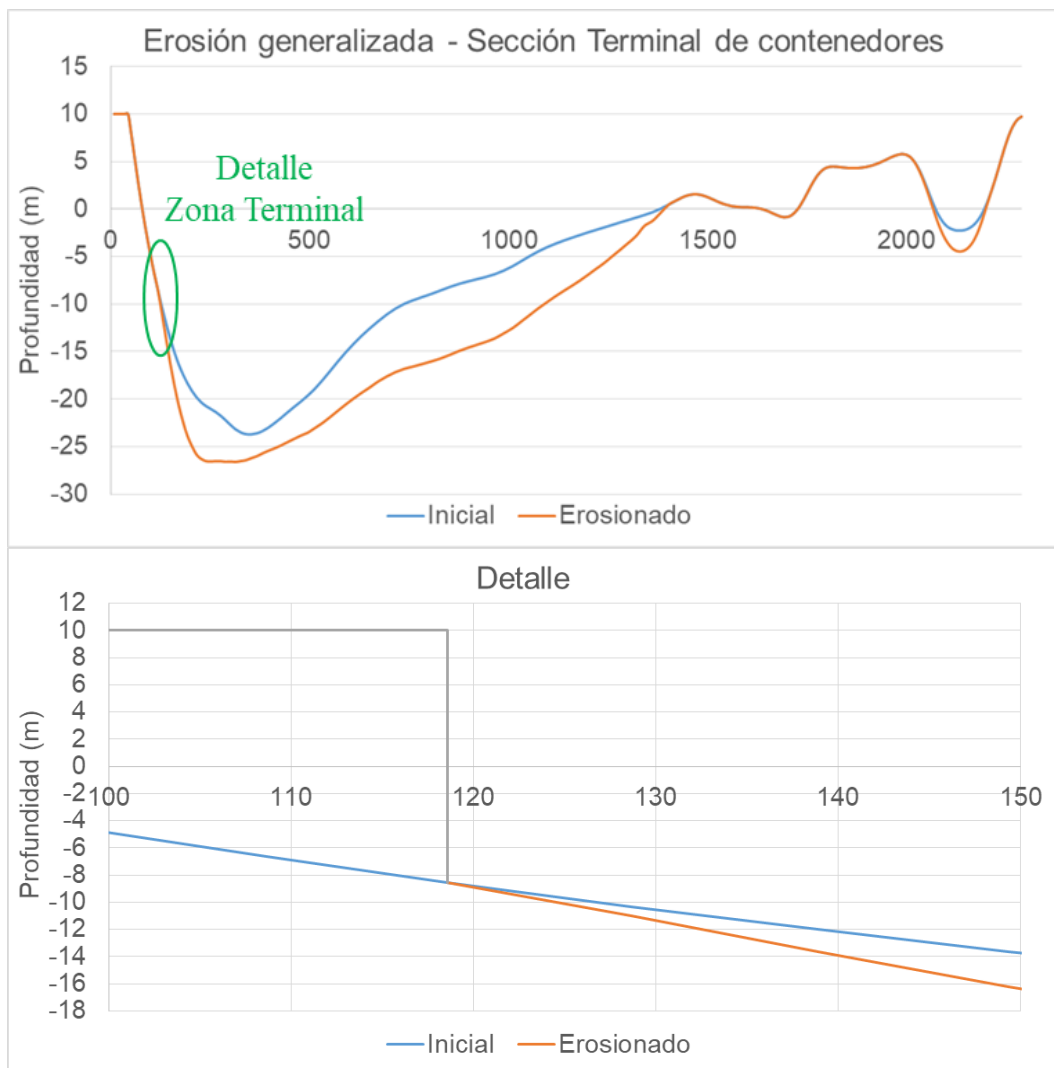


Figura 21: Erosión generalizada. Sección Terminal de contenedores. $R=20$ años



Para la sección que incluye al astillero la máxima erosión es del orden de 7 m. En el detalle de la zona del muelle se observa que la erosión fluctúa desde 0,5 m al pie a 2,0 m a unos 30 m de distancia.

Para la sección que incluye la terminal de contenedores la máxima erosión es también de 7 m. Aquí no se observa erosión al pie de muelle, aunque la erosión a unos 30 m de distancia asciende a 2,6 m.

Si bien este análisis de erosión se realizó para el escenario 2, los resultados serán similares para el escenario 1 ya que, como se destacó en el apartado anterior, el campo de velocidades en general y en la zona de las obras no presenta importantes variaciones.

5.8 CONCLUSIONES

Como resultado de los estudios hidrosedimentológicos, se concluye que en la zona de la nueva terminal de contenedores las velocidades medias en la vertical llegan hasta 1,5 m/s, mientras que en la zona de astilleros alcanzan 1,1 m/s, para una crecida de 20 años de recurrencia.

Al comparar los escenarios con y sin obras, se destaca el hecho de que no se produce una aceleración del flujo como producto de las obras, sino que el mismo presenta poca variación o aun una disminución en las velocidades medias cerca de la costa.

Finalmente, se calculó la erosión generalizada que afectaría la zona de pie de muelle para una crecida de 20 años de recurrencia. La misma alcanzaría 0,5 m en el astillero y no afectaría a la terminal de contenedores.



6.0 DISEÑO DE PROTECCIONES COSTERAS

6.1 EROSIÓN Y PROCESOS MORFOLÓGICOS

Los estudios realizados para la modelación hidrodinámica permiten concluir que las obras no generarán aumentos de velocidades de corrientes importantes. En otras palabras, los patrones de erosión no serán modificados de manera significativa por las obras.

Sin embargo, la zona se caracteriza por procesos morfológicos muy activos, lo que prescribe el estudio de los procesos naturales de largo plazo. Para ello se recurrió a las imágenes satelitales del Google Earth. Aunque las mismas no se encuentran rectificadas pueden brindar una buena idea de los procesos ocurridos. La primera imagen de la Figura 22 muestra una foto satelital del 29/2/2004 de la zona de El Sombrero, cuando el nivel del río en la Ciudad de Corrientes era +2,45. En esta imagen se debe notar una isla importante frente a la ubicación del nuevo puerto y dos islas pequeñas, una hacia aguas abajo, muy alargada, y otra hacia el noroeste, en la boca del brazo secundario.

Poco menos de dos años más tarde, el 12/8/2005, se registró un nivel similar en Corrientes, +2,35. La imagen correspondiente se encuentra en el ángulo superior derecho de la misma figura. En este caso se aprecia el crecimiento de las tres islas. Particularmente llamativa es la isla que se encuentra más hacia aguas abajo.

La siguiente imagen se corresponde al 3/11/2010, cuando el río se encontraba a +3,24, un nivel un poco más alto que el de las imágenes anteriores. Aquí ya es notoria la consolidación de la isla con vegetación importante. Además, a partir del extremo norte se extiende un banco de arena hacia la costa correntina, que produce una contracción del flujo del cauce (por lo tanto una muy probable aceleración de la corriente).

Finalmente, la imagen de la esquina inferior derecha muestra la imagen del 28/3/2017, con un nivel muy similar a la anterior: +3,38. Las batimetrías realizadas dan cuenta de que la zona hacia aguas abajo de la isla sur es de escasa profundidad, sin embargo, el banco en el extremo norte de la misma ya no sobresale del agua. La misma aceleración provocada por la contracción puede haber contribuido a dispersar ese banco.

Los cambios en la orilla son más difíciles de detectar. Para estudiarlos se delinearon las costas en las imágenes de 2010 y 2017, y luego se superpusieron. La Figura 23 muestra los resultados.



Figura 22: Imágenes satelitales de la zona portuaria. Arr. Izq.: 2004; Arr. Der.: 2005; Abajo izq.: 2013; Abajo Der.: 2017



Figura 23: Delineado de las líneas de costa de 2017 (celeste) y 2010 (azul)



En la Figura se observa claramente cómo las islas redujeron su tamaño, particularmente en los extremos aguas arriba. Sin embargo la línea costera se mantuvo bastante estable en ambos márgenes. A lo largo de la zona de implantación del puerto las diferencias entre una línea y la otra resultaron variables entre 0 m y 7 m mostrando incluso un crecimiento general de la costa.

Ahora bien, el método utilizado, por la calidad de los datos de base, no puede ser conclusivo respecto de que esta zona de la costa tienda a crecer. Pero los indicios al menos confirmarían que se mantiene bastante estable. Por un lado, la zona socavada podría estar aportando sedimentos de origen pluvial. Por otro lado, la recesión del banco de la isla podría estar demostrando que esta zona de la orilla correntina no sería tan vulnerable a la erosión: para recuperar la sección del cauce, el río erosionó los bancos que formó.

Ante estas circunstancias, se estima prudente proyectar protecciones costeras, pero limitadas en su alcance y envergadura. El objetivo de estas protecciones sería principalmente evitar las erosiones localizadas y aquellas producidas por el aumento repentino del flujo ante un pulso fluvial.

6.2 TIPOLOGÍAS DE SOLUCIONES DE PROTECCIONES COSTERAS

Las obras de margen tienen por objeto “endurecer” la costa para evitar la migración de los suelos y sedimentos. Las obras de encauzamiento tienen por fin modificar la línea de corriente para hacerlas divergir de la zona a proteger creando una zona artificial de baja energía. A su vez, ante presencia de olas, estas obras disipan la energía.

Ahora bien, para materializar la estabilización de la línea de costa se puede optar por alternativas de obras rígidas o de obras flexibles. Las obras rígidas se refieren a muros de contención, tablestacados, u otras similares. Las flexibles son de piedras (*riprap* o escollerados) y otras que evolucionaron de estas primeras como ser las mantas flexibles, los geotubos, o los pavimentos intertrabados. Sin embargo, existe una gran diferencia de costos entre las obras flexibles y las rígidas que se acentúa cuando las alturas a salvar son más grandes. Por esto, cuando se necesitan proteger longitudes extensas y no se necesitan paramentos verticales (por ejemplo para el atraque de un buque) la alternativa de los sistemas flexibles es más conveniente. Tienen la ventaja adicional de que su reparación o modificación es más sencilla.

Los *riprap* consisten en capas de piedras volcadas sobre una manta de geotextil que, debido al tamaño de la piedra exterior, resisten a su puesta en movimiento por el agua. La capa exterior se asienta sobre capas de piedras más finas y éstas a su vez sobre un geotextil para evitar que los granos finos del suelo migren a través de los intersticios de las piedras.

Las mantas flexibles y los pavimentos articulados suplen a los *ripraps*. Los primeros consisten en bloques de hormigón dispuestos en damero, separados entre sí regularmente, y vinculados inferiormente por un geotextil. Esta solución permite reemplazar a las piedras de los *ripraps* asegurando una mejor trabazón y una obra más liviana. En el caso de los pavimentos articulados, no se cuenta con el geotextil de vinculación (aunque siempre es conveniente colocar un geotextil bajo los bloques) y la intertraba se realiza con la forma de los bloques. Al no haber espacios entre los elementos termina siendo obras más pesadas que la de las mantas³.

Las obras de encauzamiento tradicionales se hacen con piedras (escollerados) de manera similar a los *riprap*. Pueden ser perpendiculares o inclinados respecto de la costa. Las mantas y pavimentos articulados pueden suplir las funciones de los *ripraps*, pero no la de los escollerados. Los tubos de geotextiles, en cambio,

³ Abramian, J.E., 2017, Proyecto Ejecutivo del Nuevo Puerto de General Lavalle, CFI, Buenos Aires

pueden disponerse de manera paralela a la costa, actuando como revestimientos o de manera perpendicular o inclinada, actuando como escolleras encauzadoras. Para alcanzar las cotas necesarias se pueden apilar tubos unos sobre otros. Los tubos se llenan con arena bombeando una mezcla a través de una manga, o colocando el material sobre el geotextil abierto que luego se cierra cosiendo una costura central longitudinal. A continuación la Tabla 13 compara las distintas soluciones y las Figuras 24 a 26 ilustran sobre las distintas soluciones.

Tabla 13: Tabla comparativa de soluciones constructivas para protección costera⁴

Solución	RipRap y escollerados tradicional	Mantas flexibles	Tubos de geotextiles	Otros pavimentos articulados
Características	Piedras sueltas formando filtros	Bloques de hormigón vinculados con geotextiles	Geotextil en forma de tubo relleno con arena	Bloques de hormigón diseñados con sistemas de trabas
Patente	no	sí	sí	Sí
Costo (U\$/m)	750	1100	600	900-1500
Mantenimiento y reparación	Fácil	Mediana (agregar)	Difícil (reemplazar)	Mediana (según donde se produzca la rotura)
Facilidad de construcción*	Piedra suelta volcada y distribuida con grúa	Colocación con grúa cuidadosa en tramos de 2x6 m	Llenado mediante bombeo	Colocación manual
Disponibilidad	En la provincia de Corrientes	Desde Fábrica	Geotextiles de fábrica o importador, arena localmente	Desde fábrica
Durabilidad	Muy durable	Muy durable	Durable	Susceptible a subpresiones y bombeo

*En todos los casos hay que perfilar el terreno

⁴ Abramian, J.E., 2017, Proyecto Ejecutivo del Nuevo Puerto de General Lavalle, CFI, Buenos Aires

Figura 24: Tubo geotextil MacTubes utilizado como escollera (Fuente: Maccaferri)



Figura 25: Protección con mantas flexibles (Fuente: Coripa)



Figura 26: Izq. protección con bloques Bentonplan (Fuente: Coripa); der. Riprap



En el caso del Nuevo Puerto de la Ciudad de Corrientes no sería necesario realizar obras de protección extensivas, pero habrá que asegurar que el muelle

se encuentre protegido. En el futuro, si se decidiera realizar las obras del astillero, probablemente sería necesario proteger la entrada al varadero para asegurar las maniobras de ingreso. También en ese caso, sería necesario proteger el pie del muelle. Dada la facilidad de colocación y la disponibilidad de material bueno en Corrientes, para la protección local del muelle se propone la utilización de *ripraps*.

6.3 DISEÑO DE LAS PROTECCIONES

6.3.1 Parámetros de diseño

Para diseñar los revestimientos se considerarán:

- Olas generadas por embarcaciones
- Corrientes fluviales
- Corrientes inducidas por embarcaciones

Dado que el *fetch* (distancia sobre la que sopla el viento generando olas) es corta y el espejo de agua tiene limitaciones de ancho y profundidad, se desprecia la generación de olas de viento.

- Olas generadas por embarcaciones⁵

Las embarcaciones generan trenes de olas que se mueven con la misma nave. La altura de las olas depende principalmente del desplazamiento, forma, y velocidad de la nave. Y la altura de ola que alcanza la costa depende de la distancia a la que pasa la embarcación.

Si bien el patrón de dispersión de estas olas desde la roda fue resuelto analíticamente con bastante precisión, las alturas de olas generadas todavía son objeto de investigación. Aquí se utilizará el modelo de Sorensen⁶ (1997) que fue validado con experiencias de campo por Gharbi et al.⁷ (2010). Esta metodología tiene como variables la velocidad del buque, la profundidad, la distancia desde el eje de crujía, y el desplazamiento.

Para el caso se tomó que frente al revestimiento o protección podrá circular un convoy de 25 barcas a una velocidad de 10 kn. A continuación se listan los parámetros de cálculo y resultados obtenidos.

Velocidad de la embarcación	V [m/s]=	5,14
Profundidad	d [m] =	20,00

⁵ Extraído de Abramian, J.E., 2017, Proyecto Ejecutivo del Nuevo Puerto de General Lavalle, CFI, Buenos Aires.

⁶ Sorensen RM (1997) Prediction of vessel-generated waves with reference to vessels common to the upper Mississippi River System. ENV Report 4, US Army Corps of Engineers.

⁷ Gharbi S., Hamdi S., Nistor I. Valkov G. (2010).). *Numerical and field study of ship-induced waves along the St. Lawrence Waterway, Canada*. Natural Hazards. Springer.



Desplazamiento	W [m3] =	54.000,00
Distancia transversal	x [m] =	20,00
Distancia adimensional	x' =	0,55
Profundidad adimensional	d' =	0,55
Froude	F =	0,37
beta	β =	- 0,45
delta	δ =	- 0,17
Exponente de correlación	n =	- 0,50
a	a =	- 1,64
	b =	2,32
	c =	- 0,98
log α	log α =	- 2,31
	α =	0,0049
Altura máxima	Hm [m] =	0,25

Como se aprecia, una de las mayores embarcaciones que puede navegar la zona, prácticamente a su máxima velocidad y pasante a sólo 20 m de la margen, produce olas de 0,25 m de altura.

- Corrientes fluviales

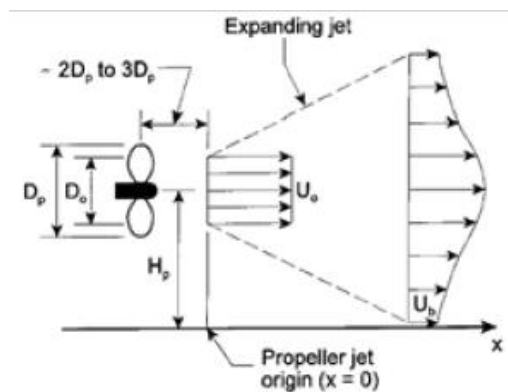
De acuerdo a los estudios de corrientes realizados las velocidades máximas a obtener son de alrededor de 2,00 m/s (Tabla 11). Sin embargo, hacia la costa las velocidades se reducen. Para una crecida de 20 años de recurrencia, el modelo hidrodinámico predice 0,7 m/s a 30 m de la costa, reduciéndose a 0,5 m/s a 10 m de la ribera.

- Corrientes inducidas por embarcaciones⁸

Las hélices de los buques producen un jet con energía suficiente para producir socavaciones en el lecho. La velocidad de la corriente producida por una hélice depende de la velocidad de rotación de la misma y de su tamaño, entre los factores más importantes. Además, la velocidad varía con la distancia a la hélice (horizontal y vertical), como indica la Figura 27.

⁸ Extraído de Abramian, J.E., 2017, Proyecto Ejecutivo del Nuevo Puerto de General Lavalle, CFI, Buenos Aires.

Figura 27: Esquema del jet generado por una hélice (Froehlich et al.9)



La fórmula que representa el fenómeno es:

$$U_o = C_p [P_b / (\rho D_p)^2]^{0,33}$$

Donde:

C_p = coeficiente del tipo de salida de la hélice. Aquí se toma 1.48 para hélices abiertas.

ρ = densidad del agua (1.025 t/m³)

D_p = Diámetro de la hélice (2,20 m)

P_b = Potencia (4000 kw) – para considerar la potencia utilizada en muelle se toma el 10% de la instalada (PIANC, 1997)¹⁰.

Resultando:

$$U_o = 5,99 \text{ m/s}$$

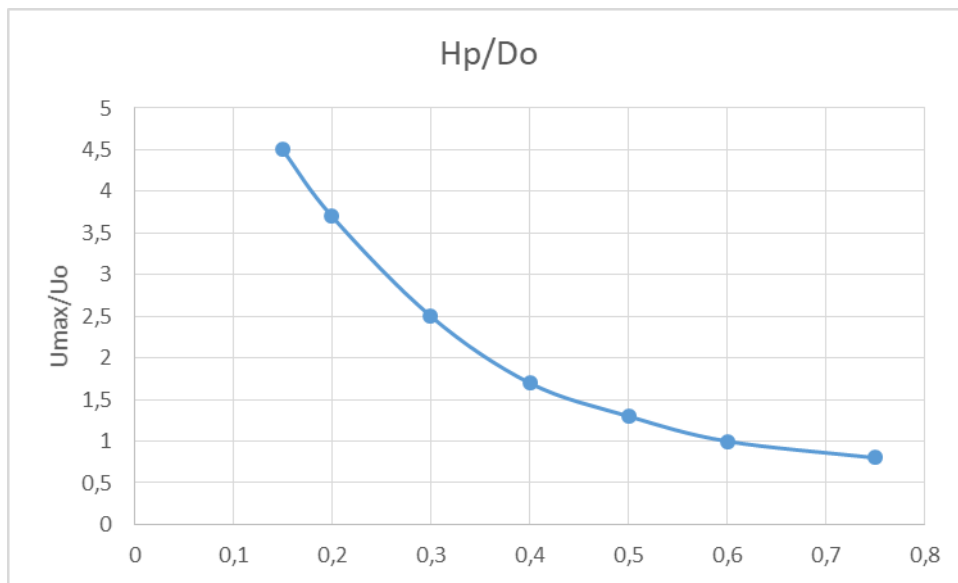
El chorro tiene inicialmente un diámetro D_o y una velocidad U_o . Pero la velocidad a la que impacta el fondo, a una distancia de la hélice, depende de la distancia entre el eje de la hélice y el fondo. La Figura 28 muestra la relación entre esa velocidad máxima que impacta al fondo y la relación entre la distancia del eje de la hélice al fondo y su diámetro.

De allí se obtiene que $U_{max} = 3 \text{ m/s}$. Y la velocidad con la que puede incidir sobre la protección bajo el muelle es la misma (por ejemplo, cuando la pala de timón se inclina desviando el chorro hacia tierra).

⁹ Froehlich D.C., Shea C. C., y Damigella, R. J., *Screwed-Up Riprap: Sizing Rock Riprap to Resist Propeller-Induced Erosion*, PB Notes, 4th Quarter 1998 • Issue No. 43 • Volume XII • Number 3

¹⁰ PIANC, *Guidelines for the Design of Armoured Slopes under Open Piled Quay Walls*, Working Group 22, Supplement Bulletin 96, Bruselas, 1997.

Figura 28: Variación de la velocidad respecto del diámetro de la hélice



6.3.2 Dimensionamiento del rip-rap

En un río donde la fuerza de las olas es poco significativa, para el dimensionamiento del *riprap* se puede utilizar la fórmula de Van Rijn¹¹ tomando la velocidad orbital igual a cero. El diámetro de las piedras viene dado por:

$$D_{n,50} = \frac{\gamma_s (0.0063 \bar{u}^2 + 0.025 \hat{U}^2)}{\Delta g (K_{\alpha 1} K_{\alpha 2} \theta_{cr})}$$

Donde,

$D_{n,50}$ = diámetro de la piedra

U = velocidad orbital de la ola = 0

u = velocidad de la corriente = 4 m/s

γ_s = factor de seguridad = 1,5

Δ = densidad relativa

$K_{\alpha 1} = \sin(\phi - a_1) / \sin(\phi)$ = factor de pendiente transversal

$K_{\alpha 2} = [\cos(a_2)] [1 - \{\tan(a_2)\}^2 / \{\tan(\phi)\}^2]^{0.5}$ = factor de pendiente longitudinal

$\theta_{cr,o}$ = Tensión de corte crítico de Shields;

a_1 = ángulo transversal (talud con fondo) = 26°

a_2 = ángulo longitudinal (talud con fondo) = 26°

ϕ = ángulo de reposo = 40°

¹¹ Van Rijn, L.C., 2010. Coastal erosion control. EU-Conscience Project, Deltares, Delft, The Netherlands

De aquí se obtiene un diámetro de piedra de 68 cm o un peso equivalente de aproximadamente 450 kg. En este cálculo se asumió actuando de manera simultánea la corriente producida por la hélice más la fluvial en condiciones normales. En un caso extremo las corrientes podrían ser mayores, pero esto es compensado por los mayores niveles de río asociados y las consecuentes mayores distancias entre hélice y fondo. Además, dados los incrementos importantes en el tamaño de piedra cuando se aumenta la velocidad (en la fórmula del diámetro este factor se eleva al cuadrado y el peso se encuentra elevado al cubo respecto del diámetro) se adopta como criterio utilizar condiciones normales para el diseño y aceptar cierto porcentaje de piedras desplazadas en grandes eventos que, eventualmente, deberán ser reposicionadas.

El diseño de la protección se completa con criterios de diseño del espesor de la capa de armadura de 1,35 m, una subcapa de piedras de tamaños variables entre 10 y 50 kg de 1,0 m de espesor y, bajo la misma, un geotextil no tejido. Finalmente, también se debe considerar una protección de pie.

6.3.3 Planos

Los Planos de la protección costera se encuentran en CT1809–CO-PC-01 a 03.

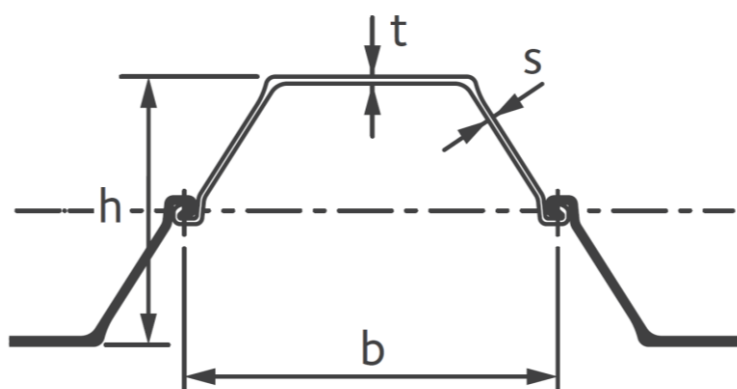


7.0 TABLESTACADO

El muelle diseñado es uno de tipo transparente que tiene un cierre posterior materializado con tablestacas. Al ser transparente, el muelle es menos intrusivo, en el sentido que al no avanzar tanto en el río no modifica demasiado las líneas de corrientes. Además, permite alcanzar mayores profundidades, es menos susceptible a socavaciones del pie y requiere menor movimiento de suelos.

El tablestacado propuesto es de tipo metálico utilizando perfiles PU 18 (tipo U), tal como muestra la Figura 29, de 10,5 m de longitud.

Figura 29: Tablestacas tipo U (PU)



Estas tablestacas tienen una viga de cintura a 2,0 m de la superficie. Esta viga vincula al tablestacado con las pantallas de anclaje posteriores, ubicadas a una distancia de 20 m.

El tablestacado tiene también una viga de coronamiento que fue calculada con el programa VLoad con cargas 200 kN simulando la rueda de un reachstacker cargado pasando a través. La viga de coronamiento se encuentra 50 cm por debajo del nivel de terminación del muelle y el pavimento.

El tablestacado no sólo cubre el frente del muelle, sino que también tiene cierres laterales. El cierre lateral de tablestacado debe ser llevado hasta que la cota de coronamiento de estas estructuras enrase las cotas del terreno natural. En función de la topografía de la zona, la longitud del cierre lateral norte será mayor a la del cierre sur.

El proyecto del tablestacado se completa con detalles de la fijación de tensores. Los mismos deben ser ajustados a medida que se rellena la zona posterior de las tablestacas.

El Anexo 3 incluye la memoria de cálculo del tablestacado y los Planos CT1809-CO-T-01 y 02 muestran los detalles constructivos del mismo.

Finalmente debe notarse y recalcar que el tablestacado fue diseñado para cargas operativas. El contratista que realice la obra puede optar por construir el muelle desde tierra y aprovechar el tablestacado para posicionar una grúa desde donde hincar los pilotes. Aunque está diseñado para soportar sobrecargas de 3 t/m², **el tablestacado no está diseñado para resistir sobrecargas puntuales como las de una grúa**. En ese caso, el contratista deberá verificar la resistencia del mismo y tomar las precauciones del caso.



8.0 DISEÑO DE OBRAS VIALES

8.1 CAMINO DE ACCESO

Este proyecto incluye la planimetría del camino con la definición de las curvas horizontales, sobreeanchos, y peraltes, la altimetría con curvas verticales, el proyecto de los desagües, el estacionamiento de camiones y la entrada al puerto. Además, incluye la definición del paquete estructural de pavimentos.

8.1.1 Definiciones

El acceso terrestre al nuevo puerto se realiza directamente desde la Ruta Nacional 12 desde la cual la costa se encuentra a 4,75 km y la entrada a la terminal, donde se ubicarían los “gates”, a 4.400 m.

La topografía del predio es muy plana. Se desarrolla prácticamente como una meseta a la misma altura desde la ruta hasta la progresiva 4+260, antes de llegar al puerto. En ese punto, comienza la zona socavada que presenta pendientes más importantes, descendiendo alrededor de 15 m en poco menos de 800 m. Es decir que mientras que la parte alta del terreno es muy plana, la zona costera tiene pendientes dominantes hacia el río.

Sin embargo, hacia el sur del lote se ubica un riacho, por lo que a pocos metros de ese borde el terreno tiende a descender, característica topográfica que permite su aprovechamiento para desaguar el camino.

Desde la progresiva 3+380 hasta la 3+740 se ubica la playa de estacionamiento de camiones, que fue diseñada para la demanda estimada de 41 camiones (de acuerdo al anteproyecto de la primera etapa), pero es posible ampliarla varias veces de ser necesario. Este estacionamiento se encuentra fuera del área primaria aduanera, entre el ingreso al predio del puerto y la terminal propiamente dicha, en la zona alta del predio. Allí se instala una oficina de control de ingresos. Por no tener las restricciones del área aduanera, la operación es más rápida y no se requieren alambrados. Tampoco resulta necesario establecer un control de ingreso físico (barrera).

8.1.2 Diseño geométrico

De acuerdo a las normas de la Dirección Nacional de Vialidad, el camino de acceso podría ser clasificado como Categoría IV, ya que el volumen de tránsito esperado es menor: 41 camiones diarios (estrictamente, no sería necesario aplicar estas normas ya que se trata de una circulación interna dentro del predio).

Para esta categoría de camino, la normativa sugiere:

- Carriles = 2
- Velocidad directriz = entre 30 y 100 km/h



- Distancia mínima de detención = 63 m
- Adelantamiento = 330 m
- Decisión = 150 m
- Peralte máximo = entre 6 y 10%, se adopta 8%
- Radio mínimo deseable = 220 m
- Radio mínimo absoluto = 85 m
- Pendiente máxima deseable = 6%
- Pendiente máxima absoluta = 8%
- Valor k mín. convexa = 8
- Valor k mín. cóncava = 12

Además, se adoptan los siguientes parámetros de diseño:

- Ancho de carril: 3,50 m
- Ancho de banquetas: 2,00 m
- Velocidad directriz: 60 km/h en rectas; 40 km/h en curvas
- Capa de rodadura: carpeta de concreto asfáltico
- Perfil de camino: pendiente transversal de 2% para la carpeta y de 6% para las banquetas.

El diseño del camino fue realizado con asistencia del programa Civil3D creando una superficie a partir de los puntos topográficos relevados. A partir de allí se trazó el alineamiento horizontal y se definieron las curvas horizontales y posteriormente el alineamiento vertical y las correspondientes curvas. La longitud total del camino es de 4.440 m que se desarrollan de manera muy plana desde la ruta (progresiva 0+00) hasta la progresiva 4+040.00 en las cercanías de la terminal. Además, desde la terminal hay un camino de retorno que se junta con el camino principal en la progresiva 4+142 formando así un bucle para los camiones. La máxima pendiente del camino es de -3,5%. A los *gates* se llega con una pendiente muy baja de -0,5%.

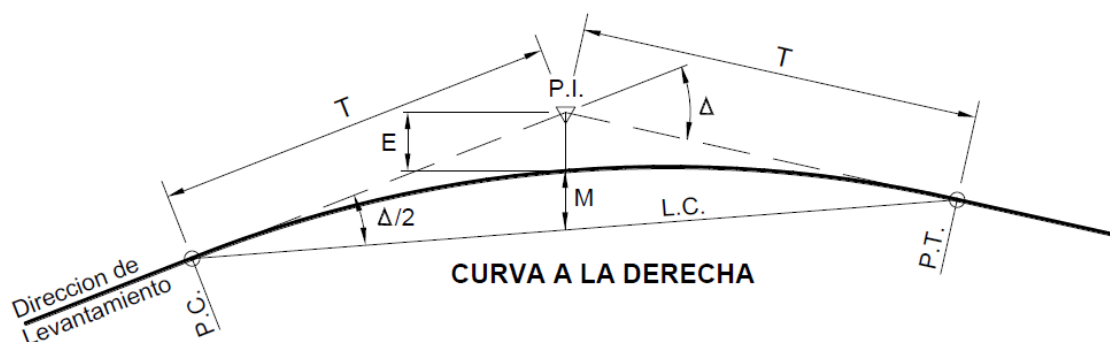
La rasante del camino en la mayor parte de la traza se encuentra a nivel del terreno natural, aunque en la última parte del camino se debe realizar un desmonte importante. Ese desmonte será utilizado para aportar a los distintos rellenos que serán necesarios para nivelar el camino y la terminal. La Figura 30 muestra la nomenclatura utilizada y la Tabla 14 muestra las características de las curvas horizontales.



Tabla 14: Diseño de curvas horizontales

ELEMENTOS DE CURVAS													
CURVA#	DIRECCIÓN	DELTA	RADIO	T	L	CUERDA	E	M	PI	PC	PT	PI ESTE	PI NORTE
PI 2	S87° 30' 42.62"W	050° 34' 40"	114.52	54.10	101.09	97.84	12.14	10.97	42+01.74	41+47.64	42+48.73	6322108.32	6934023.60
PI 1	S84° 12' 23.88"W	043° 58' 03"	52.44	21.17	40.24	39.26	4.11	3.81	40+28.00	40+06.83	40+47.07	6322263.90	6934105.55
PI 3	S84° 43' 48.08"W	048° 00' 44"	200.00	89.07	167.59	162.73	18.94	17.30	43+14.64	42+25.57	43+93.16	6322005.29	6933964.22

Figura 30: Características de la curva horizontal



P.C. = Punto de Inicio de la Curva

P.I. = Punto de Intersección

P.T. = Punto de Tangencia

E = Distancia a Externa (m.)

M = Distancia de la Ordenada Media (m.)

R = Longitud del Radio de la Curva (m.)

T = Longitud de la Subtangente (P.C. a P.I. a P.T.) (m.)

L = Longitud de la Curva (m.)

L.C. = Longitud de la Cuerda (m.)

Δ = Ángulo de Deflexión

$$T = R \tan \frac{\Delta}{2}$$

$$L.C. = 2 R \sin \frac{\Delta}{2}$$

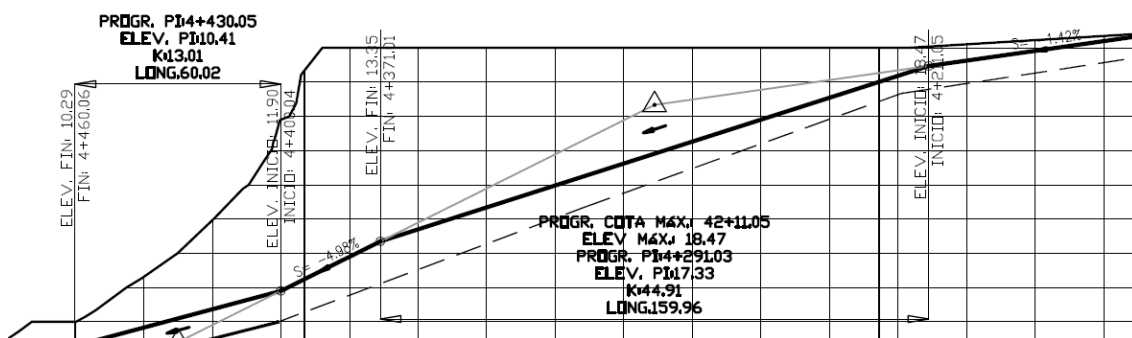
$$L = 2\pi R \frac{\Delta}{360}$$

$$M = R[1 - \cos(\Delta/2)]$$

$$E = R[\sec(\Delta/2) - 1]$$

En tanto, el alineamiento vertical presenta cinco curvas verticales en el acceso y dos curvas adicionales en la calle de salida. Los Planos CT1809-CO-V-01 y CT1809-CO-V-02-H1 a 10 muestran la planimetría y altimetría del camino; y los Planos CT1809-CO-V-03-H1 a 7 muestran las secciones del camino con sus desagües. Como ejemplo, la Figura 31 muestra el detalle de las curvas verticales del camino de salida de la terminal.

Figura 31: Ejemplo de curvas verticales



8.1.3 Pavimento

Para el cálculo del pavimento se utilizó el método AASHTO del número estructural SN. Para ello primero se determina el tránsito anual medido en ejes equivalentes. Se tomó un camión tipo semirremolque de 5 ejes, uno simple y dos duales y un crecimiento de la carga del 3% anual. El primer paso consiste en el cálculo del número de ejes equivalentes a 18 kps que se esperan durante la vida útil del camino (20 años).

PROYECCIÓN DE TRÁNSITO

Camiones 5 ejes contenedores u/día 40

Para transformar a ejes equivalentes de 18 kps, se utilizan los siguientes coeficientes:

Carga equivalente del eje simple de camión (5 t)	1	0,09
Doble, duales 16 t	1	0,84
Doble, duales 16 t	1	0,84

Y se calculan el número de ejes equivalentes esperables a lo largo del año (ESAL 18 kps):

Volumen anual de camiones por carril:	14.600
Cantidad de ejes equivalentes de 5 t	14.600
Cantidad de ejes equivalentes duales 16 t	29.200
Cantidad de ejes equivalentes totales	25.842

De acuerdo a los estudios de campo, los valores soporte de los suelos son muy aptos para la ejecución de la subrasante. Con arenas arcillosas se obtuvieron valores CBR mínimos de 12,4%.

Con el valor local del CBR de la subrasante, un coeficiente de servicio de 2 (valor de diseño para camino de poco volumen) y un factor regional de 4 (zona húmeda) se obtuvo un valor SN de 3,2.



Además, se adoptaron los siguientes coeficientes de capas:

Arena arcillosa - subbase	0,08
Arena con gravas - base	0,07
Asfalto de planta	0,44

Luego se plantearon espesores de capas:

Subbase	cm	30
Base	cm	20
Asfalto	cm	10

Al concreto asfáltico se le dio un espesor mínimo de 10 cm y a las otras capas 30 y 20 cm, respectivamente, ya que se debe considerar que prácticamente todo el tránsito será pesado.

El SN del conjunto es de 3,28 ($\sum_i \text{espesor}_i \times \text{coef}_i$) > 3,2, lo que resulta adecuado.

8.1.4 Diseño de Desagües

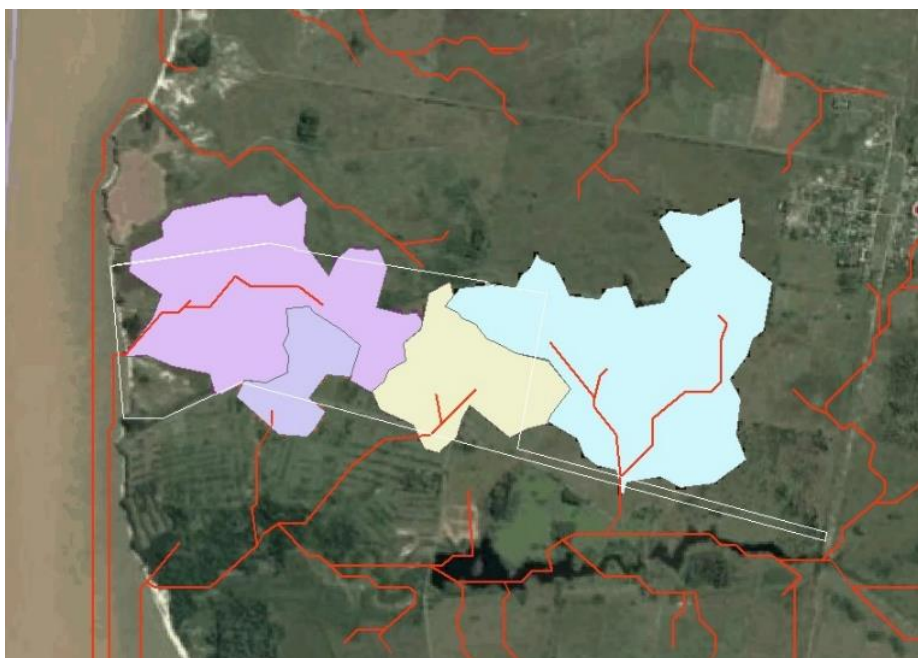
Como se explicó, la superficie del campo se desarrolla muy plana hasta cerca del Paraná y hacia el sur hasta las proximidades del arroyo Ahomá. Como la topografía es tan plana resulta difícil delimitar las cuencas para el adecuado diseño de los desagües: las mismas podrían extenderse grandes superficies más allá de los límites relevados. Por esa razón se recurrió a un análisis de una zona amplia utilizando el modelo digital del terreno (DEM) desarrollado por el IGN.

Este modelo no tiene la precisión de los datos relevados, pero abarca a todo el país, por lo que constituye una buena base de datos para el análisis macro. El DEM fue procesado con las herramientas de Análisis Espacial del programa ARCGis para 1) identificar líneas de escurrimiento, y 2) para delinear cuencas del área de estudio. A partir de este análisis se concluyó que el área de aporte no excede significativamente el área levantada con el relevamiento topográfico. La Figura 32 muestra las líneas de escurrimiento y la extensión de las subcuencas.

Como se observa en la figura, las subcuencas no se extienden mucho más del área relevada. La zona alta del terreno desagua hacia el arroyo en el sur y sólo el extremo oeste descarga de manera directa hacia el Paraná.



Figura 32: Delineación de subcuencas a partir del DEM de IGN



Ante esta evidencia, se procedió a utilizar el modelo digital del terreno realizado a partir de los datos del relevamiento, que son mucho más precisos que los del IGN. Se procedió de manera similar para determinar las superficies y puntos de descarga en cada caso. Las Figuras 33 y 34 muestran la nueva delimitación.

Figura 33: Delineación de subcuencas a partir del DEM relevado por el dron

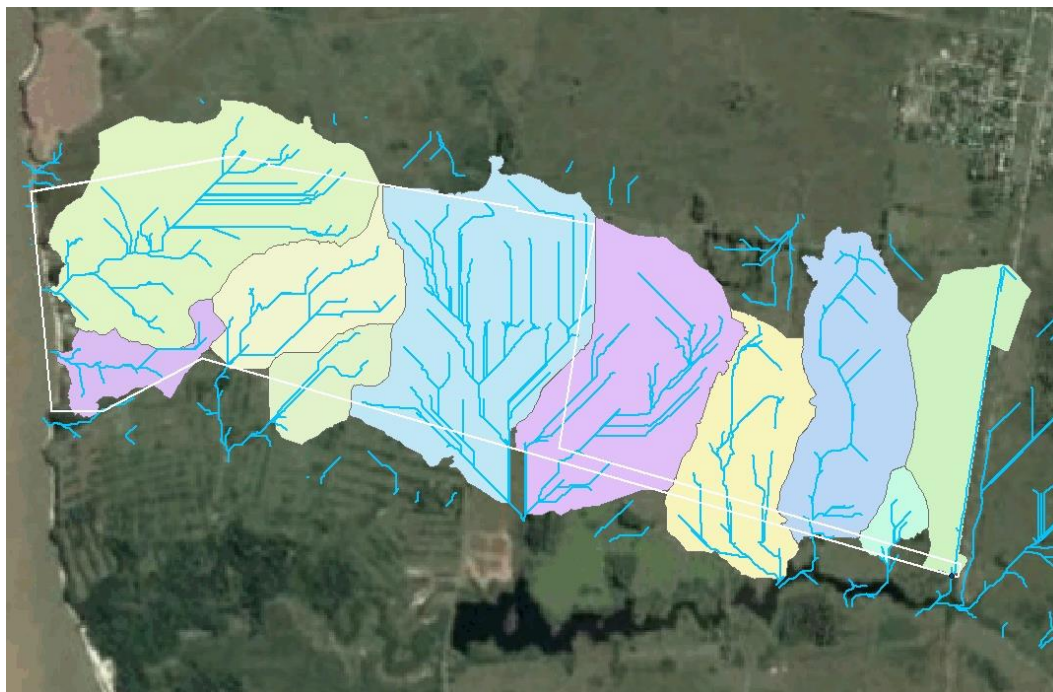
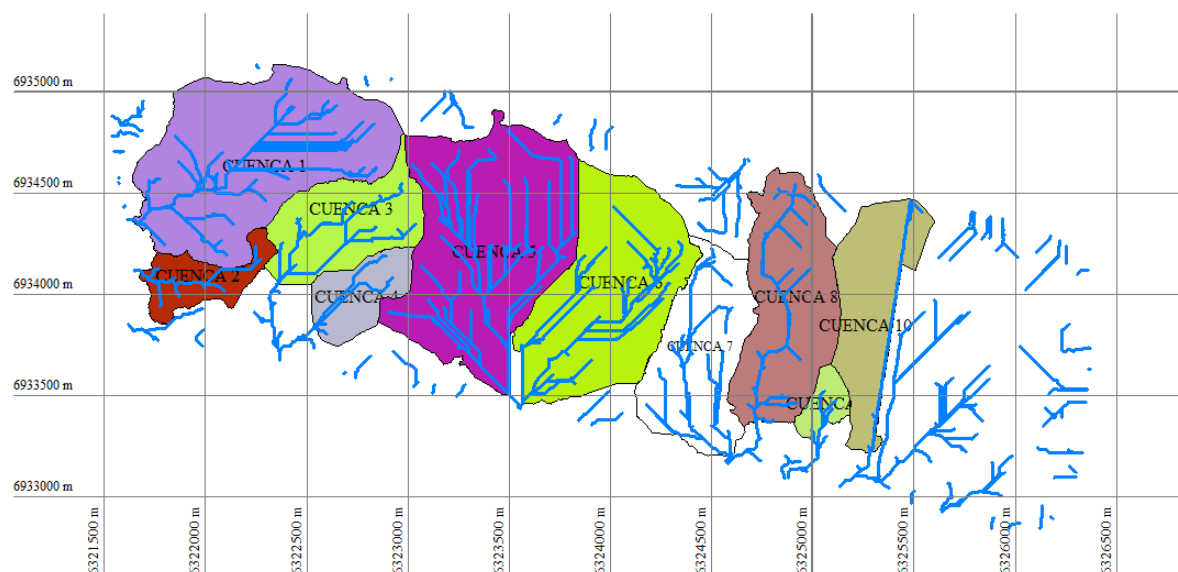


Figura 34: Delineación de subcuencas a partir de datos relevados



El camino intercepta las cuencas de la parte alta del terreno, en cambio, las dos cuencas del oeste (1 y 2) no aportan a las cunetas del camino y deben ser tomadas por los desagües de las terminales. Además también se agregó la cuenca 11, que en realidad desagua hacia la ruta nacional R12. Por otro lado también se debe notar que del lado izquierdo del camino en el sentido de las progresivas tampoco hay aportes, ya que el terreno tiende a bajar hacia el arroyo.

La interceptación del escurrimiento se realiza a partir de la cuneta lateral derecha que conduce el líquido hacia los puntos bajos donde se instalan alcantarillas para cruzar el camino y permitir el desagüe hacia el arroyo. Las alcantarillas y las descargas al arroyo se ubican aproximadamente en los puntos naturales de descarga.

Las cunetas fueron diseñadas como canales abiertos definiendo el aporte de caudales de cada cuenca. Para ello se utilizó el método racional, con un coeficiente de escurrimiento de 0,08 correspondiente a terrenos naturales con bajas pendientes. La intensidad de lluvias fue obtenida a partir de curvas IDF desarrolladas por la Universidad del Noroeste para Resistencia¹², que se considera bastante cercana a la zona de estudio. Se adoptaron cinco años de recurrencia y una duración de tormenta igual a la del tiempo de concentración obtenida por la fórmula de Bransby Williams. La Figura 35 muestra estas curvas y la Tabla 15 los parámetros de las cuencas y los caudales calculados.

¹² Ruberto, A.R., Kutnich, E.J., Depettris, C. A., Pilar J. V., Gabazza, S. E., 2006, "Actualización y análisis de las curvas IDF en el Área Metropolitana del Gran Resistencia [AMGR]", Universidad del Noroeste, Resistencia.

Figura 35: Curva de Intensidad, Duración, y Frecuencia, Resistencia

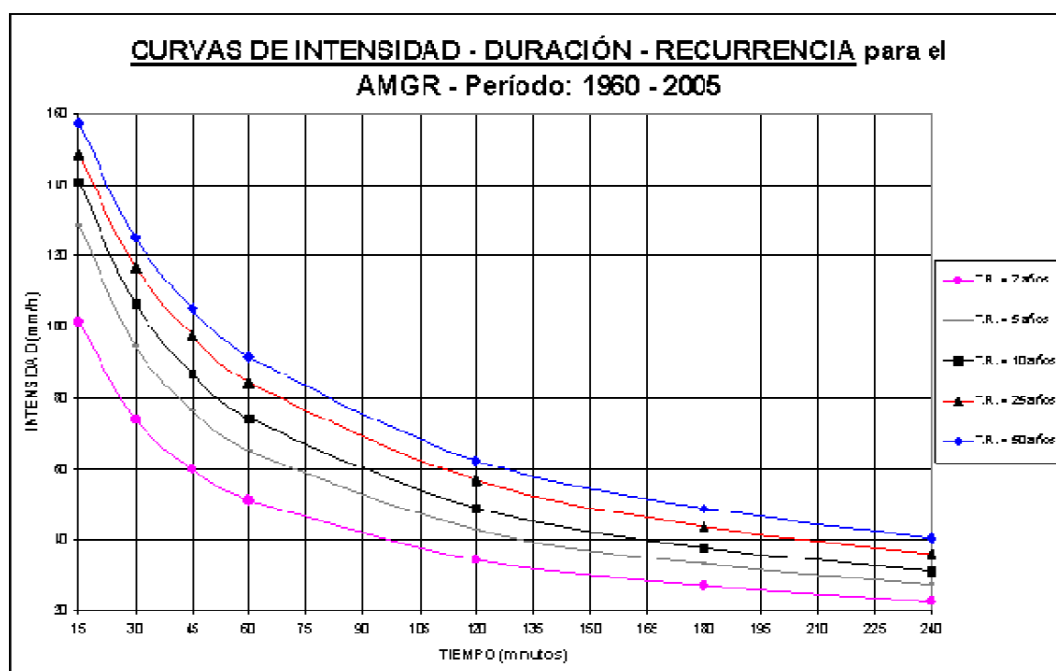


Figura 1

Tabla 15: Características de las cuencas

CUENCA	ÁREA (ha)	L (m)	Cota1 (m)	Cota 2 (m)	s (pendiente)	C	tc (Brasby Williams)	i mm/hr	Q = CiA [m3/s]
1	NO APORTA	1528	20,59	3,48	0,0112	0,20	55,42	51	2,31
2	NO APORTA	819	19	4	0,0183	0,08	32,46	51	0,14
3	31,09	1090	20,6	19,5	0,0010	0,08	70,44	51	0,35
4	7,67	400	20,6	19,59	0,0025	0,08	24,75	51	0,09
5	73,69	1450	20,7	18,7	0,0014	0,08	80,75	51	0,84
6	56,46	1285	20,6	19,11	0,0012	0,08	76,08	51	0,64
7	28,82	824	20,39	19,59	0,0010	0,08	54,07	51	0,33
8	47,59	1393	20,37	19,59	0,0006	0,08	97,05	51	0,54
9	5,84	375	20,59	19,59	0,0027	0,08	23,58	51	0,07
10	32,89	1271	20,59	19,6	0,0008	0,08	86,01	51	0,37
11	53,9	982	20,59	17,59	0,0031	0,08	48,13	51	0,61

En la tabla, L se refiere a la máxima longitud de escurrimiento de la cuenca, s a la pendiente promedio, C al coeficiente de escurrimiento, tc al tiempo de concentración, i a la intensidad de precipitación y Q al caudal.

A partir de estos datos se calcularon las cunetas utilizando la fórmula de Manning. El coeficiente adoptado es de 0,025 correspondiente a canales naturales limpios. Los taludes laterales fueron adoptados con pendientes 1V:2H. Los caudales aportados a cada tramo incluyen las descargas proporcionales de

cada cuenca, según corresponda. La Tabla 16 resume los datos y resultados obtenidos.

Tabla 16: Características de las cunetas

Tramo	Progresivas		Cotas		Caudal Q	Solera	Talud = 1: xxx	Coef. Manning N	Pend. i	Tirante h	Perímetro mojado Pm	Área A [m ²]	Radio Hidr. Rh
	Pr. Inicio	Pr. Final	Máx.	Mín.									
	m	m	m	m	m ³ /s	m				m	m		m
1	0	140	20,11	19,7	0,15	0,50	2,00	0,025	0,0029	0,25	1,61	0,25	0,15
2	140	720	20,11	18,5	0,31	0,50	2,00	0,025	0,0028	0,35	2,07	0,42	0,20
3	720	930	19,5	18,5	0,31	0,50	2,00	0,025	0,0048	0,31	1,88	0,34	0,18
4	930	1470	19,5	17,8	0,71	0,50	2,00	0,025	0,0031	0,50	2,73	0,75	0,27
5	1470	2080	19,6	17,8	0,60	0,50	2,00	0,025	0,0030	0,47	2,60	0,67	0,26
6	2080	2740	19,6	17,9	0,64	0,50	2,00	0,025	0,0026	0,50	2,73	0,75	0,27
7	2740	3240	19,4	17,9	0,84	0,50	2,00	0,025	0,0030	0,54	2,93	0,86	0,29
8	3240	3920	19,4	17,5	0,26	0,50	2,00	0,025	0,0028	0,33	1,96	0,37	0,19
9	3920	4440	17,5	10	0,08	0,50	2,00	0,018	0,0144	0,10	0,95	0,07	0,07

Para determinar la altura de las cunetas a los valores resultantes de tirantes se les agregó una revancha y se redondeó la altura a un múltiplo de 5.

Como se puede observar, hasta la progresiva 3+920 las pendientes de fondo de las cunetas se conservan en los valores recomendados por encima del 0,25% y sin exceder el 0,8%, por lo tanto no sería necesario revestirlas. En el último tramo, las pendientes son del orden de 1,4%, por lo tanto deberá revestirse los últimos 200 metros de cunetas. El revestimiento se hará con mortero proyectado (coef. de Manning = 0,018).

Finalmente, también se diseñaron las tres alcantarillas especificadas. En este caso, los caudales que deben conducir son la suma de los caudales de los tramos contiguos. Procediendo de la misma manera pero para secciones circulares como canales abiertos, y homogeneizando el diámetro de las tres alcantarillas, se arriba a diámetros de 1,0 m. En estos casos se considera una pendiente de las alcantarillas de 0,5%. Las alcantarillas se diseñan con caños de cemento (Coef. De Manning = 0,016) y alcanzan un tirante máximo de 65 cm.

8.2 ENTRADA AL PUERTO

Para el control de ingreso al puerto se incluyen dos *gates* de entrada y dos de salida ubicados a izquierda y derecha del edificio de administración. En ese lugar se diseña una expansión de los caminos de acceso y salida para que se puedan atender a dos camiones de manera simultánea en cada sentido. Adicionalmente, también se prevé un cambio de material del camino para pasar de un pavimento flexible (camino de acceso) a uno rígido (pavimentos portuarios). Dentro del puerto, dada las cargas y tipo de maniobras que se realizan (ejes pesados con radios de giros limitados) se aconseja el uso de pavimentos rígidos, y las cabinas



de entrada, donde los camiones deben frenar, parar, y arrancar, son lugares donde también se someten a los pavimentos a tratos intensivos. Por esa razón, se especifica un cambio de pavimento a unos 90 m antes de los *gates*. Las curvas de transición para el ensanche del camino son de 60 m (mayor a las recomendadas para curvas a 40 km/h).

8.3 ESTACIONAMIENTO DE CAMIONES

En el camino de acceso, entre las progresivas 3+380 y 3+740 se proyectó un estacionamiento para 41 camiones que puede ser expandido en etapas siguientes (ya sea a lo largo o a lo ancho). Para el diseño se recurrió a simulaciones con el programa Vehicle Tracking que muestra las huellas de los camiones. Los criterios de diseño se basaron en que los camiones debían estar estacionados a 45° y marcha atrás para que la salida sea franca por cuestiones de seguridad.

La Figura 36 muestra la simulación del estacionamiento marcha atrás y las Figuras 37 y 38 muestran las huellas de los camiones en el paso por la entrada y la salida del estacionamiento con las medidas propuestas originalmente.

Figura 36: Estacionamiento marcha atrás de semirremolque

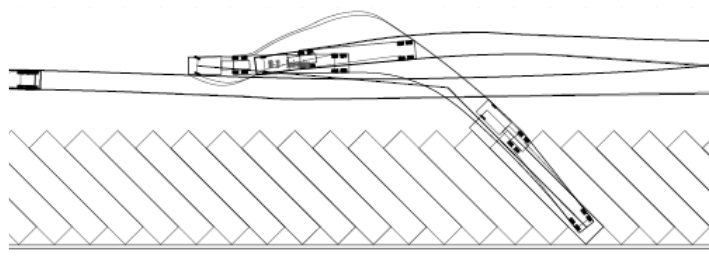


Figura 37: Maniobra de entrada a estacionamiento

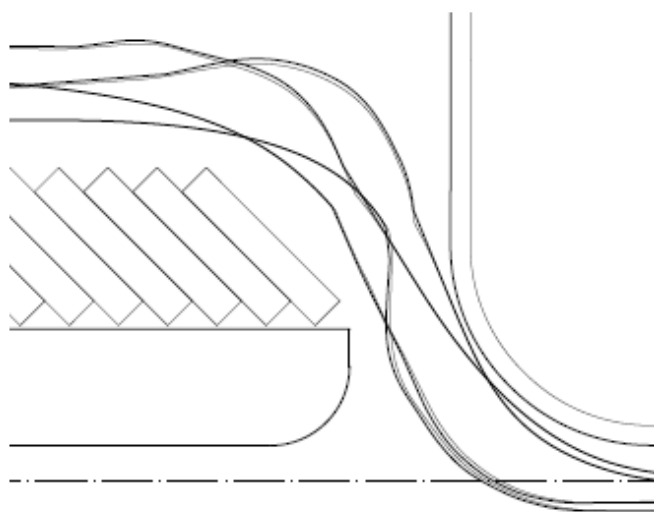
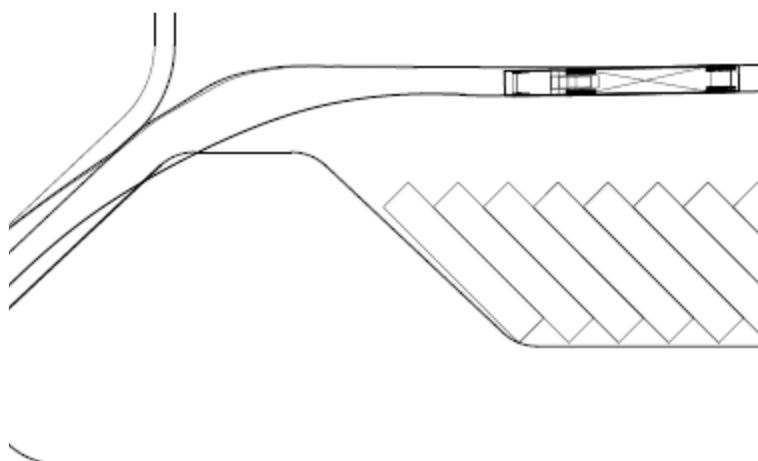


Figura 38: Maniobra de salida del estacionamiento



Acorde con los resultados obtenidos se adoptó la siguiente geometría final:

Ancho de calle =	19,8 m
Ancho de slot =	4,5 m
Largo de slot =	19,0 m
Ancho de entrada =	12,3 m
Ancho de salida =	8,0 m

Al estacionamiento también se le dio pendientes para asegurar el desagüe hacia la cuneta del camino que, eventualmente, descargaría a través de una alcantarilla hacia el arroyo lindero. El pavimento proyectado es un consolidado de ripio.

8.4 PAVIMENTOS DE LA TERMINAL

La terminal fue dividida en tres zonas de acuerdo al tipo de pavimento: zona de circulación de camiones, zona de movimiento de grúas, y zona de muelle. La primera se extiende desde los controles de entrada y salida hasta una línea que se encuentra entre el depósito y el taller. En esta zona, donde se encuentran los edificios, no se espera que circulen grúas, salvo en ocasiones especiales. La segunda se extiende entre la primera zona y el muelle propiamente dicho. En esta zona se espera la circulación de camiones y de reachstacker cargados. Finalmente, la tercera zona es la del muelle, donde el pavimento determina el coronamiento de la estructura.

Los paquetes estructurales difieren según la zona. A continuación se describen los distintos tipos de pavimentos.

8.4.1 Zona de circulación de camiones

El camino interno fue diseñado de una calzada con dos carriles de 3,5 m cada uno, siguiendo las pautas del camino de acceso. Este camino, debido a las maniobras de camiones arrancando y frenando y la posible circulación ocasional de equipos pesados, fue diseñado con una superficie de rodadura de hormigón.

Para ello se siguieron las pautas de la AASHTO para pavimentos rígidos. Se calculó el número de ejes que circularán en 20 años, una base granular y se utilizó el valor CBR de la subrasante indicado más arriba.

Cantidad de ejes equivalentes x 20 años	516.840
Índice de servicio pt	2
Tipo de subrasante	C
CBR adoptado	12,40
Subbase suelo-cem 10 cm	13,5 kg/cm ³
Módulo K de subrasante	6 kg/cm ³
Módulo de rotura	45 kg/cm ²
Tensión admisible trabajo	33,75
Espesor	17,5

Como se observa se adoptó una base de suelo-cemento de 10 cm (8% de contenido de cemento). El espesor de hormigón adoptado es de 18 cm. Adicionalmente se consideró como medida de seguridad la adición de una malla de acero $\phi 6$ 15x15 en la parte superior del pavimento, medida que está comprobado que mejora la performance de los pavimentos portuarios.

Las juntas longitudinales son cosidas con barras de unión para soportar por metro de camino el peso del ancho del carril. Se dispuso juntas longitudinales con barras de unión $\Phi 10$ c/75 cm y 90 cm de longitud. Las juntas transversales se realizan cada 6,0 m (se prescriben entre 5 y 10 m) con pasadores $\Phi 24$ c/30 cm de 40 cm de longitud. Los detalles de estas juntas se pueden observar en el Plano CT1809-CO-V-08.

8.4.2 Patio de contenedores

Las prescripciones de la ROM 4.1.94 sobre pavimentos portuarios abarcan recomendaciones de pavimentos estándar para los distintos tipos de usos en el puerto. En el caso de Corrientes, y de acuerdo a estas recomendaciones, el tráfico se categoriza como de Tipo C (bajo) y a la calidad de la explanada como Tipo E1 (adecuada). A estas condiciones corresponden una subbase granular de 25 cm de espesor y una base de suelo-cemento también de 25 cm.

Con respecto a la superficie de rodadura, para uso comercial y contenedores, de



hormigón vibrado, el espesor indicado es de 0,30 m.

En todos los casos de juntas de pavimentos en ángulo, uniones entre paños rectangulares y paños oblicuos, y uniones con otras estructuras (por ejemplo, edificios) corresponde colocar juntas de expansión. Además, los bordes libres de los pavimentos tienen que ser reforzados.

Los paños o losas de pavimentos se trataron de orientar de acuerdo al sentido general de circulación. Y si bien las dimensiones generales tratan de mantenerse igual que en la zona de circulación de camiones (6,0 m x 3,5 m), las medidas, principalmente en los bordes y en la unión de paños oblicuos, pueden variar para ajustarse a la geometría del contorno. En general se tratará de que el lado más corto del paño no sea menor a 3 m y el mayor no más de 9 m. Cabe recordar que en esta zona pueden circular grúas cargadas, reachstackers, con pesos importantes sobre el eje delantero y que es importante distribuir la carga sobre la losa. En todos los casos se dispusieron mallas superiores e inferiores ($\phi 8$ 15x15) que se deben interrumpir en las juntas.

Todos los paños de pavimentos, llevan juntas transversales y longitudinales que en este caso resultan barras de $\Phi 10$ separadas cada 75 cm de 1,25 m y barras $\Phi 38$ de 60 cm de longitud cada 30 cm. Contra las estructuras se materializarán juntas de dilatación.

8.4.3 Pavimentos de muelle

En el viaducto y en el muelle se proveen pavimentos que no requieren resistencias especiales, ya que la estructura de soporte es la estructura propia del muelle. Sin embargo, dada la circulación de vehículos pesados, se han diseñado juntas de dilatación perimetral y juntas transversales y longitudinales intermedias similares a la de la zona de grúas. El pavimento en estos casos tiene varios objetos: a) ofrecer una buena superficie de circulación de vehículos pesados y también para el apoyo de mercaderías en acopio temporal, b) proteger a la estructura del muelle contra la abrasión, c) ayudar a distribuir las cargas de los equipos pesados, y d) desarrollar pendientes para el desagüe. Fundamentalmente por el objeto c) estos pavimentos son armados con mallas de $\Phi 8$ 15x15 superior e inferior.

8.4.4 Desagües Pluviales

Para evacuar los excesos pluviales de la terminal, a los pavimentos se les dio pendientes transversales y longitudinales de acuerdo a las prescripciones de la ROM 4.1.94. Allí se indica que la pendiente mínima transversal al cantil es de 0,5%, mientras que la pendiente transversal máxima es de 1,25% en las zonas de depósito y de 1,75% en las de circulación de equipos. Por otro lado, la



pendiente longitudinal (paralela al cantil) máxima es de 0,8% en las zonas de depósito y de 1,25% en las de circulación de equipos.

Dichas pendientes se otorgaron de manera que los excesos pluviales sean conducidos hacia sumideros, los cuales a su vez descargan en canales colectores, ubicados al norte y al sur de la terminal. Ambos canales descargan los excesos al río Paraná, luego de pasar por un decantador e interceptor de naftas y aceites.

Por su lado, los excesos del estacionamiento escurren hacia la cuneta ubicada paralela al camino. Para ello, se fijaron pendientes cercanas al 1% para el pavimento.

El caudal de los conductos que van desde los sumideros a los canales y los canales norte y sur, se determinó utilizando el método racional, cuya expresión es la siguiente:

Siendo:

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{360}$$

- Q: Caudal (m3/s)
- C: Coeficiente de escorrentía adimensional
- A: Área de la cuenca tratada (Ha)
- I: Intensidad de lluvia (mm/h)

Este método es el más difundido para el cálculo de caudales en cuencas pequeñas no aforadas. El valor del coeficiente de escorrentía, C, se encuentra tabulado para distintos tipos de superficies (ver Tabla 17).



Tabla 17: Valor de C y su relación con la clasificación hidrológica de suelos del SCS

Uso del suelo	A			B			C			D		
	0-2%	2-6%	6%+	0-2%	2-6%	6%+	0-2%	2-6%	6%+	0-2%	2-6%	6%+
Cultivado	0.08 a 0.14 b	0.13 0.18	0.16 0.22	0.11 0.16	0.15 0.21	0.21 0.28	0.14 0.20	0.19 0.25	0.26 0.34	0.18 0.24	0.23 0.29	0.31a 0.41 b
Pastos	0.12 0.15	0.20 0.25	0.30 0.37	0.18 0.23	0.28 0.34	0.37 0.45	0.24 0.30	0.34 0.42	0.44 0.52	0.30 0.37	0.40 0.50	0.50 0.62
Praderas	0.10 0.14	0.16 0.22	0.25 0.30	0.14 0.20	0.22 0.28	0.30 0.37	0.20 0.26	0.28 0.35	0.36 0.44	0.24 0.30	0.30 0.40	0.40 0.50
Bosques	0.05 0.08	0.08 0.11	0.11 0.14	0.08 0.10	0.11 0.14	0.14 0.18	0.10 0.12	0.13 0.16	0.16 0.20	0.12 0.15	0.16 0.20	0.20 0.25
Residencial Lotes 0.05ha	0.25 0.33	0.28 0.37	0.31 0.40	0.27 0.35	0.30 0.39	0.35 0.44	0.30 0.38	0.33 0.42	0.38 0.49	0.33 0.41	0.36 0.45	0.42 0.54
Lotes menos de 0.1Ha	0.22 0.30	0.26 0.34	0.29 0.37	0.24 0.33	0.29 0.37	0.33 0.42	0.27 0.36	0.31 0.40	0.36 0.47	0.30 0.38	0.34 0.42	0.40 0.52
Lotes de 0.13Ha	0.19 0.28	0.23 0.32	0.26 0.35	0.22 0.30	0.26 0.35	0.30 0.39	0.25 0.33	0.29 0.38	0.34 0.45	0.28 0.36	0.32 0.40	0.39 0.50
Lotes de 0.2Ha	0.16	0.20	0.24	0.19	0.23	0.28	0.22	0.27	0.32	0.26	0.30	0.37

	0.25	0.29	0.32	0.28	0.32	0.36	0.31	0.35	0.42	0.34	0.38	0.48
Lotes 0.5 Ha	0.14 0.22	0.19 0.26	0.22 0.29	0.17 0.24	0.21 0.28	0.26 0.34	0.20 0.28	0.25 0.32	0.31 0.40	0.24 0.31	0.29 0.35	0.35 0.46
Industrial	0.67 0.85	0.68 0.85	0.68 0.86	0.68 0.85	0.68 0.86	0.69 0.86	0.68 0.86	0.69 0.86	0.69 0.87	0.69 0.86	0.69 0.86	0.70 0.88
Comercial	0.71 0.88	0.71 0.88	0.72 0.89	0.71 0.89	0.72 0.89	0.72 0.89	0.72 0.89	0.72 0.89	0.72 0.89	0.72 0.89	0.72 0.89	0.72 0.90
Calles	0.70 0.76	0.71 0.77	0.72 0.79	0.71 0.80	0.72 0.82	0.74 0.84	0.72 0.84	0.73 0.85	0.76 0.89	0.73 0.89	0.75 0.91	0.78 0.95
Parques	0.05 0.11	0.10 0.16	0.14 0.20	0.08 0.14	0.13 0.19	0.19 0.26	0.12 0.18	0.17 0.23	0.24 0.32	0.16 0.22	0.21 0.27	0.28 0.39
Estacionamientos	0.85 0.95	0.86 0.96	0.87 0.97	0.85 0.95	0.86 0.96	0.87 0.97	0.85 0.95	0.86 0.96	0.87 0.97	0.85 0.95	0.86 0.96	0.87 0.97

a) coeficientes C para tormentas de recurrencia de hasta 25 años

b) coeficientes C para tormentas de recurrencias mayores de 25 años

El valor de la intensidad de precipitación se obtiene del análisis de duración, frecuencia, e intensidad de precipitaciones realizado para la ciudad de Resistencia (Figura 35).

Las áreas que aportan a cada sumidero se observan en la Figura 39. Los conductos desde los sumideros a los canales se calcularon para una precipitación de 5 años de recurrencia, y 15 minutos de duración ($i = 130 \text{ mm/h}$). Los diámetros obtenidos se muestran en la Tabla 18.

Figura 39: Áreas de aporte a conductos pluviales

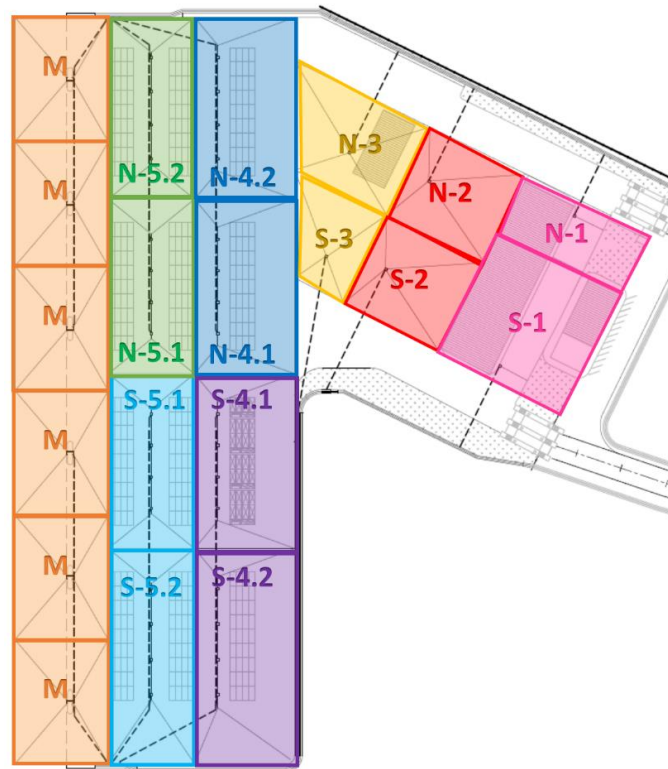


Tabla 18: Diámetro de conductos pluviales

CUENCA	Tramo	A	C	I	Qp	n	S	D	D adop
		km2		mm/h	m3/s		m/m	m	mm
N-1		0.0019	0.9	130	0.06	0.01	0.025	0.19	200
N-2		0.0020	0.9	130	0.06	0.01	0.015	0.21	200
N-3		0.0023	0.9	130	0.07	0.01	0.009	0.24	250
N-4.1	Individual	0.0008	0.9	130	0.03	0.01	0.010	0.16	160
	Tramo 1	0.0008	0.9	130	0.03	0.01	0.010	0.16	160
	Tramo 2	0.0016	0.9	130	0.05	0.01	0.010	0.21	200
	Tramo 3	0.0024	0.9	130	0.08	0.01	0.010	0.24	250
	Tramo 4	0.0032	0.9	130	0.10	0.01	0.010	0.27	315
N-4.2	Individual	0.0009	0.9	130	0.03	0.01	0.010	0.16	160
	Tramo 5	0.0041	0.9	130	0.13	0.01	0.010	0.29	315
	Tramo 6	0.0050	0.9	130	0.16	0.01	0.010	0.32	355
	Tramo 7	0.0058	0.9	130	0.19	0.01	0.010	0.34	355
	Tramo 8	0.0067	0.9	130	0.22	0.01	0.010	0.35	355
N-5.1	Individual	0.0007	0.9	130	0.02	0.01	0.010	0.15	160
	Tramo 1	0.0007	0.9	130	0.02	0.01	0.010	0.15	160
	Tramo 2	0.0014	0.9	130	0.04	0.01	0.010	0.19	200
	Tramo 3	0.0021	0.9	130	0.07	0.01	0.010	0.23	250
	Tramo 4	0.0028	0.9	130	0.09	0.01	0.010	0.25	250
N-5.2	Individual	0.0007	0.9	130	0.02	0.01	0.010	0.15	160
	Tramo 5	0.0035	0.9	130	0.11	0.01	0.010	0.28	315
	Tramo 6	0.0042	0.9	130	0.14	0.01	0.010	0.30	315
	Tramo 7	0.0049	0.9	130	0.16	0.01	0.010	0.31	315
	Tramo 8	0.0057	0.9	130	0.18	0.01	0.010	0.33	355

CUENCA	Tramo	A	C	I	Qp	n	S	D	D adop
		km2		mm/h	m3/s		m/m	m	mm
S-1		0.0030	0.9	130	0.10	0.01	0.010	0.27	250
S-2		0.0020	0.9	130	0.06	0.01	0.011	0.22	250
S-3		0.0014	0.9	130	0.05	0.01	0.010	0.20	200
S-4.1	Individual	0.0008	0.9	130	0.03	0.01	0.010	0.16	160
	Tramo 1	0.0008	0.9	130	0.03	0.01	0.010	0.16	160
	Tramo 2	0.0016	0.9	130	0.05	0.01	0.010	0.21	200
	Tramo 3	0.0024	0.9	130	0.08	0.01	0.010	0.24	250
	Tramo 4	0.0032	0.9	130	0.10	0.01	0.010	0.27	315
S-4.2	Individual	0.0010	0.9	130	0.03	0.01	0.010	0.17	200
	Tramo 5	0.0042	0.9	130	0.14	0.01	0.010	0.30	315
	Tramo 6	0.0052	0.9	130	0.17	0.01	0.010	0.32	355
	Tramo 7	0.0062	0.9	130	0.20	0.01	0.010	0.34	355
	Tramo 8	0.0072	0.9	130	0.23	0.01	0.010	0.36	355
S-5.1	Individual	0.0007	0.9	130	0.02	0.01	0.010	0.15	160
	Tramo 1	0.0007	0.9	130	0.02	0.01	0.010	0.15	160
	Tramo 2	0.0014	0.9	130	0.04	0.01	0.010	0.20	200
	Tramo 3	0.0021	0.9	130	0.07	0.01	0.010	0.23	250
	Tramo 4	0.0028	0.9	130	0.09	0.01	0.010	0.25	250
S-5.2	Individual	0.0009	0.9	130	0.03	0.01	0.010	0.16	160
	Tramo 5	0.0036	0.9	130	0.12	0.01	0.010	0.28	315
	Tramo 6	0.0045	0.9	130	0.14	0.01	0.010	0.30	315
	Tramo 7	0.0053	0.9	130	0.17	0.01	0.010	0.32	355
	Tramo 8	0.0062	0.9	130	0.20	0.01	0.010	0.34	355
M	Individual	0.0021	0.9	130	0.07	0.01	0.010	0.23	250
	Tramo 1	0.0021	0.9	130	0.07	0.01	0.010	0.23	250
	Tramo 2	0.0043	0.9	130	0.14	0.01	0.010	0.30	315
	Tramo 3	0.0064	0.9	130	0.21	0.01	0.011	0.34	355

Los canales norte y sur también se calcularon para una precipitación de 5 años de recurrencia, y para una duración de 30 minutos ($i = 95 \text{ mm/h}$). Los mismos son de hormigón y, además de evacuar excesos de la terminal de contenedores, reciben excesos pluviales colectados por la cuneta del camino desde la progresiva 3+925 en adelante.

En la Tabla 19 se calcula el canal norte y en la Tabla 20 el canal sur.

Tabla 19: Cálculo del canal norte

Sección	Q	Z	b	S	n	h	Revancha	H	H adopt	V
	m3/s	H:V	m	m/m		m	m	m	m	m/s
Inicio	0.36	1:1	0.5	0.015	0.014	0.32	0.1	0.42	0.5	1.35
Descarga N-1	0.46	1:1	0.5	0.015	0.014	0.36	0.1	0.46	0.5	1.51
Descarga N-2	0.54	1:1	0.5	0.015	0.014	0.38	0.1	0.48	0.5	1.62
Descarga N-3	0.63	1:1	0.5	0.015	0.014	0.40	0.1	0.50	0.5	1.74
Descarga N-4	0.78	1:1	0.5	0.012	0.014	0.46	0.1	0.56	0.6	1.78
Descarga N-5	0.92	1:1	0.5	0.012	0.014	0.49	0.1	0.59	0.6	1.92
Descarga M	1.07	1:1	0.5	0.012	0.014	0.52	0.1	0.62	0.6	2.04

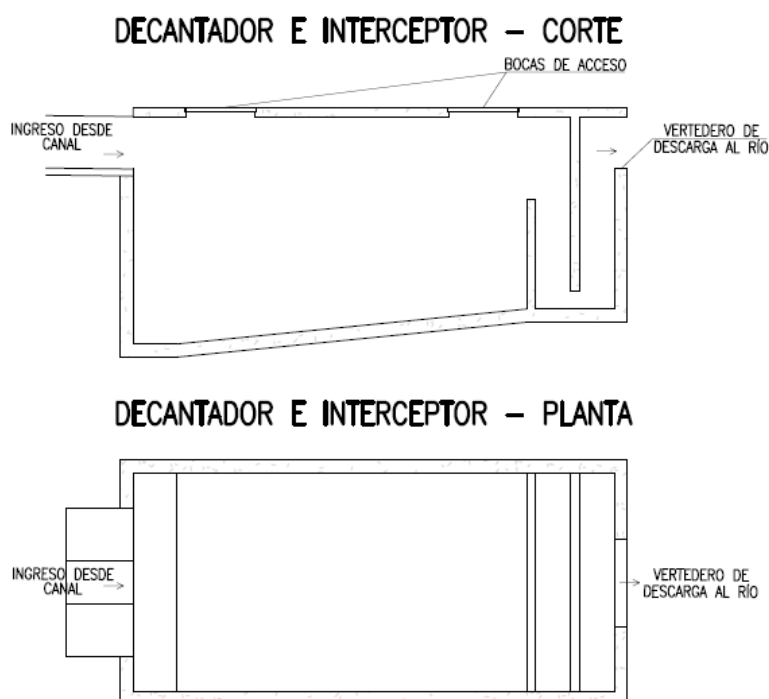


Tabla 20: Cálculo del canal sur

Sección	Q m ³ /s	Z H:V	b m	S m/m	n	h m	Revancha m	H m	H adopt m	V m/s
Inicio	0.24	1:1	0.5	0.026	0.014	0.25	0.1	0.35	0.4	1.30
Descarga S-1	0.36	1:1	0.5	0.026	0.014	0.29	0.1	0.39	0.4	1.57
Descarga S-2 y S-3	0.49	1:1	0.5	0.026	0.014	0.33	0.1	0.43	0.6	1.81
Cambio de pendiente	0.49	1:1	0.5	0.006	0.014	0.44	0.1	0.54	0.6	1.18
Descarga S-4	0.66	1:1	0.5	0.011	0.014	0.43	0.1	0.53	0.6	1.63
Descarga S-5	0.81	1:1	0.5	0.011	0.014	0.47	0.1	0.57	0.6	1.78
Descarga M	0.96	1:1	0.5	0.011	0.014	0.50	0.1	0.60	0.6	1.93

Cada canal descarga en un decantador e interceptor de naftas y aceites, de manera que estos residuos no lleguen al río. En la Figura 40 se muestra un ejemplo de este tipo de cámaras.

Figura 40: Decantador - Interceptor



La cota de solera del final de ambos canales es +4,70. Por las suposiciones realizadas para la Sección 4.4 se sabe que si el río Paraná presenta un nivel de +4,70 en El Sombrero, el nivel en el Puerto de Corrientes es alrededor de +6,20. Ahora, a partir de la Figura 4 se puede determinar la probabilidad de ocurrencia de ese nivel, que resulta del 8%, es decir que el mismo es superado unos 30 días al año.

Entonces, para un mejor funcionamiento del sistema de descarga de excesos pluviales, se recomienda que la cota de descarga de la cámara no sea mucho menor a la cota +4,70. La descarga se realizará sobre la protección costera, por lo tanto la zona debe estar adecuadamente protegida.

8.5 SEÑALIZACIONES

Las señalizaciones del camino incluyen:

- Marcas de velocidad límite de 60 km/h en rectas y 40 km/h en curvas y estacionamiento
- Señales de pare en ingreso a terminal y en salidas de estacionamiento y a RN 12
- Señales preventivas de curvas en ambos sentidos
- Señales preventivas de alcantarillas
- Señal informativa de precaución por salida y entrada de camiones antes y después del estacionamiento
- Señal de información de distancias en el ingreso al camino y en la salida de la terminal
- Línea de bordes blancas continuas en todo el camino
- Línea amarilla doble de eje en curvas y estacionamiento
- Línea de eje blanca continua en aproximación a control de entrada
- Línea de eje blanca intermitente en el resto del camino

Todas las señales deben tener las medidas y ser dispuestas a las distancias y alturas indicadas por la Dirección Nacional de Vialidad.

8.6 PLANOS

Los planos numerados como CT1809-CO-V-01 y CT1809-CO-V-02-H1 a 10 incluyen la planialtimetría del camino, y los numerados C1809-CO-V-03-H1 a 7 las secciones correspondientes.

Los Planos CT1809-CO-V-04 y 05 muestran la zona de aproximación a las mismas con sus detalles y las dimensiones, vistas y plantas de las gateras, respectivamente.

El Plano CT1809-CO-V-06, hojas 1 y 2 brindan los detalles del estacionamiento.

El Plano de las señalizaciones es el CT1809-CO-V-07.

En el Plano C1809-CO-V-08 presentan detalles de pavimentos y alcantarillas.

El Plano C1809-CO-V-09 muestra la distribución de pavimentos y los detalles de juntas. El plano del pavimento del muelle se incorporó a la serie de planos M.

Por último, en los Planos CT1809-CO-V-10, hojas 1 a 3 se muestran las pendientes de los pavimentos y demás dispositivos de desagüe pluvial de la terminal de contenedores y el estacionamiento de camiones.



9.0 DISEÑO DE MUELLE DE CONTENEDORES Y CARGA GENERAL

Esta sección incluye el diseño y dimensionamiento del muelle de contenedores y carga general. En particular, define las defensas de muelle, bolardos, el diseño geométrico de la estructura, el estudio de cargas, y finalmente el diseño estructural. El proyecto se completa con los planos correspondientes.

El muelle fue concebido como un muelle continuo, transparente sobre pilotes, con cierre posterior de tablestacas. Las tablestacas sirven de contención al suelo de relleno y fueron diseñadas y dimensionadas en la Sección 7. Sobre el muelle no se incluyen servicios más que las bombas contra incendio y la conducción eléctrica para su alimentación. Se incluye como previsión un cañero para cables y agua en el frente de muelle, en caso que en el futuro se desee proveer ese servicio a los buques.

La línea de incendio, de desagües y de energía para proveer la iluminación se colocan fuera del muelle, atrás del tablestacado. Igualmente, las torres de iluminación se instalarán fuera del muelle. El Plano CT1809-CO-M-01 muestra la ubicación del muelle en planta y la implantación del mismo en los perfiles de playa. En el Plano CT1809-CO-M-02 se muestra la planta del muelle terminado y en el CT1809-CO-M-03 el corte típico.

9.1 DEFENSAS DE MUELLES

El muelle será defendido contra el impacto de las embarcaciones por defensas celulares con escudos. En el Anexo 4, Defensas de Muelle, se incluye la memoria de cálculo de las mismas.

Como resultado se proponen defensas celulares supercono SCN 700 F1.6 de Trelleborg o similar para absorber una energía de 150 kNm colocadas entre el muelle y un pilote de acero de $\phi 850\text{mm}$ y espesor $1\frac{1}{4}$ " relleno de arena a manera de escudo.

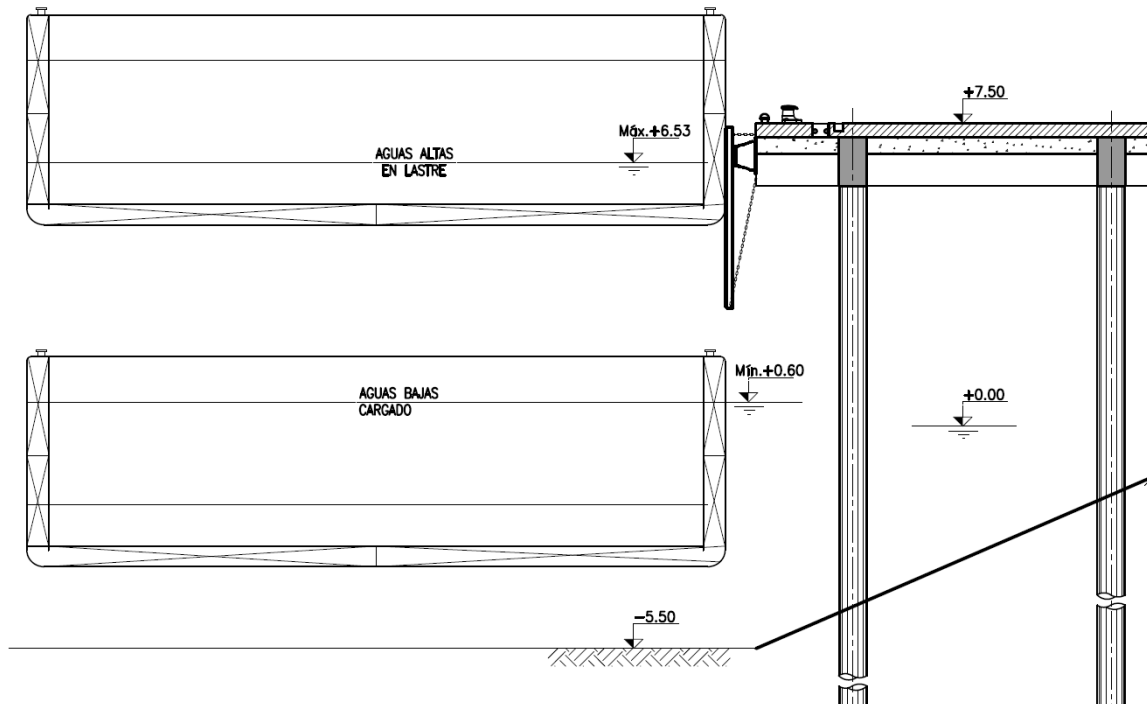
El pilote surge por necesidad para cubrir el rango de niveles desde aguas altas (+6,50) con buque descargado hasta aguas bajas (+0,6) con buque cargado, como muestra la Figura 41 (se analizó el caso de buque autopropulsado y barcasas, siendo este último caso el determinante). El pilote se debe hincar en el fondo arenoso unos metros para permitir el giro del apoyo inferior. Su parte superior se vincula con la defensa de goma a través de un soporte metálico. El conjunto se asegura con cadenas de fijación (dos horizontales perpendiculares y dos a ángulos de 45°). Delante del pilote se debe instalar un panel deslizante para reducir la fricción. Este panel tendrá una longitud de 7,50 m de largo y un ancho de 1,20 m. Deberá estar asegurado al pilote a través de un bastidor metálico.

El soporte, y por lo tanto la defensa y el pilote, serán fijados al muelle con cadenas y bulones de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.



La separación entre defensas será de 5,25 m, medida que fija la modulación geométrica del muelle.

Figura 41: Defensas y rango de niveles (dibujo esquemático)



9.2 ESTADOS DE CARGAS

9.2.1 Sobrecarga sobre losa

Además de las cargas que se enumeran a continuación se adopta una sobrecarga uniforme sobre losa de 200 kg/m². El programa calcula las solicitaciones con y sin esta sobrecarga y combinando la misma con el resto.

9.2.2 Tiros de amarras

Para los tiros de amarras se adoptan los sugeridos por la ROM 02/90, Tabla 3.4.2.3.5.8, "Cargas de amarre para buques con $D \leq 20.000$ ton.". Esta tabla indica para buques entre 2.000 y 10.000 t de desplazamiento tiros de 30 t en el sentido horizontal y 15 t en el vertical. La adopción de estos valores cubre todos los efectos (vientos, corrientes, buques pasantes, oleaje).

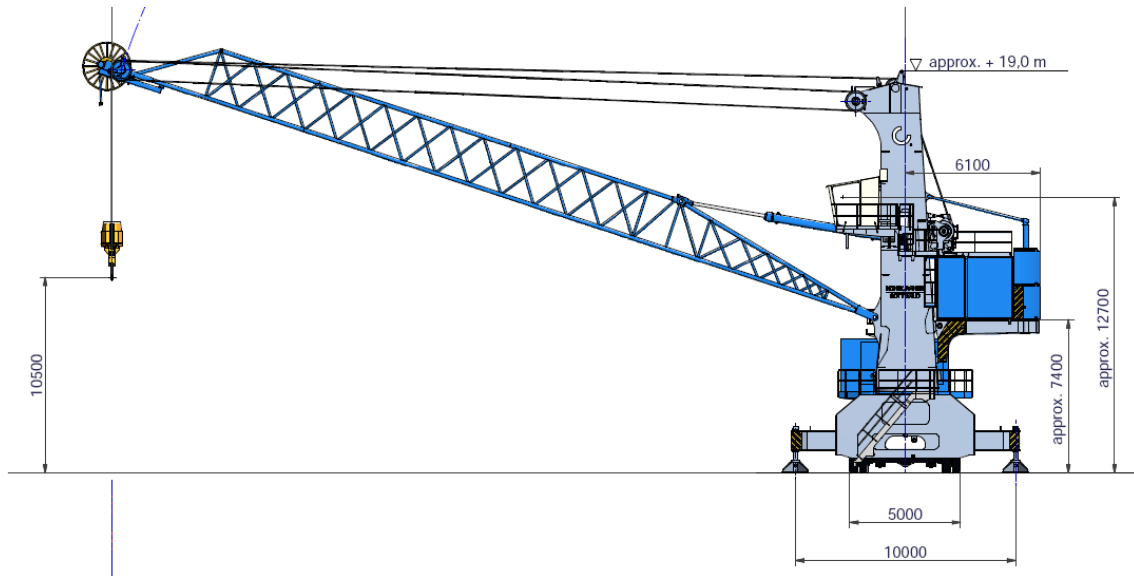
9.2.3 Grúa

Se consideró una grúa pequeña muy versátil para carga de contenedores: la KoneCrane Modelo M50 (Figura 42). Es una grúa móvil sobre neumáticos de 180 t de peso propio, y una capacidad de 40 t a 24 m (máxima condición



esperable cargando contenedores en buque de diseño). Cuando carga se apoya sobre cuatro zapatas de 1,2 m x 1,8 m separadas 7,7 m en un sentido y 11,50 m en el otro. En la posición más desfavorable (50 t a 36 m) la pata más cargada soporta 115 t.

Figura 42: Grúa móvil sobre neumáticos



9.2.4 Acopio

El muelle será utilizado como acopio temporal de cargas ya sea esperando para la carga o posterior a la descarga. Siendo multipropósito se podría esperar un rango amplio de sobrecargas. En el caso de contenedores, apilados en dos capas, y con pesos por TEU de 20 t, la carga distribuida resultante es de 2,5 t/m².

Esta sobrecarga deberá ubicarse en la parte trasera del muelle (mínimamente a 13 m del borde del muelle) y podrá tener distintas formas geométricas en planta. Es decir, podrá ubicarse alternativamente de manera continua sobre varios paños, o de manera alternada. De esta manera se consideran las peores condiciones para las vigas de apoyo o para las flexiones de las losas.

9.2.5 Camiones

Para el dimensionamiento del muelle se ubicarán camiones en tránsito y en espera del gancho. Se consideran camiones cargados de 5 ejes (un eje simple y un eje dual en el tractor, y un eje dual y un tandem dual en el trailer). Las cargas adoptadas por ejes son las máximas permitidas por Vialidad Nacional – es decir, puede ser diferente a la distribución real de cargas de un camión determinado. De acuerdo a Vialidad Nacional, los camiones de 5 ejes tendrían una longitud máxima de 18,6 m.

Las cargas máximas por eje a considerar son:



Eje delantero del tractor = 6,0 t
 Eje trasero del tractor = 10,5 t
 Eje dual del trailer = 10,5 t
 Eje tandem, dual del trailer = 21,0 t

El total de la carga resultante es 48 t (excediendo en 3 t la máxima permitida). A los fines prácticos, dado que los camiones se apoyarán sobre el pavimento de hormigón, se puede suponer que la carga será repartida superficialmente sobre un rectángulo de 20 m x 2 m.

9.2.6 Reachstackers

Para mantener el ritmo de carga la operación directa grúa-camión resulta ineficiente. Por lo tanto, debería preverse el uso de un reachstacker (Figura 43) que cargue de una estiba de contenedores en el muelle a camión. A tal fin se adopta un modelo que podrá ser utilizado indistintamente en el muelle o en los patios.

Figura 43: Reachstacker



Las características de este equipo son las siguientes:

Peso total	45 t
Capacidad de carga	41 en primera fila
Altura máxima de apilamiento	5 contenedores
Radio de curva (40')	9,4 m
Longitud	11,2 m
Ancho s/spreader	4,15 m



Reacción en eje delantero máx. 99 t
Reacción en eje trasero máx. 13 t

9.2.7 Reacciones de defensas

De acuerdo a los cálculos incluidos en el Anexo 1, la reacción de las defensas es de 36 t. Cabe destacar que estas son fuerzas horizontales al igual que las de los bolardos. Por las dimensiones de estas cargas, el resto de las cargas horizontales son consideradas despreciables (corrientes sobre pilotes, cargas de frenado, bamboleo, etc.).

9.2.8 Escenarios

Para el diseño del muelle se adoptaron diferentes estados de carga de acuerdo a distintos escenarios. Cualquier otro escenario no analizado deberá ser verificado específicamente.

Escenario 1: Muelle a la espera de buque

Muelle vacío o cargado con contenedores, grúa en parking, impacto de atraque de buque en defensa extrema, o en segunda defensa, o en tercera defensa. Con y sin sobrecarga en losa. Grúa en parking.

Escenario 2: Muelle operando con contenedores

Buque amarrado con tirón de bita en bolardos extremos con largos amarrados (45° horizontal), tirón de través (90°) en bolardo intermedio, y tirón de spring en segundo extremo de segmento de muelle (20° horizontal, 50% de la carga del largo). Grúa móvil operando en distintas cuatro posiciones. Contenedores acopiados. Reachstacker operando en dos posiciones y ausente.

Escenario 3: Muelle en espera de comienzo de operaciones

Buque amarrado con tirón de bita en bolardos extremos con largos amarrados (45° horizontal), tirón de través (90°) en bolardo intermedio, y tirón de *spring* en segundo extremo de segmento de muelle (20° horizontal, 50% de la carga del largo). Grúa móvil, sin operar, en distintas posiciones (circulando).

9.3 DISEÑO GEOMÉTRICO

En las secciones anteriores ya se dieron una serie de pautas para el diseño geométrico del muelle. Por ejemplo, la encomienda define la longitud del muelle como de 320 m. Además, se señaló que la distancia entre defensas deberá ser de 5,25 m. También se estableció la cota de coronamiento en +7,50 m y las cotas a pie de muelle, variables entre -4,5 y -7,0 de acuerdo a la mínima cota especificada y la batimetría disponible.



En este caso, el cerramiento posterior del muelle será una explanada contenida por un tablestacado, de tal manera que se presente una superficie continua. En consecuencia el ancho del muelle puede ser elegido de acuerdo a ciertas pautas. Por ejemplo, por su pendiente y la altura a salvar, la protección costera exigiría un mínimo de 18 m. Esta medida permitiría una modulación de 6 m en el sentido transversal. Pero, por otro lado, es aconsejable que los pilotes se encuentren retirados del frente, por ejemplo dos metros, para reducir las posibilidades de que una embarcación que haga una mala maniobra en aguas bajas pase parte de su casco entre dos defensas golpee los pilotes.

De este modo, se adopta un ancho total de 22 m, definido por cuatro filas de pilotes separadas seis metros y dos voladizos de dos metros.

Con respecto a las definiciones en altura, la cota de coronamiento establecida en +7,50 está definida por la superficie del pavimento. Para permitir un desagüe conducido del agua de lluvia es menester crear pendientes hasta bocas de descarga. En este caso se prefiere llevar el agua hacia atrás, para que no vuelque directamente al río. Si se adoptan pendientes del 1% y se conduce el agua hacia atrás del tablestacado, a 30 m del frente de atraque, la cota de coronamiento de la estructura debe ubicarse alrededor de 30 cm por debajo de la de coronamiento del muelle, a cota +7,20.

Para terminar de definir la geometría del muelle se establecen cinco juntas de dilatación de 10 cm, con lo que quedan definidos seis segmentos de 53,25 m. Cada segmento tendrá 10 pórticos separados 5,25 m dejando voladizos extremos de 3,0 m.

En cada segmento se disponen bolardos en coincidencia con los pórticos extremos correspondientes y en uno intermedio (ver Plano CT1809-CO-M-02).

9.4 DISEÑO ESTRUCTURAL

Para el diseño se utilizó el programa Tricalc 11.0. Este programa permite resolver estructuras 3D y cuenta con diversas herramientas que facilitan la evaluación de distintos escenarios de cargas. El modelo incorpora las normas de dimensionamiento explicitadas por la última norma CIRSOC en vigencia (2005) y resuelve los hiperestáticos con el método analítico de la matriz de rigideces.

El programa permite definir distintas hipótesis de carga y varias combinaciones entre éstas que son analizadas simultáneamente en una misma corrida ya que brinda como resultado tanto la envolvente de las solicitaciones de cada una de ellas como la de cada hipótesis de carga por separado. Esta facilidad permite introducir cargas en distintas ubicaciones a lo largo de la extensión del muelle combinándose en cada caso sólo con las restantes cargas que actúan en simultáneo. Esta propiedad del programa permite evaluar rápidamente el efecto combinado de tiros de amarras actuantes en los bolardos con las cargas correspondientes a los diferentes esquemas de operación de los equipos sobre el muelle.



Para representar la resistencia lateral del suelo se incluyeron apoyos elásticos (resortes) con las constantes establecidas en el estudio de suelos. El hormigón utilizado es H30 en todos los casos.

La cota de fundación de los pilotes se adoptó variable, pero la longitud de ficha se diseñó a valor constante. Entre una fila de pilotes y la siguiente se dispuso que la cota de fundación se elevara dos metros. La fila exterior de pilotes (agua) se la construye con su cota de fundación protegida por el *riprap* a -22 m y las siguientes a cotas cada vez más altas, en escalones de dos metros.

En el Anexo 5, Modelación estructural, se incluye la memoria técnica de la modelación.

9.5 OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA

Una vez concluido el diseño estructural se procedió a la optimización de la estructura para facilitar los procedimientos de obra y agilizar la construcción.

Las optimizaciones más importantes correspondieron a la sistematización de la construcción de las vigas cabezales y longitudinales con vigas premoldeadas. Esto permite avanzar paralelamente con la construcción de vigas en tierra y la ejecución de pilotes en agua. Para ello se proyectaron capiteles premoldeados que deben ser colocados y hormigonados en sus sitios previamente. Finalmente, también se proyectaron losetas premoldeadas que se apoyan en uñas diseñadas en las vigas premoldeadas para que sean montadas en el muelle y sirvan de encofrado del tablero. La losa, junto con las uniones entre vigas, son hormigonadas en segunda etapa. Para vincular este último hormigonado in situ con los premoldeados en estos últimos se dejan armaduras en espera.

9.6 PLANOS

Como se había mencionado, el Plano CT1809-CO-M-01 muestra la ubicación del muelle en planta, la topobatimetría de la zona y los perfiles respecto al eje de replanteo. El Plano CT1809-CO-M-02 es la planta general del muelle ya terminado; y el CT1809-CO-M-03 incluye el corte típico del muelle terminado. Los Planos M04 a M10 se refieren a la estructura del muelle. El M11 a la superficie de rodamiento (pavimentos y juntas) y el M12 a terminaciones y detalles varios.



10.0 INSTALACIONES AUXILIARES

10.1 ENERGÍA E ILUMINACIÓN

10.1.1 Línea de alimentación

El proyecto requerirá la instalación de una subestación eléctrica de transformación desde donde se alimenten la terminal de contenedores y el estacionamiento de camiones. La empresa distribuidora de energía deberá proveer la línea de alimentación hasta la entrada de la terminal de contenedores donde se deberá construir una sala de medición y operación. Normalmente, el diseño de esta sala y su operación es realizado por la empresa distribuidora, pero la construcción de la infraestructura queda a cargo del usuario. La distribuidora podrá utilizar la tensión desde una línea de 33 Kv que corre paralela a la RN 12, frente al predio del puerto, o transformarla desde una línea de 132 Kv, 250 m más alejada.

Para alimentar la sala de medición la empresa distribuidora deberá tender una línea de alimentación aérea en 33 Kv, desde las inmediaciones de la RN12 hasta la terminal de contenedores, en forma paralela al camino de acceso a dicha terminal. Desde esta sala de medición se alimentará la subestación transformadora que a su vez alimentará en baja tensión al tablero general de distribución. Desde este tablero partirán las líneas de alimentación a los diferentes consumos eléctricos de la terminal, estacionamiento de camiones e iluminación del camino de acceso.

10.1.2 Iluminación

En el puerto se deberá iluminar el muelle, la zona de contenedores, los caminos internos, el estacionamiento y el camino de acceso.

La iluminación del muelle está prevista que se efectúe por medio de cinco columnas de alumbrado (ver Plano CT1809-CO-SE-01). Cada una tendrá ocho luminarias, montadas sobre las mismas a una altura de 20 metros sobre el plano de muelle. Dichas luminarias, distribuidas radialmente en un círculo, serán del tipo led de 1000 W de potencia y un flujo lumínico de 120.000 lúmenes (ver Figura 44).



Figura 44: Proyector LED de alta potencia (Artelum)



CÓDIGO	POT.	LM	TEMP.COLOR	APERTURA
74553	600 w	72000	4000-6500K	25°/55°/90°
74556	1000 w	120000	4000-6500K	25°/55°/90°

Las columnas de alumbrado serán metálicas confeccionadas con caño de sección circular con escala de acceso y plataforma superior, marca Dismet (torre de 20 metros) o similar (Figura 45).

De acuerdo a las técnicas standard para las instalaciones portuarias, publicadas por el O.C.D.I. (The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan) coincidentes con las normas europeas, se especifican 30 Lux como nivel de iluminación suficiente para una operación nocturna segura. El estudio de los niveles de iluminación con las luminarias propuestas se realizó con el programa Dialux Evo. El resultado sobre la superficie del muelle se puede observar en la Figura 46.

Figura 45: Columna de alumbrado

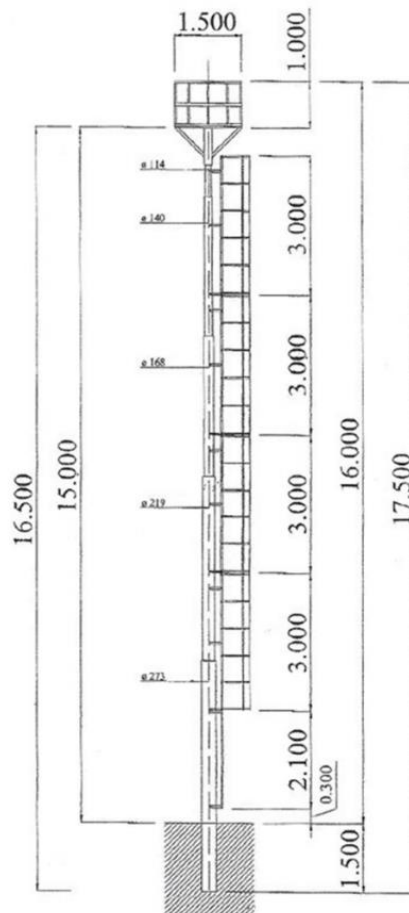
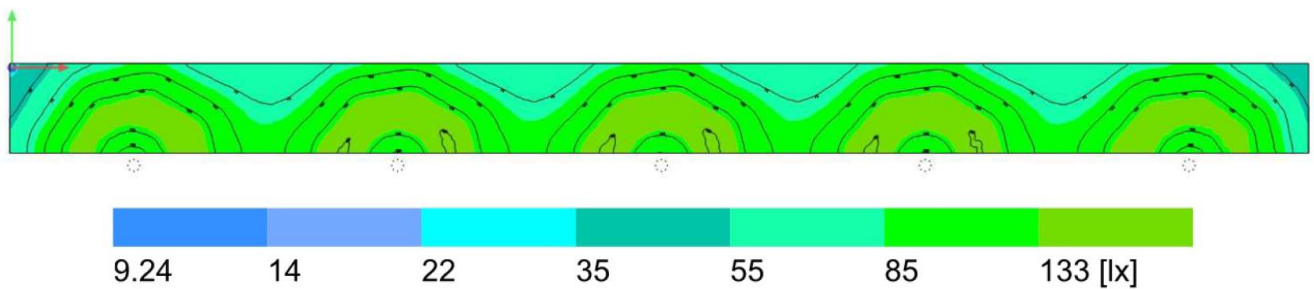
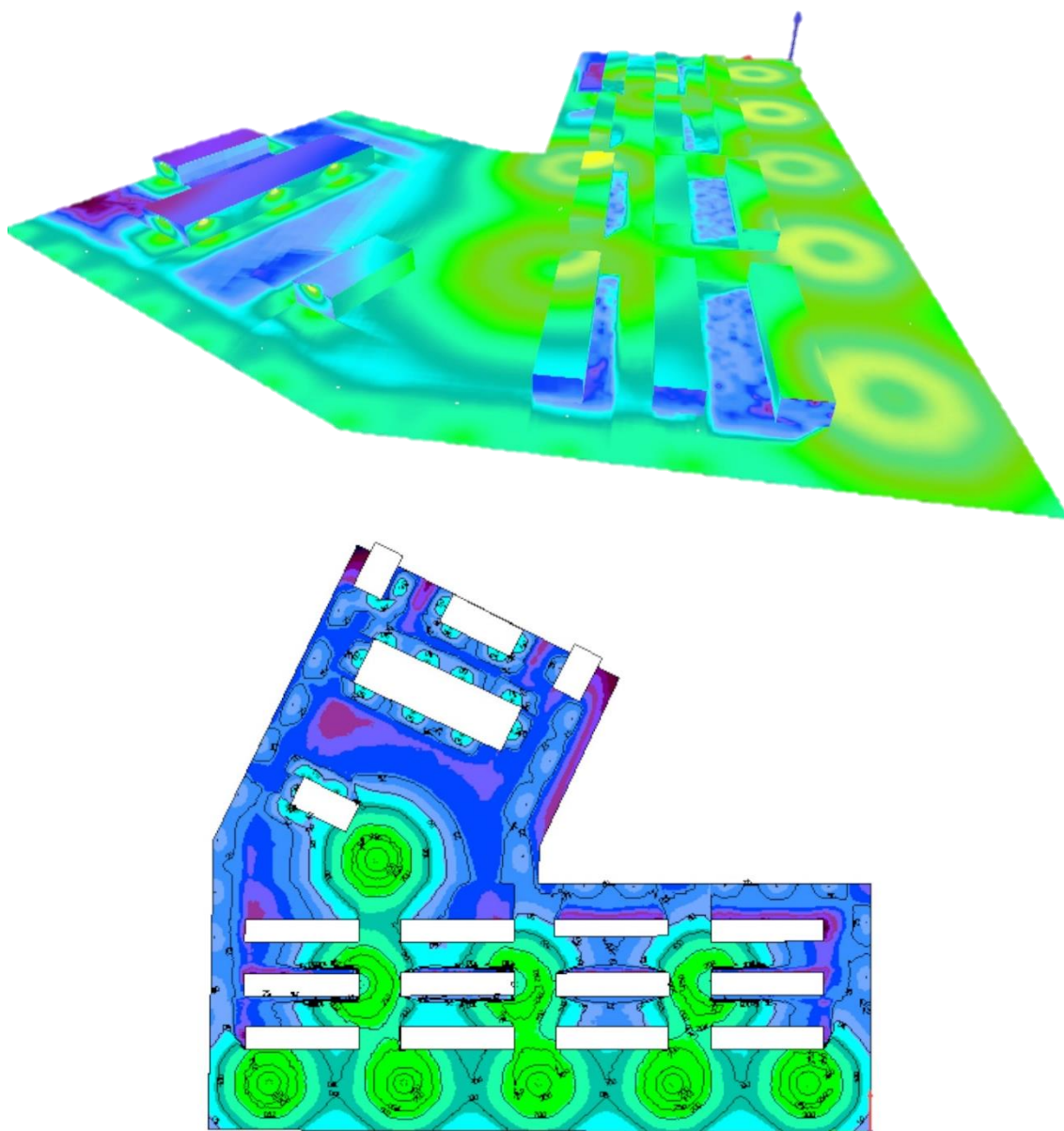


Figura 46: Nivel de iluminación del muelle



En el patio de contenedores se agregan cinco columnas adicionales de 20 m similares a las anteriores (CT1809-CO-SE-01). Para la iluminación del patio se utilizó el mismo software con niveles de iluminación de 30 lux en las zonas de trabajo y 10 lux en áreas de fondo. La Figura 47 muestra las líneas de igual intensidad lumínica.

Figura 47: Iluminación de la terminal portuaria



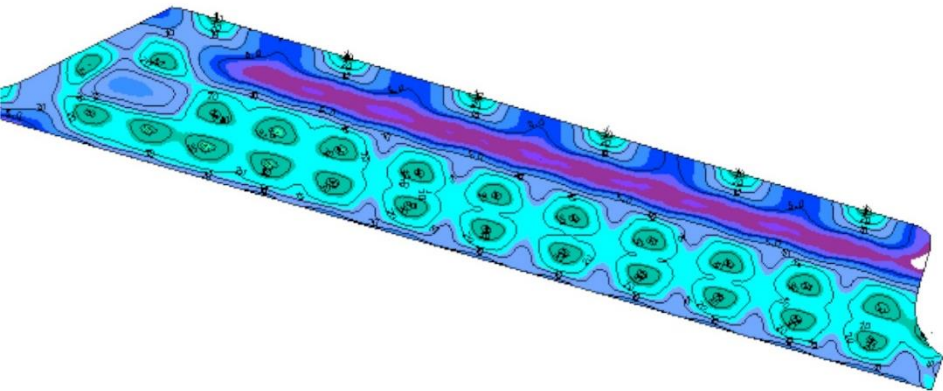
Para la iluminación de caminos y zona de estacionamiento de camiones, se seleccionaron columnas del tipo alumbrado público de 10 metros de altura, marca Obrelectric Mod: B-1260/2 o similar, provista de luminaria del tipo Led de 120 w de potencia con un flujo luminoso de 14400 lúmenes marca Artelum Urban cuya ficha técnica se observa en la Figura 48. La distribución de luminarias se muestra en el plano CT1809-CO-SE-02 a 04 y la distribución lumínica en la Figura 49.

En caso de iluminación alrededor de edificios se aprovechan sus estructuras para montar los proyectores evitando las columnas.

Figura 48: Luminaria LED



Figura 49: Distribución lumínica en el estacionamiento



La distancia entre columnas será de 25 metros dentro de la terminal y en el camino de acceso hasta el estacionamiento. En el camino de acceso desde el ingreso hasta el estacionamiento la distancia entre columnas será de 30 m.

10.1.3 Consumos eléctricos

En esta sección se calculará la potencia eléctrica necesaria para las distintas instalaciones previstas lo que permitirá el dimensionamiento de los distintos elementos.

Tabla 24: Consumos de los equipos eléctricos

Sector	Consumo (Kw)
Iluminación muelle y zona contenedores:	
Nueve columnas de alumbrado con 8 luminarias led de 1000 W c/u. Total 72 luminarias.	72
Iluminación resto de la terminal y camino de salida de la misma.	
41 luminarias led de 0.12Kw c/u sobre columna de 10 metros.	4.92
Edificio de consolidación - desconsolidación:	
Iluminación interior: 50 luminarias led de 0.1 Kw	5
Iluminación exterior: 10 luminarias led de 0.12 Kw.	1.2
Tomas	5
Aire acondicionado oficina	2
Varios	5
Taller:	
Iluminación interior: 15 luminarias led de 0,1 Kw.	1.5
Iluminación exterior: 5 luminarias led de 0.12 Kw.	0.6
Equipos y tomas. Considerando factor de utilización 0,3	15
Aire acondicionado frio calor	2.5
Varios	5
Administración:	
Iluminación interior:	6
Iluminación exterior: 7 luminarias de 0.12 Kw.	8.4
Aire acondicionado frio calor:	10
Tomas	20
Varios	10
Servicios:	
Iluminación	6
Calentamiento de agua	100
Bombas extracción de agua	5
Gates:	
Iluminación:	5
Tomas	5
Varios	2
Equipos de lucha contra incendio:	
Bomba principal	75
Bomba jockey	5



Sector		Consumo (Kw)
Varios		3
Reefers:		
Alimentación para 60 reefers: 8 Kw cada uno		480
Iluminación del camino de acceso desde RN12 y estacionamiento de camiones:		
162 luminarias led de 0.12 Kw c/u sobre columnas de 10 metros.		19.44
Estacionamiento de camiones:		
Oficina:		
Iluminación interior, exterior y tomas		2.5
Aire acondicionado		2
Servicios:		
Bomba extracción de agua		1
Calentamiento de agua		10
Totales:		895.06
Tomando Cos Fi = 0.8	KVA	1118.82
Potencia de diseño de la subestación transformadora: 1250 KVA.		

10.1.4 Dimensionamiento de la subestación transformadora

Como se había indicado más arriba, la sala de medición y la subestación estarán próximos a los gates de entrada de la terminal que se alimentarán con una línea de 33 Kv.

En la subestación se requerirá la instalación de una celda seccionadora en media tensión con fusibles en 33 Kv de 125 A. Esta celda operará sobre la entrada al transformador, el cual alimentará los consumos de baja tensión (3 x 380 V + N). El transformador de potencia tendrá una relación de transformación $33 \pm 2 / 0,4$ Kv y una potencia de 1250 KVA (1,25 MVA) de acuerdo a los consumos calculados. La celda seccionadora y el transformador serán instalados cerca uno de otro y bajo techo con paredes de tejido metálico, que permita la circulación de aire, para su refrigeración.

El transformador será montado sobre perfiles tipo UPN amurados al piso, para permitir su desplazamiento en el caso de mantenimiento y/o reparación. La Figura 50 ejemplifica un transformador de distribución.

10.1.5 Tablero general de distribución

La salida en baja tensión del transformador (3 x 380 V +N), alimentará al tablero general de distribución, el cual será el encargado de suministrar la energía eléctrica a los tableros seccionales correspondientes a los diferentes consumos. El Plano CT1809-CO-SE-05 muestra el esquema unifilar.



Figura 50: Transformador de distribución



10.1.6 Líneas de distribución de energía

Se dimensionó la alimentación de los consumos correspondientes a la iluminación del muelle, del playón de contenedores, caminos, estacionamiento de camiones, sistema de lucha contra incendio, bomba de agua de pozo, y los distintos edificios.

A partir del tablero general de energía eléctrica, adyacente a la estación transformadora, se distribuirán las líneas de alimentación hacia los diferentes consumos (tableros seccionales), de manera subterránea por medio de cañeros y sus correspondientes cámaras de paso y derivación. Este sistema será utilizado en todas las líneas situadas en tierra. Para el caso del muelle se utilizarán canaletas bajo el nivel del plano de los mismos que serán cubiertas con tapas dimensionadas acorde a las cargas a las que serán sometidas.

Las cámaras de paso y derivación situadas sobre terreno natural y sobre las banquetas de los caminos de acceso serán del tipo prefabricadas (Marca Celotti mod DV2 o similar). Aquellas que estén montadas sobre hormigón sobre las que circulen vehículos deberán ser diseñadas y dimensionadas por el contratista encargado de la ingeniería de detalle.

Las cámaras se interconectarán por medio de caños de PVC, extra pesados, de diámetro de 150 mm, cuatro por tramo, salvo en ciertos casos de tramos entre luminarias según se especifica en los planos. Uno de los cuatro caños se prevé para ser utilizados para fibra óptica, comunicaciones u otros tendidos auxiliares.

Los conductores eléctricos en cañeros y trincheras serán del tipo subterráneo (Sinténax) dimensionados de acuerdo a lo que estipula la Tablas 21.

Tabla 21: Conductores eléctricos

Den.	Tens. [V]	Recorrido Desde	Hasta	Long. [km]	Cos fi	Potencia [kW]	Pot. apar. [kVA]	Corriente [A]	Cable	R unit. Ohm/km	X unit. Ohm/km	I nom. [A]	R . cos fi	X . sen fi	Z unit. Ohm/km	Caída V [V]	Caída V %	Factor apilam.	I adm. cable (A)
LINEA PRINCIPAL SET-TG																			
P-010-1	380	SET	TG	0,01	0,8	166,67	208,33	316,90	Subt. (3x240/120mm2).	0,0935	0,072	333	0,07	0,03	0,11	0,58	0,15	1	333
P-010-2		(seis conductores en paralelo)				166,67	208,33	316,90	Subt. (3x240/120mm2).	0,0935	0,072	333	0,07	0,03	0,11	0,58	0,15	1	333
P-010-3		(seis conductores en paralelo)				166,67	208,33	316,90	Subt. (3x240/120mm2).	0,0935	0,072	333	0,07	0,03	0,11	0,58	0,15	1	333
P-010-4		(seis conductores en paralelo)				166,67	208,33	316,90	Subt. (3x240/120mm2).	0,0935	0,072	333	0,07	0,03	0,11	0,58	0,15	1	333
P-010-5		(seis conductores en paralelo)				166,67	208,33	316,90	Subt. (3x240/120mm2).	0,0935	0,072	333	0,07	0,03	0,11	0,58	0,15	1	333
P-010-6		(seis conductores en paralelo)				166,67	208,33	316,90	Subt. (3x240/120mm2).	0,0935	0,072	333	0,07	0,03	0,11	0,58	0,15	1	333
		Total general				1000,00	1250,00	1901,43											2331
LINEA ALIMENTACIÓN SALA DE BOMBAS ANTINCENDIO																			
P-011	380	TG	TS-01	0,27	0,8	83,00	103,75	157,63	Subt. (3x95/50mm2).	0,239	0,075	252	0,19	0,05	0,24	17,74	4,67	1	252
LINEA ALIMENTACIÓN CONTENEDORES REEFERS																			
P-012-1	380	TG	TS-02-1	0,242	0,8	137,00	171,25	260,19	Subt. (3x185/95mm2).	0,123	0,073	386	0,10	0,03	0,13	14,23	3,75	1	386
P-012-2	380	TG	TS-02-2	0,257	0,8	137,00	171,25	260,19	Subt. (3x185/95mm2).	0,123	0,073	386	0,10	0,03	0,13	15,12	3,98	1	386
P-012-3	380	TG	TS-02-3	0,273	0,8	137,00	171,25	260,19	Subt. (3x185/95mm2).	0,123	0,073	386	0,10	0,03	0,13	16,06	4,23	1	386
P-012-4	380	TG	TS-02-4	0,288	0,8	68,50	85,63	130,09	Subt. (3x95/50mm2).	0,239	0,075	252	0,19	0,03	0,22	14,55	3,83	1	252
LINEA ALIMENTACIÓN TALLER																			
P-013	380	TG	TS-03	0,166	0,9	24,60	27,33	41,53	Subt. (4x16mm2).	1,43	0,084	83	1,29	0,04	1,32	15,81	4,16	1	83
LINEA ALIMENTACIÓN COLUMNA DE ILUMINACIÓN UNO, DOS Y TRES HASTA CAMARA DE DERIVACIÓN																			
P-014	380	TG	CAM. DER. 1	0,103	0,9	30,00	33,33	50,64	Subt. (4x16mm2).	1,43	0,084	83	1,29	0,04	1,32	11,96	3,15	1	83
LINEA ALIMENTACIÓN COLUMNA DE ILUMINACIÓN UNO, DESDE CAMARA DE DERIVACIÓN 1																			
P-015	380	CAM. DER.	TS-04-1	0,163	0,9	10,00	11,11	16,88	Subt. (4x10mm2).	2,27	0,088	64	2,04	0,04	2,08	9,92	2,61	1	64
LINEA ALIMENTACIÓN COLUMNA DE ILUMINACIÓN DOS Y TRES, DESDE CAMARA DE DERIVACIÓN 1																			
P-016	380	CAM. DER.	TS-04-2/3	0,141	0,9	20,00	22,22	33,76	Subt. (4x16mm2).	1,43	0,084	83	1,29	0,04	1,32	10,92	2,87	1	83
LINEA ALIMENTACIÓN COLUMNA DE ILUMINACIÓN CUATRO, CINCO, SEIS, SIETE, OCHO Y NUEVE, HASTA CAMARA DE DERIVACIÓN 2																			
P-017	380	TG	CAM DER 2	0,219	0,9	60,00	66,67	101,29	Subt. (3x95/50mm2).	0,239	0,075	252	0,22	0,03	0,25	9,53	2,51	1	252
LINEA ALIMENTACIÓN COLUMNA DE ILUMINACIÓN CUATRO, CINCO, SEIS, SIETE Y NUEVE, DESDE CAMARA DE DERIVACIÓN 2																			
P-018	380	CAM DER 2	TS-04-4/5/6/7/9	0,219	0,9	50,00	55,56	84,41	Subt. (3x70/35mm2).	0,332	0,075	206	0,30	0,03	0,33	10,62	2,80	1	206



Tabla 17: Conductores eléctricos (cont.)

Den.	Tens. [V]	Recorrido	Long. [km]	Cos fi	Potencia [kW]	Pot. apar. [kVA]	Corriente [A]	Cable	R unit. Ohm/km	X unit. Ohm/km	I nom. [A]	R. cos fi	X. sen fi	Z unit. Ohm/km	Caída V [V]	Caída V %	Factor aplam.	I adm. cable (A)
LÍNEA ALIMENTACIÓN COLUMNA DE ILUMINACIÓN OCHO, DESDE CAMARA DE DERIVACIÓN 2																		
P-019	380	TS-04-8	0,125	0,9	10,00	11,11	16,88	Subt. (4x10mm2).	2,27	0,088	64	2,04	0,04	2,08	7,61	2,00	1	64
LÍNEA ALIMENTACIÓN LUMINARIAS SOBRE COLUMNA DE ILUMINACIÓN DESDE TS-3 AL PIE DE CADA COLUMNA																		
P-020-1	380	TS-04-1	0,025	0,9	10,00	11,11	16,88	Subt. (4x4mm2)	5,72	0,099	36	5,15	0,04	5,19	3,79	1,00	1	36
P-020-2	380	TS-04-2	0,025	0,9	10,00	11,11	16,88	Subt. (4x4mm2)	5,72	0,099	36	5,15	0,04	5,19	3,79	1,00	1	36
P-020-3	380	TS-04-3	0,025	0,9	10,00	11,11	16,88	Subt. (4x4mm2)	5,72	0,099	36	5,15	0,04	5,19	3,79	1,00	1	36
P-020-4	380	TS-04-4	0,025	0,9	10,00	11,11	16,88	Subt. (4x4mm2)	5,72	0,099	36	5,15	0,04	5,19	3,79	1,00	1	36
P-020-5	380	TS-04-5	0,025	0,9	10,00	11,11	16,88	Subt. (4x4mm2)	5,72	0,099	36	5,15	0,04	5,19	3,79	1,00	1	36
P-020-6	380	TS-04-6	0,025	0,9	10,00	11,11	16,88	Subt. (4x4mm2)	5,72	0,099	36	5,15	0,04	5,19	3,79	1,00	1	36
P-020-7	380	TS-04-7	0,025	0,9	10,00	11,11	16,88	Subt. (4x4mm2)	5,72	0,099	36	5,15	0,04	5,19	3,79	1,00	1	36
P-020-8	380	TS-04-8	0,025	0,9	10,00	11,11	16,88	Subt. (4x4mm2)	5,72	0,099	36	5,15	0,04	5,19	3,79	1,00	1	36
P-020-9	380	TS-04-9	0,025	0,9	10,00	11,11	16,88	Subt. (4x4mm2)	5,72	0,099	36	5,15	0,04	5,19	3,79	1,00	1	36
LÍNEA ALIMENTACIÓN ILUMINACIÓN RESTO DE LA TERMINAL Y CAMINO DE SALIDA DE LA TERMINAL.																		
P-021	380	TG	0,495	0,9	4,92	5,47	8,31	Subt. (4x6mm2).	3,82	0,093	48	3,44	0,04	3,48	24,77	6,52	1	48
LÍNEA ALIMENTACIÓN EDIFICIO CONSOLIDACIÓN-DESCONSOLIDACIÓN																		
P-022	380	TG	0,076	0,9	18,20	20,22	30,72	Subt. (4x16mm2).	1,43	0,084	83	1,29	0,04	1,32	5,35	1,41	1	83
LÍNEA ALIMENTACIÓN ADMINISTRACIÓN Y GATES																		
P-023	380	TG	0,157	0,9	66,40	73,78	112,09	Subt. (3x50/25mm2).	0,48	0,078	164	0,43	0,03	0,47	14,21	3,74	1	164
LÍNEA ALIMENTACIÓN SERVICIOS																		
P-024	380	TG	0,116	0,9	111,00	123,33	187,39	Subt. (3x95/50mm2).	0,239	0,075	252	0,22	0,03	0,25	9,34	2,46	1	252
LÍNEA ALIMENTACIÓN AL ESTACIONAMIENTO DE CAMIONES																		
P-025	380	TG	0,85	0,9	15,00	16,67	25,32	Subt. (3x50/25mm2).	0,48	0,078	164	0,43	0,03	0,47	17,38	4,57	1	164
LÍNEA ALIMENTACIÓN SUBTERRÁNEA DE ILUMINACIÓN DEL CAMINO ACCESO DESDE TERMINAL HASTA FINAL DEL ESTACIONAMIENTO DE CAMIO																		
P-026	380	TG						Subt. (3x25/16mm2).	*									
LÍNEA ALIMENTACIÓN ÁREA DE ILUMINACIÓN DEL CAMINO ACCESO DESDE EL ESTACIONAMIENTO DE CAMIONES HASTA RN12																		
P-027	380	EST. CAMIONES						4 X 25 mm2	*									

Con respecto a la línea de alimentación de las luminarias del camino de acceso proveniente de la RN12, el dimensionamiento de la misma dio como resultado una caída de tensión del orden del 25%. Normalmente, esta caída sería demasiado importante, pero dadas las características de las luminarias LED seleccionadas, se considera admisible, ya que las mismas aceptan un rango de tensiones entre 90 y 310 V.

10.2 SISTEMA CONTRA INCENDIO

Para el diseño de la instalación contra incendio se tomó como base la aplicación de las normas NFPA:

Nº 14 - Standpipe and hose Systems.

Nº 20 - Centrifugal Fire Pumps.

Las instalaciones constan de una sala de bombas contra incendio, una cañería troncal (exterior y subterránea) y un sistema de bocas contra incendio. La distribución de la red se puede observar en el Plano CT1809-CO-SI-01.

10.2.1 Sala de bombas

Consta de un recinto cerrado de 6,1 x 4 m y 3,0 m de altura ubicado sobre el muelle en su esquina noroeste. En este recinto se instalarán dos bombas para incendios, una electrobomba principal y una diesel de reserva para el caso de corte de energía. También se instalará una electrobomba de sobrepresión ("Jockey"). Estas bombas se instalarán de tal manera que la succión se efectúe directamente del río. Para esto las rejillas de entrada a sus turbinas deberán estar al nivel -2.0 respecto del hidrómetro de Corrientes, para que exista una sobrealtura del nivel del agua que garantice el funcionamiento de las bombas (nivel mínimo histórico del río +0,40 m). La instalación se encuentra descripta en los Planos CT1809-CO-SI-02 y 03.

La electrobomba principal, del tipo de turbina vertical sumergible, deberá tener un caudal aproximado de 100.000 litros hora a una presión de 80 m de columna de agua (marca Peerless modelo 12 MBF o similar) con cañería de succión de 9,5 m.

La motobomba diesel de reserva ante la falta de energía, tendrá las mismas prestaciones que la electrobomba, pero para ser accionada por medio de un motor diesel (tipo Peerless modelo 12 MBF Right angle gear drive + motor MWM D 229,6 de 110 Hp a 2100 rpm).



La electrobomba jockey será del tipo sumergible de caudal 4000 litros/hora a una altura de elevación de 100 metros. Los tableros de las bombas deben cumplir con los requisitos de la norma NFPA 20. El conjunto de bombas se completa con:

- Colector de salida de agua
- Colector de refrigeración y pruebas
- Cuadro presostático para arranque en cascada
- Cámara para amortiguar golpes de ariete
- Tablero eléctrico para arranque de bombas

En la descarga de las bombas se montarán una válvula de retención, una válvula de corte y un cuadro de refrigeración compuesto por una válvula de diámetro 2" para prueba y una de diámetro ½" para refrigeración, con una cañería de 2" con salida libre hacia el río. Además se debe instalar un cuadro presostático de 3 presostatos con sus respectivas válvulas, cada uno vinculado con el arranque de una bomba; un manómetro con válvula para poder calibrar los presostatos y un tanque pulmón amortiguador para evitar golpes de ariete (capacidad aproximada 100 lts).

Teniendo en cuenta que estos equipos producen una sensible vibración. Se deberá montar amortiguadores de vibración a la entrada y salida de la bomba principal y la de reserva. Las bombas principales pueden arrancar manualmente o automáticamente por medio del presostato correspondiente, pero su parada es exclusivamente manual.

La bomba Jockey puede arrancar manualmente o automáticamente y su parada es manual o automática (en este caso por medio del presostato correspondiente).

10.2.2 Cañería troncal exterior y subterránea

El sistema de distribución de agua para incendios se realizará por medio de cañería aérea en zona del muelle, y subterránea en el resto del terreno, en principio el sistema será no anillado (se podrá construir un anillo cerrado en etapas posteriores). El diámetro de la cañería es de 6" en el troncal y de 4" desde el troncal hasta los hidrantes.

El asentamiento y cobertura de la cañería debe cumplir las condiciones de la norma ANSI A-21.50. El material de la cañería debe ser de acero ASTM A53 Sch40. La protección anticorrosiva y de terminación de la cañería será con pintura epoxi.



10.2.3 Bocas de incendio

En la terminal se distribuyeron 16 bocas de incendio o hidrantes de manera estratégica para poder llegar a todos los posibles focos de incendios. Estas bocas están alimentadas desde la cañería troncal.

Los hidrantes consisten en una columna de 3" de diámetro con salida de 2 ½" en la que se montará la boca de incendio (válvula). Las válvulas estarán situadas a 1,20 m del piso. Cada hidrante estará equipado con un gabinete de medidas 600 x 600 x 300 mm como mínimo, para uso exterior, construido en chapa BWG 18 con frente de vidrio y cerradura tipo cuadrada.

Este gabinete debe constar de:

- 2 Mangueras Ø 2 ½" x 30 m, con uniones mandriladas.
- 1 Lanza chorro y niebla Ø 2 ½".
- 1 llave para ajustar uniones.

10.2.4 Características de los materiales

10.2.4.1 Cañerías

Se utilizará en toda la instalación, caño de hierro negro ASTM A 53, grado A o B con costura, Schedule 40. Serán en su totalidad soldados para diámetros 2 ½" y mayores, los de medidas inferiores son roscados.

10.2.4.2 Accesorios

Los codos, tes, reducciones, refuerzos, sellos casquetes, etc. serán adecuados a las condiciones operativas para las que se destinan, ajustándose a las indicaciones de las normas ANSI B-16.9. Los accesorios serán en su totalidad soldados para diámetros 2 ½" y mayores, los de medidas inferiores son roscados.

10.2.4.3 Bridas

Son del tipo Slip-on para soldar serie 150, de acero forjado ASTM A 181-Gr 1 y dimensiones según normas ANSI B 16.5.

10.2.4.4 Válvula mariposa

Diseño de vástago pasante. Asiento de caucho (Buna "N") reemplazable que aísla completamente el interior del cuerpo y hace sello con las bridas de montaje.



Apta para montaje entre bridas ANSI 150/125. Accionamiento de 1/4 de vuelta mediante palanca manual de fundición nodular ASTM A 536, con cuerpo de fundición gris ASTM A 126 Gr. B y disco de fundición nodular ASTM A 536.

10.2.4.5 Válvula Esclusa

Serán de cuerpo de hierro fundido, extremos bridados, bonete abulonado, vástago ascendente, cuña sólida, asientos renovables e internos de bronce, dimensionada según serie ANSI 150.

10.2.4.6 Manómetros

Serán de bronce de 76 mm de diámetro con rango hasta 20 atm, con su correspondiente válvula esférica de 12,7 mm de diámetro serie ANSI 300.

10.2.4.7 Suspensión de cañerías

La cañería aérea estará suspendida de soportes especialmente diseñados y sujetos con brocas químicas.

10.2.4.8 Amortiguadores de vibración

Serán de caucho con telas interiores de nylon bridados Serie 150 y se montarán en la impulsión de las bombas.

10.2.4.9 Válvulas de retención

Las válvulas de retención serán de bronce ASTM B 62, a clapeta, con eje y asientos de acero inoxidable AISI 304 y extremos roscados para una presión de trabajo de 14 Kg/cm², para diámetros hasta 2" y de hierro fundido, bonete bridado, disco y asiento renovables, extremos bridados, serie 150, según normas ANSI para una presión de trabajo de 10 Kg/cm², para diámetros 2 ½" y mayores.

10.2.4.10 Juntas de dilatación

Serán de caucho con telas interiores de nylon bridados Serie 150 y se montarán de acuerdo a la distribución mostrada en plano CT1809-CO-SI-02.

10.2.4.11 Bocas De Incendio

Compuesta por válvula tipo teatro, de bronce con descarga a 45 grados reforzadas, con tapa y cadena, y de diámetro 2 ½", manguera de poliéster con uniones mandriladas y una resistencia a la rotura de 42 Kg/cm², con sello IRAM y una longitud de 30 m, lanza de cobre; boquilla de chorro-niebla y llave para



ajustar uniones de acero. Todo alojado en gabinete de chapa BWG 18 de medidas y color reglamentarios con frente de vidrio y cerradura cuadrada.

10.3 AGUA DULCE

Los análisis de agua extraída de pozo de 24 m incluidos en el Anexo 1, indicaron que el color excede los estándares para ser considerada potable. Sin embargo, éste es el único parámetro excedido por cuanto los valores de pH, nitritos, nitratos, dureza, cloro, y amoníaco se encuentran dentro de los límites aceptables. En vista de esta condición, en principio el agua potable deberá ser provista a través de bidones. Más adelante, se podrán realizar ensayos a mayor profundidad y buscar alternativas para potabilizarla.

No obstante el agua de pozo extraída no se utilice para consumo humano, se prevé el abastecimiento de agua dulce para riego, lavado de máquinas, taller, y servicios. El agua potable deberá ser provista para una dotación de alrededor de 53 personas trabajando en la terminal de contenedores y el estacionamiento de camiones. Adicionalmente, se considera la utilización de los servicios por 41 choferes por día en el área de estacionamiento de camiones.

Se instalarán tanques elevados en el edificio de servicios de la terminal de contenedores (que servirán también al edificio administrativo y al depósito), en el taller y en la oficina del estacionamiento. Para el cálculo de la reserva total diaria (RTD) de cada una de estas se consideró un consumo promedio de:

- 80 litros por persona para personal
- 30 litros por persona para choferes en el estacionamiento de camiones
- 1.500 litros para limpieza de maquinarias y equipos
- 2.500 litros para riego

A partir de estos valores se obtuvieron los volúmenes de las RTD que se indican en la Tabla 22.

Tabla 22: Consumos de agua

Unidad	Dotación	Consumo unitario	Consumo	Otros consumos	RTD
	hab	l/hab/día	l/día	l/día	l/día
Taller	8	80	640	1500	2140
Depósito	10	80	800	2500	6100
Edif Administrativo y de Servicios	35	80	2800		
Estacionamiento	41	30	1230	2500	3730



El almacenamiento de estos volúmenes se realizará en tanques cilíndricos de acero inoxidable de 2.000 litros (uno para el taller, dos para el estacionamiento y tres para edificio de servicios y depósito). Estos tanques tendrán alimentación superior y se apoyarán sobre el techo de cada edificio, sobre una estructura elevada, de manera que el fondo del tanque quede a una altura de 8 metros en el taller y edificio de servicios y de 5 metros en el estacionamiento de camiones.

Los tanques elevados serán alimentados desde bombas sumergibles. El caudal de bombeo será tal que los tanques sean llenados diariamente en un lapso de 2 horas. Esto resulta en un caudal medio de 0,28 l/s para la bomba del taller, 0,83 l/s para la bomba del edificio de servicios y 0,56 l/s para el estacionamiento de camiones. Suponiendo una velocidad de circulación cercana a 1 m/s, se determina el diámetro del caño de PP que alimenta cada tanque: 25 mm para la bomba del taller y 50 mm para la bomba del edificio de servicios y la del estacionamiento de camiones. La determinación de cada equipo de bombeo se realizó en función del caudal y la altura manométrica a salvar dando bombas mínimas de 1.5 HP. El Plano CT1809-CO-SA-01 muestra las distintas instalaciones de provisión de agua.

Cabe señalar que no se proveerá de agua a las embarcaciones.

10.4 DESAGÜES CLOACALES

Los cada edificio deberá contar con un sistema de desagües cloacales que colecten las aguas servidas hacia una cámara séptica que a su vez descarga en un lecho de infiltración. El edificio de servicios, administración y depósito compartirán una misma cámara séptica y zanjas de infiltración, mientras que el taller y el estacionamiento de camiones tendrán lo propio. Para el caso particular del taller, se prevé una cámara interceptora de hidrocarburos cerca de la entrada, cuya descarga será conducida junto a las aguas servidas. El Plano CT1809-CO-SS-01 muestra las instalaciones de saneamiento.

10.4.1 Cámara séptica

El diseño del sistema consideró un caudal base de 100 l/hab/día para el personal la terminal y uno de 30 l/hab/día para los choferes en el estacionamiento (personal transitorio). Por otro lado, se consideró una permanencia óptima de los efluentes de 36 horas. A partir de estos valores y de la dotación de personal de cada módulo se calculó el volumen de las correspondientes cámaras. A continuación, la Tabla 24 muestra los volúmenes calculados para la terminal.



Tabla 23: Volúmenes para dimensionado de cámaras sépticas

Unidad	Dotación	Consumo unitario	Consumo	Permanencia	Volumen	Ancho	Tirante líquido	Longitud	Volumen adoptado
	hab	l/hab/día	l/día	h	m ³	m	m	m	m ³
Taller	8	100	800	36	1.2	0.75	1.2	1.5	1.35
Depósito	10	100	1000	36	6.75	1.5	1.2	4	7.20
Edif Admin y de Servicios	35	100	3500						
Estacionamiento	41	30	1230	36	1.85	0.75	1.2	2.3	2.07

El volumen de barros se determina para períodos normales de limpieza (al menos una limpieza anual, mediante descarga a través de camión atmosférico). Durante ese tiempo, parte de estos barros son digeridos por el proceso biológico que se produce en la cámara. Se considera que la producción residual de barros es de aproximadamente 36 gramos/habitante/día, mientras que la producción residual de natas se toma como la mitad del valor adoptado para barros. Estimando en 280 días la dotación permanente por año, la producción anual de barros y natas es:

- Para el taller:
 $54 \text{ g/hab/día} \times 8 \text{ hab} \times 280 \text{ días/año} = 121 \text{ kg/año}$
- Para el edificio de servicios, administrativo y depósito:
 $54 \text{ g/hab/día} \times 45 \text{ hab} \times 280 \text{ días/año} = 680 \text{ kg/año}$
- Para el estacionamiento de camiones:
- $54 \text{ g/hab/día} \times 41 \text{ hab} \times 280 \text{ días/año} = 620 \text{ kg/año}$

Debe verificarse que la permanencia no disminuya por debajo de las 24 horas al disminuir el volumen disponible, debido al espacio ocupado por barros y nata superficial. Considerando para estos una densidad de 1.100 kg/m³, el volumen de la cámara se reduce de la siguiente manera:

- Para el taller:
 $121 \text{ kg/año} / 1.100 \text{ kg/m}^3 = 0,11 \text{ m}^3$
- Para el edificio de servicios, administrativo y depósito:
 $680 \text{ kg/año} / 1.100 \text{ kg/m}^3 = 0,62 \text{ m}^3$
- Para el estacionamiento de camiones:
 $620 \text{ kg/año} / 1.100 \text{ kg/m}^3 = 0,56 \text{ m}^3$

De manera acorde se recalcula la permanencia:

- Para el taller:
 $(1,35 \text{ m}^3 - 0,11 \text{ m}^3) / 0,80 \text{ m}^3/\text{día} = 37 \text{ horas} > 24 \text{ horas}$
- Para el edificio de servicios, administrativo y depósito:
 $(7,20 \text{ m}^3 - 0,62 \text{ m}^3) / 4,50 \text{ m}^3/\text{día} = 35 \text{ horas} > 24 \text{ horas}$
- Para el estacionamiento de camiones:

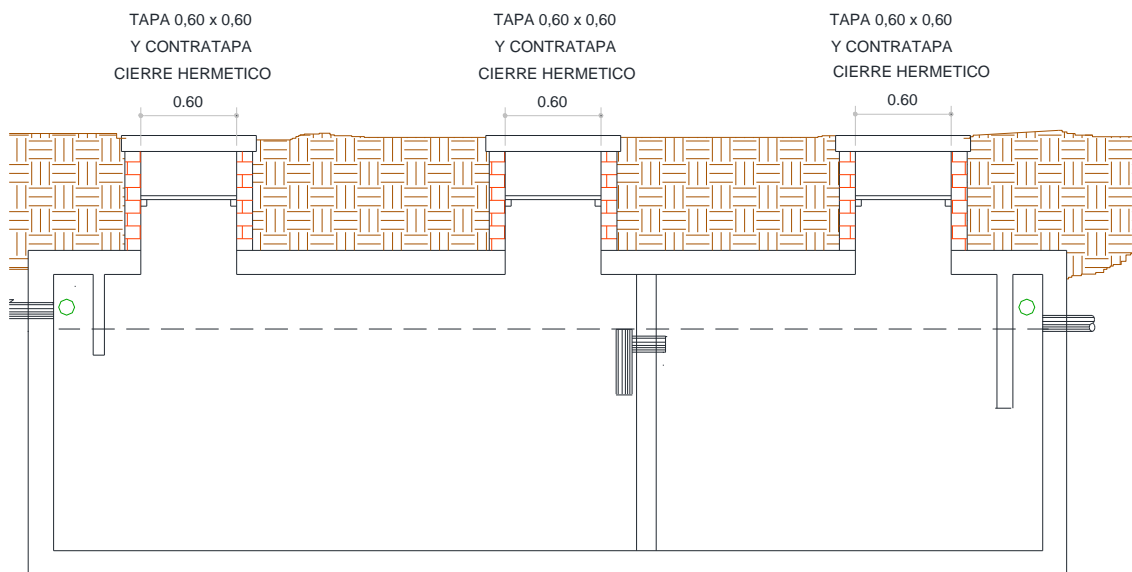


$$(2,07 \text{ m}^3 - 0,56 \text{ m}^3) / 1,23 \text{ m}^3/\text{día} = 29 \text{ horas} > 24 \text{ horas}$$

Las cámaras se ubicarán a más de 15 metros de cualquier fuente de abastecimiento de agua, y a más de 3 metros de cualquier edificación. Las mismas deberán ser estancas, por lo que se construirán con materiales no susceptibles a la corrosión y/o deterioro, tales como hormigón o mampostería de ladrillos fuertemente calcinados. Todas las superficies de hormigón se deben cubrir con mastic asfáltico o similar con el objeto de reducir al mínimo su degradación. Además, deberán contar con accesos adecuados en cada uno de sus compartimentos para posibilitar su inspección y limpieza. Las dimensiones de las bocas serán de 0,60 m x 0,60 m y se le colocará una contratapa para evitar el escape de gases. El desnivel entre la cañería de entrada y salida debe ser aproximadamente de 8 cm, para permitir pequeñas sobreelevaciones durante la descarga de la cámara.

Los dispositivos de entrada y salida, se realizarán mediante cañerías en “T” abiertas o mediante pantallas, es aconsejable este último criterio pues realiza una distribución uniforme del líquido afluente, mientras que la entrada por medio de cañerías sumergidas puede crear corrientes líquidas parásitas por diferencia de temperaturas entre el caudal que llega y el líquido de la cámara, reduciendo su permanencia.

Figura 51: Cámara séptica tipo



10.4.2 Zanjas de infiltración

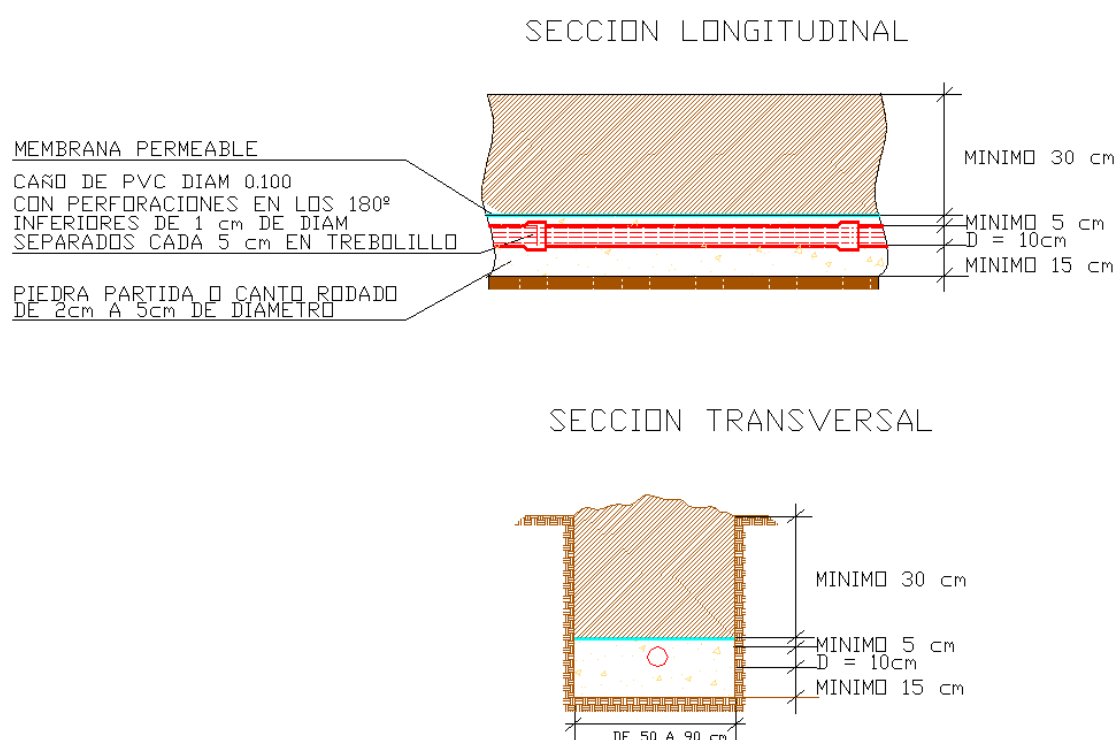
Al salir de la cámara séptica, los efluentes fluirán a través de un lecho de infiltración. Este consiste en una red de cañerías de PVC enterradas a 0,50 m como mínimo, con perforaciones en la mitad inferior de la sección de las mismas. Esas cañerías se colocan en zanjas preparadas convenientemente, bien niveladas y con la protección de grava debajo y sobre la cañería. La infiltración

de los efluentes se produce a través de las perforaciones de aproximadamente 1 cm de diámetro efectuadas en la cañería.

Es recomendable que el nivel máximo de agua freática se encuentre a más de 1,20 m del fondo del sistema de infiltración.

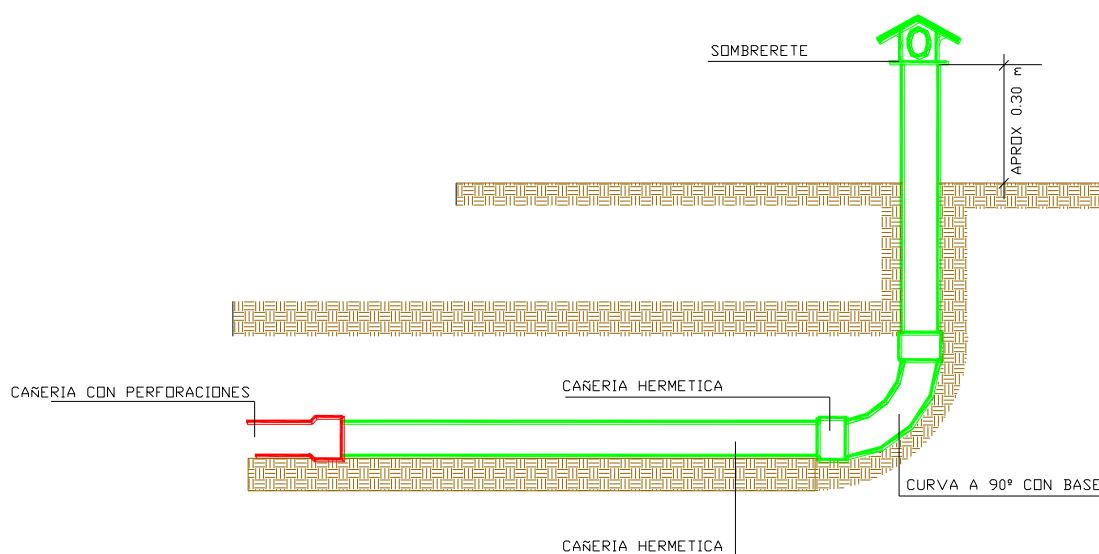
La Figura 52 muestra las secciones tipo de las cañerías.

Figura 52: Sección tipo – Cañería de Infiltración



Para la determinación de la longitud necesaria de cada uno de los sistemas de eliminación de efluentes es necesario realizar en campo los ensayos de infiltración correspondientes. Una vez determinada la infiltración natural del terreno, se obtiene la longitud de cañería necesaria. Además se deberá colocar un caño de ventilación que descargue a los cuatro vientos conectado en el final de cada tramo de cañería perforada. La Figura 53 muestra un esquema del remate de ventilación en cada extremo de cañería perforada.

Figura 53: Ventilación cañería perforada



Si bien aún no se midió la velocidad de infiltración del suelo, se sabe que en la zona de la terminal se tiene arena gruesa mal graduada y de textura densa hasta los 2 metros de profundidad, mientras que en la zona del estacionamiento se tiene arena arcillosa de baja plasticidad de textura medianamente densa. Los valores de infiltración aproximados para suelos de esas características son 20 mm/h y 10 mm/h, respectivamente.

Suponiendo un ancho de zanja de 60 cm y un espesor de grava de 30 cm bajo el tubo, las longitudes de zanja resultan en 6 m para taller, 16 m para estacionamiento y 30 m para servicios y depósito. Las dos primeras se dividieron en dos zanjas separadas 2 m, y la última se dividió en tres zanjas de 10 m separadas 3 m entre sí.

10.5 OTRAS INSTALACIONES AUXILIARES

Para completar la terminal se deberán realizar otros trabajos auxiliares, tales como:

- Alambrado perimetral
- Parquización

11.0 EIA PRELIMINAR DE MUELLE DE CONTENEDORES

La EIA preliminar se presenta como un informe independiente. Aquí se resume sintéticamente el contenido y las conclusiones principales del estudio, que tuvo por objeto identificar las posibles consecuencias que las obras y la operación portuaria podrían tener sobre el medio.

Primero, el estudio incluyó las consideraciones sobre la ubicación, la razón del proyecto y el marco legal. Seguidamente incluyó una descripción del proyecto que presenta los aspectos principales de este informe para el entendimiento del público. Seguidamente, describe la línea de base.

Con respecto al Medio Físico, considera entre otros aspectos el clima y aire, ruido, geología, geomorfología y suelos, hidrología e hidráulica donde se ubica el proyecto. Explica que la zona costera sobre la que se asentará el puerto aparece estable, con fondos arenosos del lecho del Río Paraná, sin contaminación y con aspectos naturales. Además, indica la ausencia de fuentes contaminantes lo que permite suponer la inexistencia de sedimentos o suelos contaminados en el área del proyecto, aunque a la fecha no existen estudios específicos de la calidad de los sedimentos.

Continúa con el Medio Biológico, que considera en su línea de base aspectos relativos a los ecosistemas terrestres y acuáticos, en particular, la ictiofauna. Se verificaron sectores donde la vegetación parece no estar intervenida, por lo que es probable que el área de influencia del proyecto conserve especies características y fisonomía de ambientes originarios. Asimismo, menciona que varias de las especies de pastizal puede que ya no estén presentes o presenten poblaciones relictuales o escasas en el área de estudio. Esto es así dado que los pastizales de la Argentina representan uno de los ecosistemas más modificados por las actividades agropecuarias y el aumento de la urbanización

La línea de base del Medio Antrópico establece las características demográficas, socioeconómicas de la población y los aspectos culturales y patrimoniales. Surge del análisis de percepción social que, el anuncio de la instalación de un puerto en esta zona, próxima a la localidad de El Sombrero en el departamento de Empedrado, fue recibido gratamente por la población. La provincia de Corrientes, otrora con una red de puertos fluviales, hoy depende del transporte terrestre para la exportación de su producción e importación de bienes. La comunidad cuyas actividades locales son netamente agrícola-ganaderas y forestales, percibe este emprendimiento como una fuente de nuevos puestos de trabajo, el incremento de sus actividades económicas, y una expansión de la dinámica urbana, junto a una disminución de los costos del transporte, hoy distribuidos mayormente en camión. El Programa de Ordenamiento Territorial y el Plan de Residuos Sólidos



que se encuentra en proceso de elaboración por las autoridades municipales hace presumir que el crecimiento urbano será en forma planificada, con la necesaria infraestructura de servicios, aparecerá una mayor oferta de puestos de trabajo, muchos de ellos calificados, mejorando así la calidad de vida de la comunidad local y del área de influencia directa.

Las recomendaciones sobre la gestión ambiental indicadas por la EIA preliminar se encuentran plasmadas en los lineamientos del Plan de Gestión Ambiental (PGAM) a ser implementado para la concreción del proyecto.

El análisis de los impactos fue realizado utilizando la metodología de Conesa. De acuerdo a esta metodología, la importancia de los impactos físicos puntúa en -24 durante la construcción y 23 durante la operación, lo que corresponde, según el autor, a impactos de tipo bajo. Los bióticos, alcanzan el puntaje de mayor magnitud, -41 durante la construcción y a -33 durante la operación, que corresponde a importancia moderada. Por su parte, los sociales alcanzan -7.6 y -10.6, respectivamente, es decir, importancia baja. En promedio, la importancia de los impactos es baja, con un puntaje general de -24.

El EIA explica que la metodología de Conesa castiga de manera importante ciertas circunstancias que se deben poner en perspectiva. Por ejemplo, el mayor impacto es el que se relaciona con la reducción de hábitats. En efecto, la metodología considera, por ejemplo, que la reducción de superficies de ecosistemas tiene un momento crítico, con un puntaje 8, y que es irre recuperable, también con puntaje 8. Estas dos condiciones son ciertas y elevan la importancia de dicho impacto. Sin embargo, con esta metodología no se pondera, por ejemplo, la representación que tienen esos paisajes ni su calidad intrínseca en cuanto a que alberguen especies nativas raras o en peligro, o que cumplan una función particular. Tampoco incide la fragmentación de estos hábitats.

En realidad, la zona socavada elegida para el desarrollo de la terminal es un ambiente degradado naturalmente, y los ambientes terrestres donde se implanta la obra tienen una buena representación en la región.

Otra cuestión clave es que los ambientes parecen encontrarse en muy buenas condiciones, en tanto tienen una escasa intervención humana y no hay signos de contaminación. Esta situación se debe tratar de mantener en el tiempo y para ello se propusieron varias medidas de control y algunas medidas de diseño, entre ellas:

- Se eligieron trazas que coinciden con sectores poco arbolados
- Se redujeron los movimientos de suelos y pendientes utilizando la socavación natural de la costa que creó una especie de entrada
- El sitio de implantación fue elegido lejano a poblaciones



- Los desagües pluviales son conducidos a cursos naturales alterando mínimamente el escurrimiento superficial
- Los desagües de la terminal son interceptados para su filtrado previo de líquidos oleosos
- El muelle fue diseñado con una estructura transparente sobre pilotes para evitar alteraciones a los patrones de escurrimiento

Adicionalmente, en el estudio se recomiendan 10 medidas para controlar, monitorear y reducir los impactos.

Finalmente, cabe destacar que los responsables de la elaboración de la EIA final deberán completar tareas y análisis que escaparon al alcance de esta EIA preliminar. En particular, los responsables de la elaboración de las mismas, además de cumplir con los requerimientos de la autoridad ambiental de Corrientes, deberán:

- Analizar la calidad del agua y de los sedimentos del Paraná en tres puntos, aguas arriba, frente al puerto y aguas abajo del mismo. En particular se deberá estudiar la presencia de fertilizantes y pesticidas.
- Medir los niveles de ruido ambientales en la costa, en la zona del patio de contenedores, en la zona del estacionamiento y al menos en tres puntos del camino
- Realizar un relevamiento de las especies nativas del predio
- Caracterizar detalladamente los paisajes encontrados
- Realizar entrevistas a los pescadores artesanales que utilizan la costa correntina para el acampe
- Realizar entrevistas y coordinar con la municipalidad de El Sombrero el plan de comunicación social y sobre las necesidades de planificación urbana



12.0 PLAN DE EJECUCIÓN, CÓMPUTO Y PRESUPUESTO

12.1 PLAN DE EJECUCIÓN

Esta sección presenta el plan de ejecución de las obras de la terminal de contenedores. La duración total del proyecto es de 28 meses, tal como muestra se muestra en las próximas dos páginas, desde la movilización hasta la operación. Esto considera jornadas de 8 h de lunes a viernes y sábados de 8 a 13.

Los tiempos asignados y las interrelaciones entre tareas indican secuencias lógicas por orden de tareas. Se han desfasado algunas tareas considerando que para las mismas serán utilizados los mismos equipos, lo que obliga a plantear estas tareas de manera secuencial.

Se ha supuesto que las obras del muelle se podrán realizar desde tierra, construyendo pilotes y avanzando sobre los mismos con apoyo de equipos flotantes. La utilización de otros sistemas con equipos flotantes podría afectar fuertemente los tiempos de las tareas, aunque si significara la apertura de más frentes de obra podría generar finalmente un acortamiento de la duración total.

Siendo crítica la tarea de pilotaje, se optó por contar al menos con dos frentes de obras simultáneos.



Insertar diagrama gantt



Insertar diagrama gantt



12.2 CÓMPUTO Y PRESUPUESTO

En esta sección se presenta un cómputo y presupuesto de la obra. Para el cómputo se adoptaron las dimensiones y especificaciones de los planos y memorias. Para la determinación de los costos unitarios se recurrió a diversos métodos: consultas a proveedores, precios de licitaciones, publicaciones de costos de materiales, mano de obra y equipos, y análisis de costos unitarios de rubros.

Los costos de obra fueron multiplicados por 1,4 que es coeficiente que tiene en cuenta los costos administrativos, impuestos de transferencias bancarias e ingresos brutos, y beneficios.

De esta forma la inversión en infraestructura se estimó en U\$S 37.280.000, a lo que debería sumarse el IVA, tal como se describe en la Tabla 24.



Tabla 24: Cómputo y presupuesto de obra (U\$S)

ITEM	DESIGNACION	Unidad	Cantidad/Unidad	U\$S/U	SUBTOTAL	Subtotal ítem
1	INGENIERÍA Y SUPERVISIÓN	Gl	1		1.100.000,00	1.100.000,00
2	MOVILIZACIÓN Y OBRADORES, PERMISOS	Gl	1		3.500.000,00	3.500.000,00
3	MOVIMIENTOS DE SUELOS sector Terminal					1.456.111,01
	Limpieza	m2	50.000,00	0,08	4.109,68	
	Excavación	m3	319.200,00	3,19	1.019.751,33	
	Relleno	m3	61.750,00	7,00	432.250,00	
4	CAMINO DE ACCESO Y ESTACIONAMIENTO					2.135.026,40
	Limpieza	m2	130.300,00	0,08	10.709,82	
	Perfilado subrasante y cunetas	m2	130.300,00	0,19	25.133,42	
	Compactación subrasante	m2	130.300,00	0,36	46.487,68	
	Subbase	m3	17.430,00	8,40	146.412,00	
	Base	m3	14.180,00	8,40	119.112,00	
	Riego de liga	m2	32.900,00	1,11	36.555,56	
	Carpeta asfáltica	m2	32.900,00	50,12	1.648.948,00	
	Señalizaciones, alcantarillas, obras menores	Gl	1,00	101.667,92	101.667,92	
5	TABLESTACADO					2.855.261,35
	Tablestacas	m2	3.889,35	382,34	1.487.059,51	
	Vigas de cintura 2UPN	ml	387,00	138,48	53.591,96	
	Viga de coronamiento	m3	290,25	804,23	233.428,41	
	Tensores	ml	3.321,00	188,51	626.043,89	
	Pantallas	m2	567,00	382,34	216.787,57	
	Relleno	m3	34.050,00	7,00	238.350,00	
6	PROTECCIÓN COSTERA					506.927,50
	Perfilado, colocación de geotextil 80 kN/m, capa base, coraza de piedras 450 kg	ml	270,00	1.341,08	506.927,50	
7	MUELLE					18.193.063,58
	Pilotes de 27.75 m (diam. 700)	U	60,00	34.750,56	2.085.033,59	
	Pilotes de 26.25 m (diam. 700)	U	60,00	32.872,15	1.972.329,07	
	Pilotes de 24.75 m (diam. 700)	U	60,00	30.993,74	1.859.624,55	
	Pilotes de 23,25 m (diam. 700)	U	60,00	29.741,47	1.784.488,21	
	Pilotes de acero para defensas 1 1/4", 15m (850)	U	60,00	35.327,41	2.119.644,62	
	Vigas longitudinales (1,20x,80*53,2)	U	24,00	41.073,75	985.770,00	
	Vigas transversales (1,20x,80x22)	U	60,00	16.985,39	1.019.123,12	
	Vigas de borde (1.50x,7)	ml	900,00	844,44	759.999,48	
	Losa	U	6,00	662.816,06	3.976.896,35	
	Pavimento	m2	7.040,00	76,46	538.295,84	
	Sistema de Defensas	U	60,00	16.800,00	1.008.000,00	
	Bolardos 30 T	U	14,00	2.418,48	33.858,75	
	Escaleras, guardacabos, señales, accesorios	GL	1,00	50.000,00	50.000,00	
8	TERMINAL DE CONTENEDORES					2.312.231,46
	Base, pavimentos, juntas, desagües	m2	47.175,00	49,01	2.312.231,46	
9	SISTEMA CONTRA INCENDIO					231.488,38
	2 Bombas de río, cañerías de 150mm, 4 monitores, sistema de espuma, gabinetes con manguera completos	Gl	1,00	231.488,38	231.488,38	
10	PROVISIÓN DE AGUA DULCE					24.042,17
	3 bombas sumergibles, cañería, 6 tanques 2000 lt acero inox., ejecuc. Pozos c/camisa	Gl	1,00	24.042,17	24.042,17	
11	INSTALACIÓN CLOACAL (Colectora, cámara séptica, lecho infiltración, 3 instalaciones)	Gl	1,00	19.677,23	19.677,23	19.677,23
12	ENERGÍA E ILUMINACIÓN					1.866.403,92
	Tableros armados, tendidos de cables subterráneos incl. zanjeado, cámaras de paso, puesta a tierra	Gl	1,00	748.450,13	748.450,13	
	Iluminación, 9 torres 20m c/8 reflect. Led 1000w, 220 postes 10 m con luminarias 120w, montaje, fundaciones	Gl	1,00	1.117.953,79	1.117.953,79	
13	EDIFICIOS					2.014.000,00
	Administración	m2	390,00	800,00	312.000,00	
	Servicios	m2	240,00	800,00	192.000,00	
	Talleres	m2	600,00	500,00	300.000,00	
	Gateras	m2	450,00	600,00	270.000,00	
	Depósito	m2	1.880,00	500,00	940.000,00	
14	ALAMBRADO, 3 m olímpico	m	897,00	273,14	245.002,53	245.002,53
15	SEGUROS	%	0,90	1,00	364.592,36	364.592,36
16	MISCELÁNEOS/IMPREVISTOS	%	9,09	1,00	3.682.382,79	3.682.382,79
	TOTAL					40.506.210,67

13.0 DISEÑO CONCEPTUAL DE TERMINAL DE COMBUSTIBLES

Esta sección tiene por objeto evaluar la posible implantación de una terminal de combustibles elaborando un croquis preliminar de las principales instalaciones que la componen. Obviamente, para dimensionar las instalaciones es necesario realizar una estimación de los volúmenes y tipo de combustibles que se esperaría mover. Con ese conocimiento luego se podrá evaluar la cantidad de embarcaciones a gestionar, número de sitios de atraque y capacidad de almacenamiento. Con esos objetivos se presenta una descripción del mercado (terminales portuarias y movimientos de combustibles) y una estimación de los volúmenes que se podrían movilizar. Cabe destacar que las empresas petroleras que operan en la zona son privadas y muy celosas de las informaciones de sus operaciones. Esto obligó a trabajar con datos escasos que se pueden obtener de manera pública. A continuación se presenta la estimación de la demanda y seguidamente los parámetros de diseño de las instalaciones. En el informe final se incluirá el proyecto conceptual y una estimación del orden de magnitud de las inversiones necesarias.

13.1 ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA

13.1.1 Mercado internacional de combustibles

Entre los distintos sectores económicos que originan cargas en los puertos, el de los combustibles fue el más dinámico y que más novedades registró en la última década. El país, que en los noventa pasó de ser importador a exportador de petróleo, revirtió nuevamente su categoría a importador desde 2007¹³. Los precios internacionales del crudo que con la crisis internacional de 2008 habían tocado un piso de 42 U\$S/barril comenzaron a elevarse hasta 116 U\$S/barril en 2013. Pero a partir de esa fecha volvió a sufrir otro ciclo de caída hasta 29 U\$S/barril en 2016 y de recuperación hasta los 74 U\$S/barril en 2018. Actualmente, cotiza en baja a alrededor de 60 U\$S/barril.

La situación de 2007 y la posterior crecida de los precios internacionales del crudo provocaron que localmente se intensificara la campaña para explotar el yacimiento de Vaca Muerta a la vez que se importaba gas con buques metaneros. La puesta en marcha de este yacimiento a todo su potencial implica la necesidad de aumentar la capacidad de refinación y explotación de crudos y naftas.

13.1.2 Mercado local de combustibles

Las zonas petroleras se encuentran distribuidas entre Tierra del Fuego, Santa Cruz, Chubut, Neuquén, Mendoza, Salta y Formosa. Mientras, el downstream argentino está compuesto por nueve refinerías y cinco terminales de crudo. Las

¹³ J.E. Abramian en "Brecha de la Infraestructura Portuaria", Cámara de la Construcción, 2015, Buenos Aires

refinerías son tres de YPF (Luján de Cuyo, Plaza Huincul, La Plata), una de Petrobrás (Bahía Blanca), una de Oil M&S (ex Petrobrás y ahora controlada por YPF, en San Lorenzo), una de Shell (ahora Reizen, en Dock Sud), una de Axxion (grupo Bulgheroni, vendida por Esso, en Campana), Refinor, en Salta, y Renesa (Plaza Huincul). Como se puede apreciar algunas refinerías se encuentran sobre vías navegables. Las terminales portuarias de crudo son las de San Sebastián, Tierra del Fuego (YPF), Loyola (YPF), Caleta Olivia (Termap), Caleta Córdova (Termap), y Ebythem en Bahía Blanca.

Incluso con la explotación de Vaca Muerta, la producción nacional de petróleo sigue descendiendo. Vaca Muerta aporta, en cambio, una cantidad de gas importante que ha permitido un punto de inflexión en la curva descendente de la producción de ese fluido. La Figura 52 muestra la evolución de la producción de petróleo y la Figura 53 la del gas.

Debe notarse que la capacidad de procesamiento está limitada por las posibilidades de las refinerías que, ante la baja de producción de los últimos años, se han encontrado con capacidades ociosas que rondan el 10%. Ahora bien, la explotación del yacimiento no convencional Vaca Muerta brinda expectativas para aumentar la producción sensiblemente. En este caso sería necesario potenciar las capacidades de refinación. Axxion ya se encuentra en el proceso de ampliación de su refinería. YPF también tiene planes de potenciación de algunas de sus instalaciones.



Figura 54: Producción nacional de petróleo

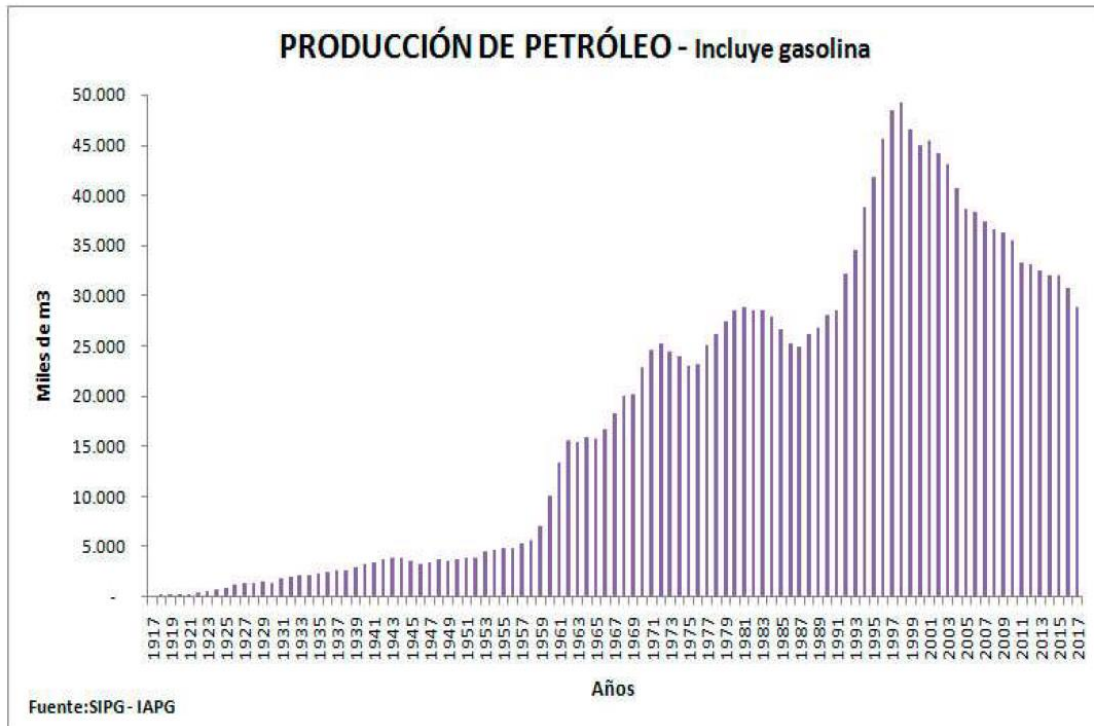
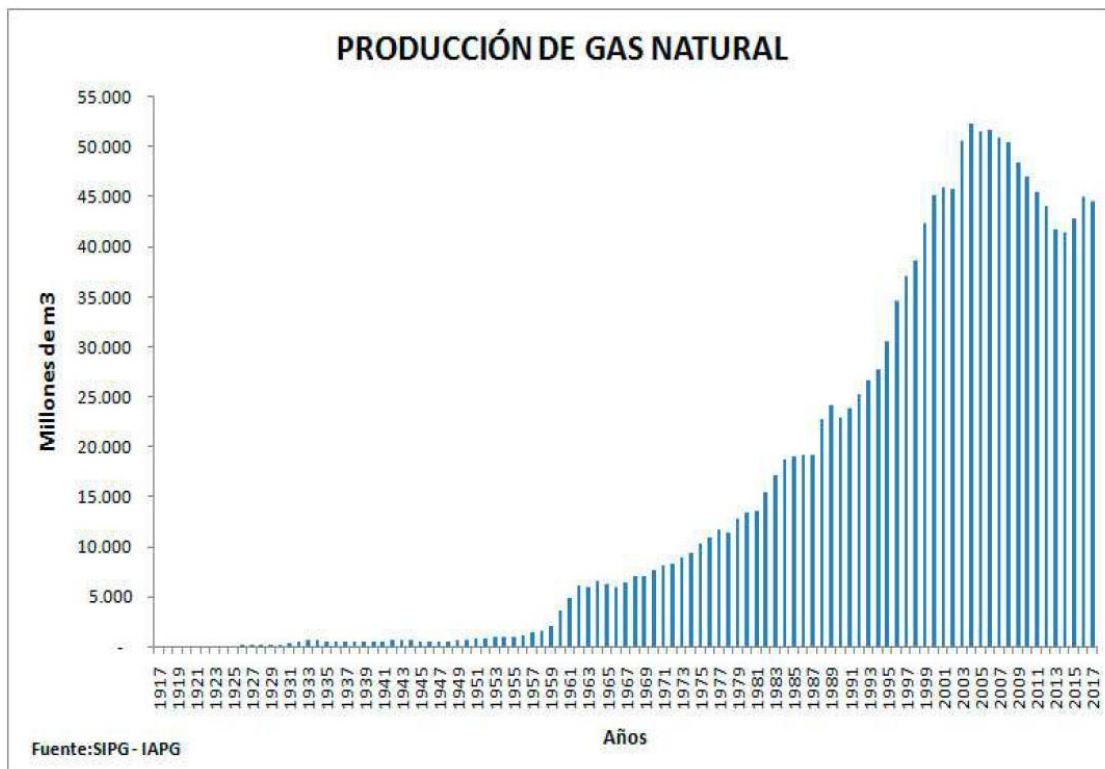


Figura 55: Producción nacional de gas



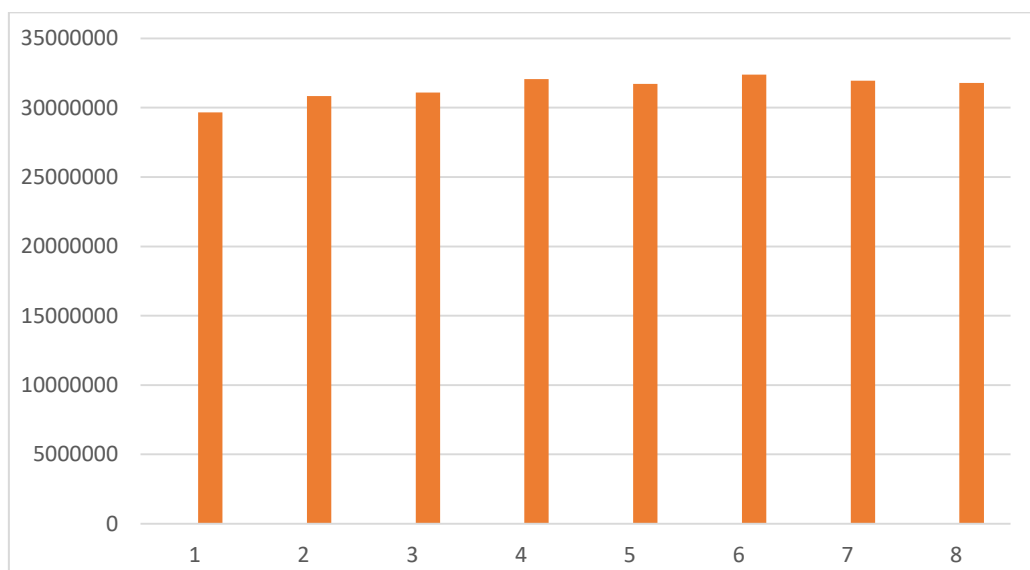
La información de la producción se complementa con la de la importación y exportación que muestra la Tabla 22 y las de procesamiento y consumo de la Tabla 23.

Tabla 25: Importación y exportación de hidrocarburos

Importación y Exportación de Petróleo y Gas Natural								
AÑOS	Importación		Exportación		AÑOS	Importación de Gas Natural		
	Petróleo m3	Gas Mm3	Petróleo m3	Gas Mm3		Bolivia	GNL	Totales
2007	45.437	1.756.949	4.046.136	2.662.269	2007	1.756.949	-	1.756.949
2008	6.536	1.448.530	3.289.286	1.010.304	2008	959.881	488.649	1.448.530
2009	-	2.672.526	6.608.447	884.383	2009	1.767.557	904.969	2.672.526
2010	-	3.612.263	5.326.257	465.690	2010	1.845.372	1.766.891	3.612.263
2011	-	6.909.785	3.408.090	200.176	2011	2.828.580	4.081.205	6.909.785
2012	247.866	9.506.127	3.456.855	106.887	2012	4.855.377	4.650.750	9.506.127
2013	421.240	11.809.593	2.283.526	87.337	2013	5.965.059	5.844.534	11.809.593
2014	548.011	11.899.989	2.326.449	63.328	2014	6.033.954	5.866.035	11.899.989
2015	292.365	11.388.077	1.737.250	88.642	2015	5.977.531	5.410.546	11.388.077
2016	920.475	10.937.826	2.353.377	60.745	2016	5.764.198	5.173.628	10.937.826
2017	1.195.296	11.088.570	1.636.198	13.024	2017	6.617.551	4.471.019	11.088.570

Fuente: SIPG - Instituto Argentino del Petróleo y del Gas

Tabla 26: Ventas totales de todos los productos procesados de hidrocarburos



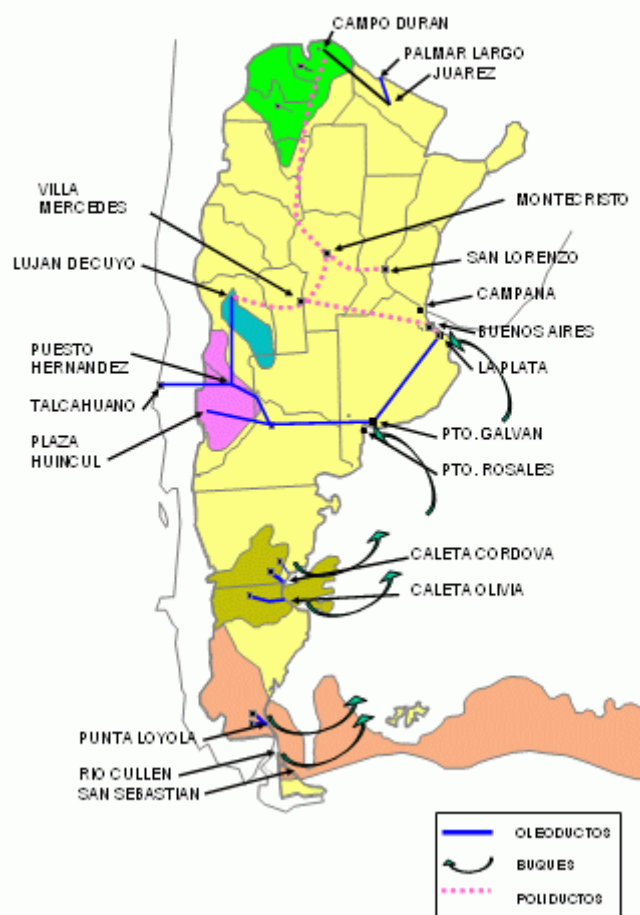
Por otro lado, el ciclo recesivo de la economía explica en parte el amesetamiento que muestra la figura anterior. Este se ve confirmado cuando se observan los movimientos de combustible en la terminales del Chaco, más abajo.

13.1.3 Sistema de transporte de combustibles

Desde el interior de las provincias patagónicas Tierra del Fuego, Santa Cruz, y Chubut, el transporte del crudo se realiza por ductos hasta las terminales. Desde allí se transporta por buques a las refinerías. En cambio, el crudo del resto de las provincias se transporta por ductos directamente hasta las refinerías. El combustible ya procesado, por otro lado, se distribuye parcialmente a través de buques, barcazas y camiones desde las refinerías – los combustibles líquidos constituyen los graneles líquidos más voluminosos que se transportan por agua en Argentina. Existen saldos exportables de productos que también salen por los puertos de las empresas. Y también insumos, principalmente químicos, que son importados y exportados por sus muelles¹⁴. La Figura 54 muestra el esquema nacional de transporte de combustibles.

Figura 56: Esquema nacional de transporte de crudo y derivados del petróleo

TRANSPORTE DE PETROLEO CRUDO Y PRODUCTOS DERIVADOS



¹⁴ J.E. Abramian en "Brecha de la Infraestructura Portuaria", Cámara de la Construcción, 2015, Buenos Aires

13.1.4 Terminales portuarias de combustible en la Mesopotamia

El diseño del sistema de puertos que atienden a estas cargas es relativamente complejo y responde a la propia estructura de producción de crudo y refinación del país. El desarrollo de las terminales de combustible fue realizado siguiendo pautas estratégicas de economía del transporte: puertos de ultramar y ductos para llevar crudos a las refinerías, buques fluviales de ultramar para transportar el combustible río arriba hasta estaciones de transferencia, y desde las estaciones de transferencia, barcazas para llevar los combustibles hasta plantas de distribución en el norte.

Así, sobre el río hay diversas terminales utilizadas para la recepción de hidrocarburos. Estas terminales se ubican principalmente sobre el Paraná, donde las instalaciones cuentan con tanques de almacenamiento para la recepción de buques y funcionan como estaciones de distribución para la región. En varias de estas instalaciones se realizan operaciones de cortes y mezclas de distintas calidades de combustibles. Finalmente cabe señalar que existen empresas comercializadoras y destilerías que procesan combustibles y que estratégicamente se ubican sobre márgenes costeras para recibir sus insumos y exportar sus productos.

En el área de influencia del Nuevo Puerto de la Ciudad de Corrientes, en Chaco, se pueden ubicar dos terminales de combustibles, la de Raizen (ex Shell) y la de YPF. Ambas terminales se encuentran sobre el Riacho Barranqueras con muchas limitaciones y dificultades operativas. Es interesante destacar que en el pasado también se ubicaba una tercera terminal en Barranqueras perteneciente a Esso y otra planta de YPF en Formosa (que en realidad trabajaba con productos provenientes de la refinería de Campo Durán, Refinor, ex YPF). Las dificultades operativas se relacionan principalmente con el Riacho Barranqueras que históricamente exhibe falta de profundidad y tendencia a la colmatación y anchos reducidos. Debido a estas razones, la operación de las terminales se limita a la operación con una sola barcaza por vez: el convoy de barcazas es fondeado en el Paraná y los remolcadores llevan a la terminal una sola barcaza a descargar, espera hasta que finaliza, y vuelve con la barcaza vacía a buscar otra hasta completar el número del convoy.

La terminal de YPF en Barranqueras consiste en una plataforma de amarre, dos dolfinos de atraque, dos torres de amarre, y un viaducto, todos de hormigón armado. La terminal se encuentra a aproximadamente 1,3 km de la planta de almacenamiento y despacho de combustibles, alejada del río. La terminal portuaria cuenta con una pluma y elementos de izaje para la manipulación de las cañerías y un sistema de lucha contra incendio que incluye espuma o agua y comandos remotos. La planta cuenta con tres tanques de 32 m de diámetro,



cinco de 23 m, siete de 14 m, y cinco de 10 m. Pero no todos estos tanques se encuentran operativos. Se estima una capacidad estática de 40.000 m³.

La terminal de Raizen, ex Shell, está destinada al almacenaje y mezcla de combustibles, carga y descarga. El puerto está conformado por un muelle de hormigón con plataforma de amarre, dos dolfinos de amarre, y viaducto (contigua a esta terminal se ubica el antiguo muelle antiguamente compartido con Esso, y hoy en desuso - las instalaciones de Esso fueron desmontadas). Las estructuras son transparentes de hormigón armado. Las embarcaciones se apoyan sobre los dolfinos y pontones flotantes vinculados a tierra para la transmisión de las cargas. La terminal se completa con 9 tanques de almacenaje cilíndricos con capacidad de 16.000 m³, galpones y playa de estacionamiento de camiones.

13.1.5 Captación del Nuevo Puerto de la Ciudad de Corrientes

La terminal de YPF movió 695.000 m³ en 2017 contra 715.000 m³ en 2014, y la de Shell 111.500 m³ en 2017 contra 74.000 m³. Salvo las diferencias en la participación en el mercado, los totales del 2017 y 2014 son muy semejantes: 806.000 m³ contra 789.000 m³.

Es interesante comparar estos valores con las ventas de productos procesados del hidrocarburo a Chaco, Corrientes, Misiones y Formosa, que se pueden asumir que son las que quedarían bajo el área de influencia de las terminales portuarias (el resto se proveería por tren o camión). La Tabla 24 muestra los totales por Provincia y los que fueron provistos por el conjunto de YPF y Shell.

Tabla 27: Ventas de hidrocarburos procesados por provincia. Totales y provistos por Shell e YPF (Elaboración propia con datos de la Secretaría de Energía, datos del 2017).

Provincia	Ventas totales de hidrocarburos procesados	Ventas de Shell e YPF
Chaco	533.700	410.884
Corrientes	451.320	304.600
Formosa	154.380	103.000
Misiones	553.000	452.000
TOTAL	1692.4	1270.484

De aquí se puede deducir que la participación de Shell e YPF sobre el total de ventas es del 75%. También se puede extraer que el máximo potencial de captación de una terminal de combustibles en el norte podría ser la suma de todas las ventas a esas provincias: 1.692.000 t. Obviamente, ésta es una



hipótesis irreal muy optimista. En realidad, hay zonas de estas provincias que son abastecidas por camión desde otras plantas. Por ejemplo, Axxion tiene una participación del mercado de Formosa, Chaco y Corrientes desde su refinería en Campana; Oil Combustibles llega a Misiones, Chaco y Corrientes desde San Lorenzo. Y las mismas Shell e YPF, con terminales en la región, sólo abastecen desde sus terminales fluviales una fracción del total.

En efecto, como se indicó más arriba, las dos terminales en conjunto movieron 806.000 t en el 2017 y el máximo fue en 2015 con 885.000 t. Es decir que el mercado posible de abastecer desde la vía fluvial estaría bastante acotado, aunque representa un porcentaje muy elevado del total consumido por el total de las provincias de Chaco y Corrientes: 82%.

Sin lugar a dudas, la creación de una nueva terminal de combustible eficiente, sin los problemas operativos del Riacho Barranqueras, bajaría los costos de flete. Entonces, teóricamente, se podría captar parte de la demanda que se derivaría del medio terrestre, particularmente de los flujos hacia Misiones y el sudeste de Corrientes.

Sin embargo, el mercado de combustibles es muy particular y este ahorro de costos podría ser poco incentivador para las empresas. YPF y Shell son, como se demostró, los grandes jugadores en la región que tienen inversiones importantes en Vilelas-Barranqueras y un mercado cautivo. Dificilmente consideren una mudanza de sus operaciones hacia un nuevo puerto en Corrientes ya que las plantas de tanques, con sus instalaciones y equipamiento, son muy difíciles y costosas de trasladar. Por lo tanto, se puede presuponer que estarían reacias a trasladarse a la nueva ubicación aun cuando los costos operativos actuales sean altos. Sólo si tuvieran importantes ventajas podrían inclinarse hacia una decisión de este tipo.

No obstante, podría haber otros interesados que quisieran competir por una porción del mercado. Axxion, con la expansión de su refinería podría interesarse en la captación de una fracción del mercado correntino donde ya tiene alguna presencia. Hay otros grupos que operan combustibles líquidos y que han realizado inversiones en la parte baja del Paraná que podrían ser tentados a operar en Corrientes. Para estas empresas el mercado potencial de la Provincia podría ser interesante. Inclusive, ya anunciaron su próxima presencia nuevos actores como Gulf, DAPSA, y Puma.

La demanda actual de combustibles de Corrientes alcanza en la actualidad los 300.000 m³. Con un crecimiento vegetativo equivalente al del PBI de largo plazo, en 25 años esta cifra podría aumentar a 637.000 m³/año (el crecimiento poblacional entre los últimos dos censos fue del 6,6% por lo que adoptar ese crecimiento resultaría en una hipótesis poco conservadora).



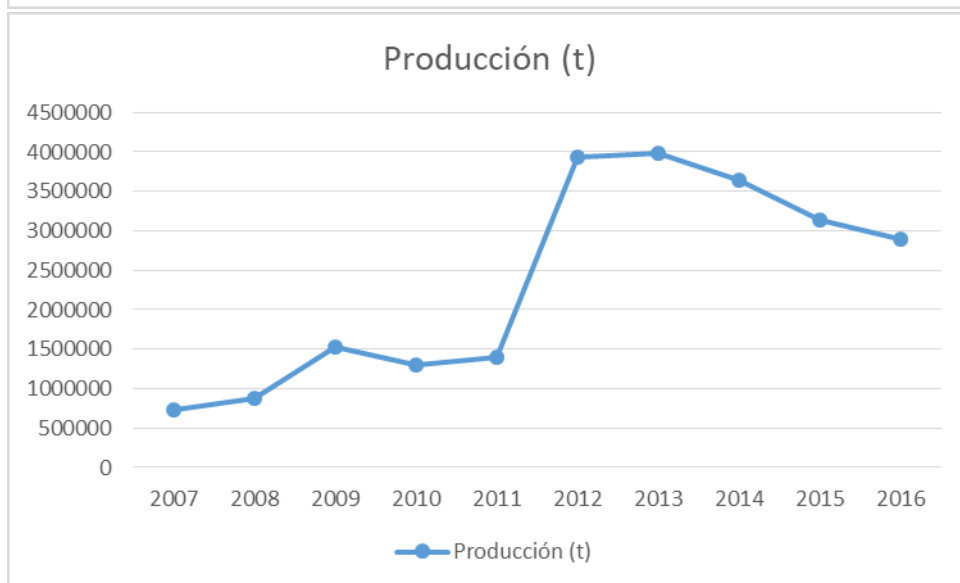
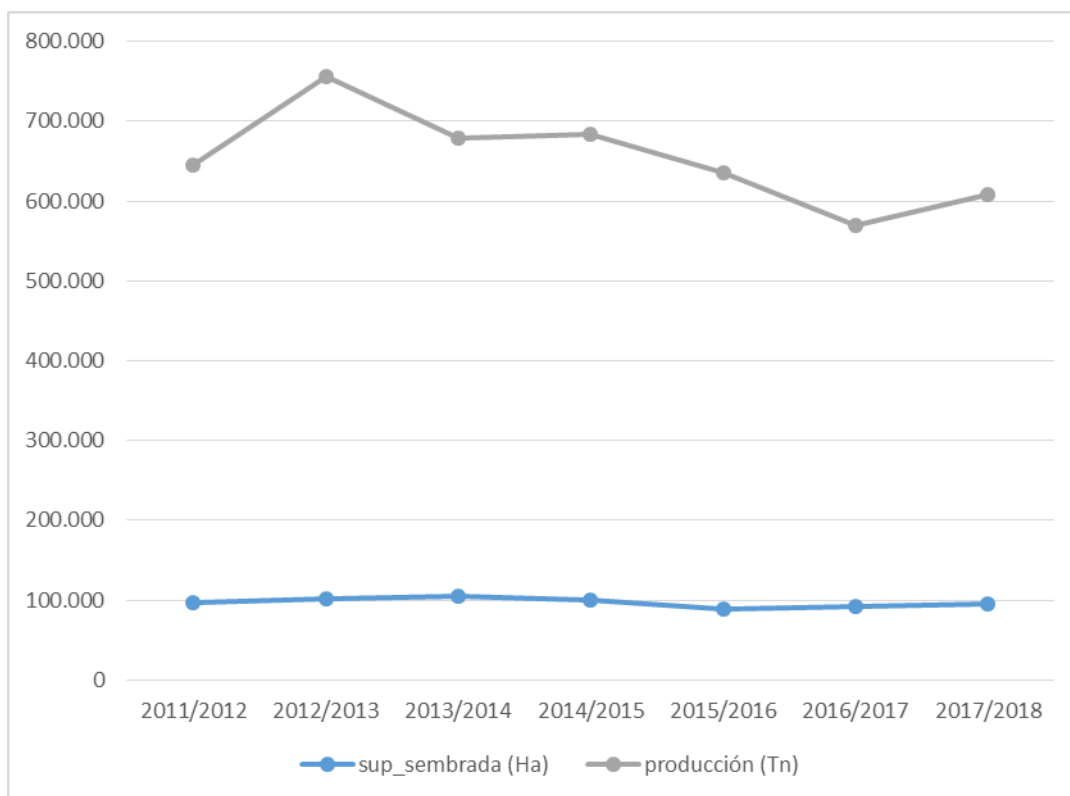
Ahora bien, con la presencia de las terminales en Barranqueras, sólo se podría captar una fracción del mercado correntino. Por ejemplo, podría ser razonable captar el combustible que requiere la industria forestal y la arrocería, grandes consumidoras de gasoil. Para el anteproyecto del Puerto de Lavalle el Ministerio de la Producción de la Provincia había realizado una estimación de la demanda de gasoil a partir de las superficies proyectadas de cultivo de arroz y de forestaciones.

En el caso del cultivo de arroz se estimaba que las superficies cultivadas en la provincia crecerían a 200.000 ha en ocho años. Si bien esta superficie todavía está lejana (ver Figura 55), se puede considerar probable y conservador que sea alcanzada en un horizonte de 25 años, como el adoptado para el Nuevo Puerto de Corrientes en el anteproyecto. De acuerdo a dicho informe, el Puerto de Lavalle podía captar alrededor del 50% del total de la producción, lo que representaba un consumo de 10.000 m³/año de gasoil. Es decir que el total provincial podría alcanzar 20.000 m³ que podrían ser captados por el Nuevo Puerto de Corrientes (el Puerto de Lavalle no manipularía combustibles líquidos). En el caso de la industria forestal, el Ministerio de la Producción había estimado un consumo de gasoil de 20.000 m³/año para una producción estimada para el año 2020 que saldría por el Puerto de Lavalle. Contrariamente a lo esperado, la Figura 55 muestra que en los últimos años la producción forestal de la Provincia decayó. En consecuencia, y para adoptar cifras conservadoras, se asume que las expectativas que se tenían para el año 2020 se trasladan hacia el final del horizonte del proyecto. Nuevamente, teniendo en cuenta que la terminal de combustibles del Nuevo Puerto de la Ciudad de Corrientes sería la única terminal especializada de la Provincia y que la demanda de combustibles del área forestal del Puerto de Lavalle equivale sólo al 30% del área forestal total de la Provincia, en un lapso de ocho años, el puerto podría captar alrededor de 60.000 m³/año de combustible.

Consolidando las informaciones, el potencial de consumo de combustible de la provincia estimado a 25 años, considerando sólo el sector forestal y el arrocería, podría alcanzar los 80.000 m³. Por supuesto, no toda esta demanda sería atendida exclusivamente por el nuevo puerto, pero seguramente el mismo podría captar una fracción de la parte no atendida por las terminales del Chaco (885.000) en las cuatro provincias del área de influencia considerada. De esta manera se podría compensar con creces la diferencia. En definitiva, como hipótesis conservadora, se podría redondear que la nueva terminal podría eventualmente captar hasta 110.000 t/año.



Figura 57: Producción y áreas sembradas de arroz



13.1.6 Conclusiones

En coincidencia con los análisis realizados se considera razonable adoptar para la terminal una capacidad potencial de 110.000 t/año de combustible liviano. Esta capacidad concuerda con los volúmenes que mueve Shell en sus instalaciones de Vilelas.

Como se mencionó más arriba, para estimar la demanda potencial se han adoptado varias hipótesis conservadoras. Quizás la más conservadora de todas sea considerar que las terminales de Barranqueras no quieran trasladar sus operaciones a un nuevo sitio mejor preparado para las operaciones fluviales que permitan aprovechar economías de escala. En una hipótesis optimista de máxima, Shell e YPF podría trasladar a Corrientes sus instalaciones, con lo cual el volumen potencial de la nueva terminal podría considerarse como la suma de los movimientos actuales de ambas terminales: alrededor de 900.000 t/año.

Con independencia del interés de los operadores de Barranqueras, es posible encontrar en el país compañías importantes con experiencia en el manejo de terminales de combustibles. La capacidad final de la terminal dependerá del interés y los planes de negocios que los interesados puedan tener y de la flexibilidad que demuestre el gobierno provincial para sortear los obstáculos que impone el proyecto.

En las próximas secciones se desarrollará un proyecto conceptual con datos básicos que servirán de base para presentar la idea e iniciar conversaciones con operadores potencialmente interesados.

13.2 PARÁMETROS DE DISEÑO

Para realizar el proyecto conceptual de la terminal habrá que determinar la capacidad de muelles, de almacenaje, y de despacho, la forma de manipulación de los combustibles y las instalaciones auxiliares necesarias.

13.2.1 Buques de diseño

En el río se utilizan distintas embarcaciones tanque para el transporte de combustibles. Si bien en la actualidad no se encuentran buques autopropulsados los mismos podrían ser buenas alternativas en el futuro. En cambio, son frecuentes las barcazas tanqueras. Hay distintas medidas de estas barcazas. YPF utiliza actualmente barcazas de 95 m y eventualmente de 60 m; y Shell con barcazas de 90 m. Condicionadas por el Riacho Barranqueras, estas empresas operan con convoys de hasta cuatro barcazas que deben desdoblar dejando algunas fondeadas en el río. En una localización más favorable podrían trabajar con convoys de varias barcazas.

Las características de estos buques son las siguientes:

Remolcador

L = 29.44 m

M = 7.8 m

Puntal = 3.5 m



Calado máx = 2.7 m
Desplazamiento = 442 t

Barcazas

L=95 m
M=18.5 m
Puntal = 4 m
Calado máx = 3.38 m
Desplazamiento = 5100 t

L=90.5 m
M=18.02 m
Puntal = 4.68 m
Calado máx = 3.10 m
Desplazamiento = 5422 t

La Figura 56 muestra la imagen de la barcaza tipo.

Figura 58: Barcaza tanque tipo



13.2.2 Niveles de coronamiento y de pie de muelle

En la Sección 5.4 se estudiaron los niveles históricos del río, se realizó el análisis de extremos, y se establecieron las diferencias de niveles con Corrientes por la pendiente hidráulica. Con esta información se estableció la cota de coronamiento del muelle en +7,5 respecto del cero de Corrientes. Esa misma cota es aplicable al muelle de combustibles.

En la misma sección citada también fue establecida la cota de fondo. Ésta ya no sólo depende de los niveles del río y los márgenes de seguridad, sino también del calado de las embarcaciones. En el caso del muelle de contenedores el



calado de diseño adoptado fue de 4,0 m. En el caso del muelle de combustibles, los calados de las barcasas son 60 centímetros menores. Pero se decide adoptar la misma cota de fondo que en el de contenedores, -4,50 por dos razones. La primera es que es habiendo profundidades disponibles sería posible realizar operaciones más económicas con buques de mayor calado. La segunda es que la operación con combustible exige tomar revanchas mayores.

13.2.3 Capacidad de muelle y manipulación

El combustible tiene cierta estacionalidad pero no demasiado marcada. Por ejemplo, en las épocas de cosecha la demanda puede ser un poco mayor. Pero hay una demanda base muy alta. De esta manera se puede suponer que el volumen esperable por año pueda ser distribuido a lo largo de 52 semanas con cierta uniformidad. De esta manera, para el diseño se puede adoptar un volumen semanal pico que sea un 10% mayor al valor promedio.

Considerando el volumen anual de 110.000 t, el volumen semanal de diseño resulta 2.115 t. La capacidad de una sola barcaza es de aproximadamente 4.000 t, por lo que esta sólo sería necesario un servicio mensual de un convoy de dos barcasas. A su vez, esto implica que bastaría con un sólo puesto de atraque que tendría una utilización baja.

En el caso de máxima, moviéndose 900.000 t/año, sería suficiente un servicio semanal de un convoy de cinco barcasas. En este el tiempo de permanencia en muelle sería de 60 horas. Este cálculo tiene en cuenta una capacidad de bombeo de 500 t/h y tiempos de amarre, desamarre, reacomodamiento de mangueras y barcasas. La utilización del muelle sería del 35%.

Debe tenerse en cuenta que la capacidad de bombeo está influenciada por decisiones de diseño y comerciales. Las terminales chaqueñas actuales utilizan las bombas de las embarcaciones que varían alrededor de 250 a 300 m³/h. Pero esos rendimientos son muy bajos para una terminal moderna. Las alternativas son: a) que las naves sean equipadas con más bombas que puedan actuar simultáneamente, b) con bombas de mayor potencia, o c) que los muelles estén equipados con bombas potentes independientemente de las embarcaciones. Evidentemente, esta última solución sería la más aconsejable. De todos modos, cualquiera fuera la solución, para que la nueva terminal sea competitiva y se adapte a estándares más modernos, se debería aumentar la capacidad de bombeo a un mínimo de 500 t/h o, preferentemente a 1000 t/h. Para los cálculos se adoptó un rendimiento de 500 t/h.



13.2.4 Capacidad de tanques

Cuando llega una embarcación debe descargar en el menor tiempo posible y debe haber suficiente capacidad de almacenaje para no tener que esperar por capacidad. A su vez, también debe considerarse que si bien de manera teórica semanalmente se consume lo descargado por la embarcación, puede haber retrasos en el despacho y variaciones de la demanda que actúen contra el despacho de los productos. Adicionalmente se debe considerar que siempre habrá que mantener una reserva mínima de combustible en los tanques para el caso de que se retrasen las operaciones fluviales. Y finalmente se debe tener en cuenta que se deben tener depósitos para diferentes productos.

De esta manera se establece la capacidad considerando:

1. La capacidad del convoy
2. Un retraso del despacho a mercado del 20%
3. Una reserva mínima del 20%
4. Cuatro productos diferentes (en Chaco y Corrientes se consumen principalmente gasoil grado 2 y 3 y naftas grado 2 y 3 – los grados 3 en un 25% respecto del total).
5. Que hay que prever que los tanques pierden capacidad por acumulación de barros hasta que son limpiados. Esa pérdida puede equivaler a un 5% de su capacidad.

En definitiva, para la hipótesis de mínima, sería necesario contar con dos tanques de 25 m de diámetro y 10 m de altura y dos tanques de 15 m de diámetro y 10 m de altura.

En el caso de la hipótesis optimista, con la rotación prevista, serían necesarios cuatro tanques de 25 m de diámetro y 10 m de altura, cuatro tanques de 15 m de diámetro y 10 m de altura y dos tanques de 10 m de diámetro y 8 m de altura.

En ambos casos se adoptan tres tanques adicionales de 10 m de diámetro y 8 m de altura que pueden ser utilizados para productos especiales, mezclas, o de auxiliares cuando sea necesario limpiar tanques.

Cada tanque debe ser provisto de una batea de contención antiderrame que, por norma, debe tener una capacidad de 1,1 veces la capacidad del tanque.

13.2.5 Capacidad de despacho

Como la distribución del combustible se realiza por camión se debe tener un centro de despachos con surtidores. La cantidad semanal pico de camiones a surtir que se estima para el caso básico es de 80 camiones de alrededor de 25 m³ cada uno. Disponiendo sólo seis horas de despachos diarios y un tiempo



por carga de 18 minutos (considerando incluso tiempos muertos, frenada, arranque y comienzo de llenado), sólo haría falta un surtidor. De manera estándar se adopta un mínimo de dos para el caso de puesta fuera de servicio de uno de ellos.

En el caso de máxima, el mismo procedimiento arroja una necesidad de seis surtidores.

13.2.6 Instalaciones auxiliares

Además de las instalaciones mencionadas, una terminal de combustible requiere de un sistema de *pipiing* para:

- Conducir el combustible desde el puesto de atraque a los tanques
- Cambiar el combustible entre tanques
- Transportar el combustible desde los tanques hasta el despacho

Este sistema está compuesto por conductos, válvulas de diversos tipos, caudalímetros y sensores, y bombas de impulsión. Los conductos son montados sobre soportes. Como se diseña básicamente para manejar cuatro productos y el muelle está cerca de los tanques, en principio se disponen de cuatro cañerías maestras de 10" a partir de las cuales se realizarán derivaciones a cada tanque.

Adicionalmente se requiere:

- Un sistema de lucha contra incendio que incluye un sistema de agua con monitores, lanzas, y mangueras, y un sistema de espuma con monitores.
- Un sistema de iluminación y de provisión de energía a bombas, electroválvulas, y edificios.
- Un sistema de provisión de agua dulce (por pozo) – la provisión de agua potable se realizará con botellones.
- Un camino de acceso y circulación de servicio
- Edificios: un edificio administrativo, taller, comedor y sala de estar, vestuario y baños (con su cámara séptica), una sala de control en la planta y una sala de control en el muelle, una oficina para PNA, una oficina para Aduana.

A los efectos del proyecto conceptual, todos estos sistemas serán previstos como rubros de obra en el presupuesto para la determinación del orden de magnitud de inversión, y serán prediseñados esquemáticamente en el *layout* de la terminal.



13.3 PROYECTO CONCEPTUAL Y LAYOUT

A partir de los parámetros de diseño definidos se procedió a desarrollar un layout anclado en el frente de atraque asignado sobre la costa y la topografía del sitio. Como se indicó anteriormente, los graneles líquidos se mueven a través de cañerías de impulsión, lo que permite tener una gran flexibilidad tanto para el diseño del muelle como para las instalaciones terrestres.

De este modo se puede diseñar un muelle liviano, transparente, basado en dolfinos de atraque y amarre, bolardos en tierra, y pasarelas de conexión. El frente de atraque puede estar separado de tierra ya que sólo se necesita un puente para sostener la cañería y un eventual paso de personas y de equipos livianos.

En tierra también se puede tener flexibilidad. Dado que la conexión entre tanques es a través de cañerías y el terreno es quebrado, los tanques de combustibles se pueden ubicar en zonas más elevadas y planas. En esa zona alta también se ubicaría el ingreso y carga de camiones (área de despacho). Las oficinas y talleres pueden ubicarse según conveniencia. De esta manera se eligió, para esta terminal, el extremo norte de la franja costera del predio adquirido por la Provincia que muestra una barranca importante y una meseta elevada a alrededor de 20 m del nivel del agua.

En base a estas condiciones, el plano CT1809-CO-TC-01 muestra el detalle de la planta diseñada.

También se diseñó un layout conceptual del muelle para lo cual se tuvieron en cuenta los puntos de apoyo necesarios de los buques de diseño, tanto para el atraque como para el amarre. Las figuras 57 y 58 muestran las posiciones de barcasas amarradas y un buque autopropulsado.

A partir del análisis de los esquemas de amarres se diseñó un muelle con cuatro dolfinos de atraque y amarre y dos bolardos en tierra. La separación de las distintas estructuras se definió a partir de la ubicación de óptima de amarras para que los buques tengan su movilidad restringida durante el amarre. Además, de estas estructuras, en la parte central se ubicó una plataforma de operaciones separada del frente de atraque para evitar que los buques se apoyen en ella. En esta plataforma se aloja el manifold de conexión de los manguerotes de las barcasas tanque y la línea de distribución de combustibles. También se ubica una casa de bombas desde donde se alimenta el sistema de lucha contra incendio, una pequeña hidrogrúa para la manipulación de manguerotes, elementos de seguridad (rosca salvavidas, lavajos y ducha, monitores contra incendio, y escalera), y una columna de iluminación.



Figura 59: Esquema de amarre de buques de diseño 1

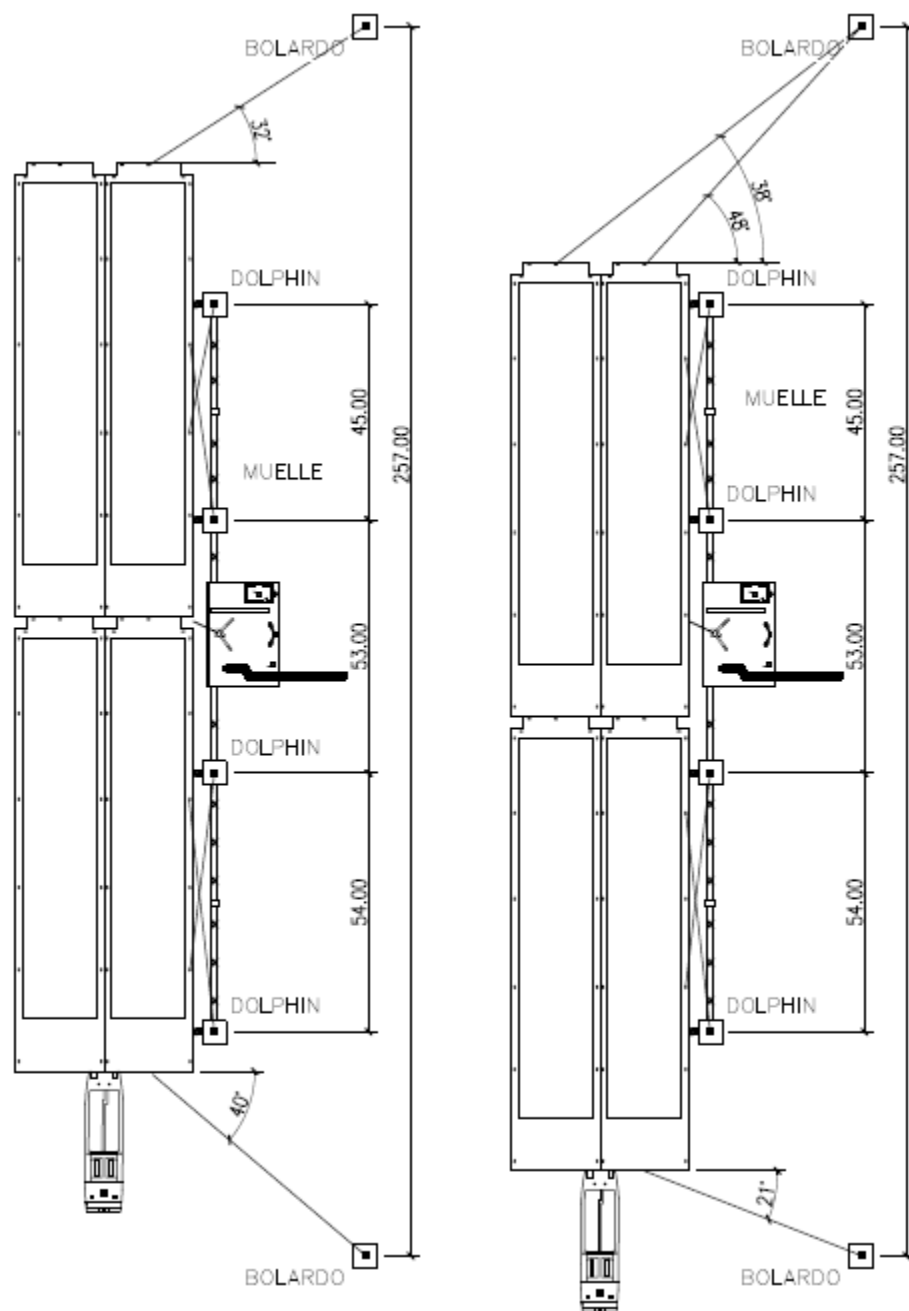
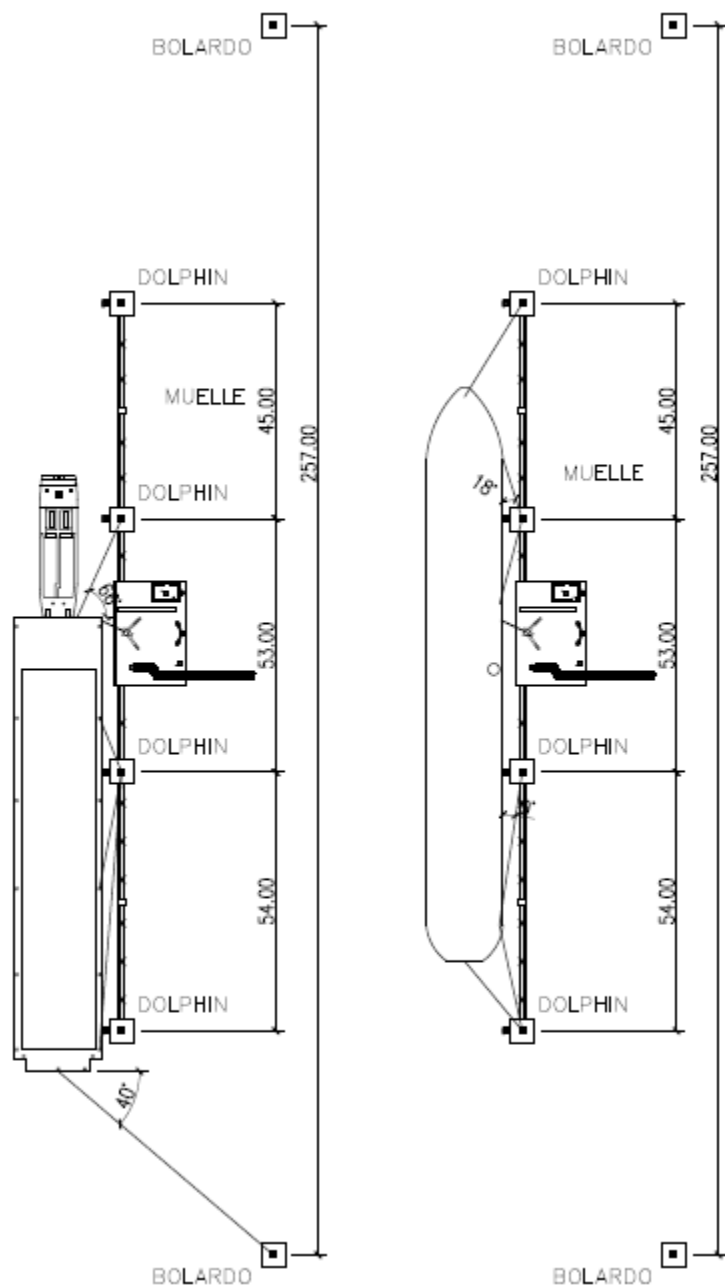


Figura 60: Esquema de amarre de buques de diseño 2



La plataforma y los dolphines de atraque se conectan a través de pasarelas metálicas. Los bolardos son accedidos desde tierra. Además, la plataforma se conecta a tierra a través de una pasarela que también actúa como viga portacañerías. En principio, por la distancia a tierra, este puente se lo considera en dos tramos con un apoyo intermedio. En tierra se ubican las instalaciones complementarias del muelle (oficinas, pañoles, tanques espumígenos, etc.). Los planos CT1809-CO-TC-02 y 03 muestran plantas y vistas de las estructuras del muelle.

Por otro lado, las instalaciones terrestres de la terminal incluyen, de acuerdo al análisis de demanda realizado:

- Una batería de cuatro tanques de 25 m de diámetro
- Una batería de cuatro tanques de 15 m de diámetro
- Una batería de cinco tanques de 10 m de diámetro
- Oleoductos
- Sistema de lucha contra incendio (espumígeno y agua)
- Una estación de carga de camiones con siete surtidores
- Estación de control de ingresos y egresos
- Reserva de espacios para tanques
- Instalaciones auxiliares mencionadas en 12.2.6 (bombas de impulsión, iluminación, calles internas, provisión de agua potable, instalación sanitaria, distribución de electricidad, edificio administrativo y taller)

Los tanques son instalados en recintos antiderrames. Para el caso de los tanques de 25 y 15 m de diámetros estos recintos son individuales con una capacidad 10% mayor al de la capacidad de los mismos, de acuerdo a norma. En el caso de los tanques de 10 m de diámetro se prevé un recinto único con una capacidad igual al de uno de los tanques más el 50% de la capacidad de los restantes. Siempre se deja, como mínimo, una separación libre entre paredes igual al diámetro del mayor de los tanques. Las características son:

Diámetro (m)	25	15	10
Altura (m)	10	10	8
Volumen (m3)	4908	1767	628
Altura del recinto (m)	1,8	1,8	1,8
Lado mín. (asumiendo recinto cuadrado) (m)	63	28	33

En todos los casos los recintos fueron diseñados como diques de tierra con un ancho de coronamiento de un metro y una altura de 1.8 m (30 cm de revancha).

Los planos CT1809-CO-TC-04 y 05 muestran plantas y vistas de las instalaciones terrestres a nivel conceptual.

13.4 CÓMPUTO Y PRESUPUESTO

De acuerdo al desarrollo conceptual de esta terminal, a continuación se presenta un cómputo y presupuesto estimativo por grandes rubros de obra. Para el cómputo se adoptaron precios unitarios de obras análogas, o análisis de costos unitarios de rubros.



Los valores adoptados son de venta, exceptuando IVA. Es decir, tienen en cuenta los costos de materiales, mano de obra, equipamiento y también los gastos generales de obra, los gastos administrativos, bancarios, e impositivos y los beneficios empresarios.

Los métodos constructivos consideran la necesidad de cierto apoyo de equipos flotantes, aunque sólo parcialmente para una parte de la obra (pilotaje y montaje de obras portuarias).

La inversión en infraestructura total resulta aproximadamente U\$S 21.800.000, como se indica en el siguiente desglose de Tabla 25, a lo que debería sumarse el IVA.

Debe notarse que se incluye imprevistos; ingeniería y supervisión y un rubro de movilización, que tiene en cuenta el traslado de los equipos flotantes y terrestres así también como las instalaciones temporales para la obra y la limpieza del terreno.

13.5 RECOMENDACIONES

El proyecto de la terminal de combustibles tiene asidero en las desventajas y problemas operativos de las terminales existentes en Barranqueras. Construido con los estándares modernos, esta terminal podría reemplazar a las existentes u, operada por otras empresas, podría competir para obtener una fracción del mercado del noreste.

El proyecto presentado es el de máxima considerando la hipótesis optimista. Evidentemente, se recomienda realizar una primera etapa que contemple sólo una primera parte de la inversión: el muelle, camino interno, la mitad de las superficies de edificios, las instalaciones sanitarias y de provisión de agua, la planta de despacho sólo equipada con dos o tres surtidores, y la mitad de los tanques.

Las terminales de combustibles son operadas por empresas altamente especializadas que conocen bien el mercado. Y esa condición es fundamental para tener éxito.

Las buenas condiciones de navegación, los espacios terrestres disponibles, y la voluntad del gobierno provincial son alicientes para cualquier empresa que tenga productos para comercializar. Estos alicientes deberían vencer la reticencia a realizar nuevas inversiones en un lugar diferente al que conservan históricamente, mudándose de sus instalaciones ya amortizadas.

Previo a la continuación del proyecto sería oportuno realizar una serie de rondas con inversores potenciales para aclarar el interés de su parte, los aportes que la Provincia podría realizar para viabilizar el proyecto, y entender las incertidumbres y posiciones de los empresarios.



Tabla 28: Cómputo y presupuesto de la terminal de combustibles

ITEM	DESIGNACION	Unidad	Cantidad/Unidad	U\$/U	SUBTOTAL	Subtotal item
1	INGENIERÍA Y SUPERVISIÓN	GI			800.000,00	800.000
2	MOVILIZACIÓN Y OBRADORES, PERMISOS	GI			1.800.000,00	1.800.000
3	MUELLE					3.826.852
	Dolfin	Unidad	4,00	404.362,93	1.617.451,71	
	c/u c/4 Pilotes ϕ 80 perforados de H°A° con camisa perdida, macizo, guardacantos y bolardos, sistema de defensa					
	Bolardos	Unidad	2,00	95.389,13	267.089,56	
	Excavación, macizo, guardacantos y bolardos					
	Plataforma	Unidad	1,00	485.905,28	485.905,28	
	22 x 15m de hormigón, sobre 12 pilotes ϕ 60. Entramado de vigas					
	Apoyos de pasarelas	Unidad	4,00	54.726,37	218.905,47	
	Cabezal de hormigón y 2 pilotes de ϕ 60					
	Pasarelas	m	165,00	7.500,00	1.237.500,00	
	Metálicas reticuladas					
4	CAMINO DE SERVICIO Y ESTACIONAMIENTOS					600.847,25
	De ripio, con terraplén de suelo estabilizado, 5 m de ancho, taludes 1:2, cunetas	km	1,20	262.955,43	315.546,52	
	Pavimentos	m2	11.000,00	25,94	285.300,73	
5	PROTECCIÓN COSTERA					1.176.000,00
	Mantas flexibles esp.	m2	4.000,00	294,00	1.176.000,00	
6	SISTEMA CONTRA INCENDIO					199.905,11
	2 Bombas de río, cañerías de 150mm, 4 monitores, sistema de espuma, gabinetes con manguera completos	GI	1,00	199.905,11	199.905,11	
7	INSTALACIÓN CLOACAL (Colectora, cámara séptica)	GI	2,00	10.872,42	21.744,83	21.744,83
8	ENERGÍA E ILUMINACIÓN					399.638,41
	Extensión punta de cable, 1000 m. Tendidos internos 220/380	GI	1,00	253.309,03	253.309,03	
	Iluminación, 20 postes con luminarias, 2 torres con 4 reflectores c/u	GI	1,00	146.329,37	146.329,37	
9	EDIFICIOS					2.539.500,00
	Garita de entrada	m2	3,00	500,00	1.500,00	
	Oficinas	m2	1.400,00	800,00	1.120.000,00	
	Taller	m2	1.400,00	500,00	700.000,00	
	Planta de despacho	m2	700,00	1.000,00	700.000,00	
	Pañol de herramientas	m2	36,00	500,00	18.000,00	
10	TENDIDO DUCTO					1.092.000,00
	2 Tubería de 12" acero sin costura, aéreo, soldado, con accesorios, y estación de impulsión	m	2.800,00	390,00	1.092.000,00	
11	TANQUES ϕ 25 m					4.248.796,26
	Nivelación	m2	22.880,00	10,80	247.104,00	
	Diques de contención	m	1.048,00	71,28	74.701,44	
	Tanques ϕ 25 m c/accesorios	U	4,00	981.747,70	3.926.990,82	
12	TANQUES ϕ 15 m					1.538.832,53
	Nivelación	m2	8.100,00	10,80	87.480,00	
	Diques de contención	m	528,00	71,28	37.635,84	
	Tanques ϕ 15 m c/accesorios	U	4,00	353.429,17	1.413.716,69	
13	TANQUES ϕ 10 m					829.427,60
	Nivelación	m2	2.704,00	10,80	29.203,20	
	Diques de contención	m	208,00	71,28	14.826,24	
	Tanques ϕ 10 m c/accesorios	U	5,00	157.079,63	785.398,16	
14	ALAMBRADO	m	1.950,00	273,14	532.614,19	532.614,19
15	SEGUROS	%	1,00	1,00	196.061,58	196.061,58
16	MISCELÁNEOS/IMPREVISTOS	%	10,00	1,00	1.980.221,98	1.980.221,98
	TOTAL					21.782.442

14.0 DISEÑO CONCEPTUAL DE ASTILLERO O TALLER NAVAL

Esta sección estudia las posibilidades de desarrollo de un astillero y/o taller naval en la zona de El Sombrero como parte del polo portuario y logístico que se propone. A tal fin, primero se analiza el potencial del mercado, para lo cual se parte de la evolución histórica de la flota fluvial de los ríos Paraguay y Paraná. Seguidamente se estima la demanda potencial de servicios y la capacidad actual de astilleros y talleres existentes. También se discute las dificultades a las que se enfrentaría un emprendimiento de este tipo y de qué manera se podría captar la demanda. Finalmente, se identifican los servicios que se deberían ofrecer y se realiza un predimensionamiento de las instalaciones.

14.1 EVOLUCIÓN DE LA FLOTA FLUVIAL EN EL RÍO PARANÁ/PARAGUAY

La flota fluvial en la Hidrovía viene creciendo sostenidamente aunque en los recientes años la tasa de crecimiento ha disminuido.

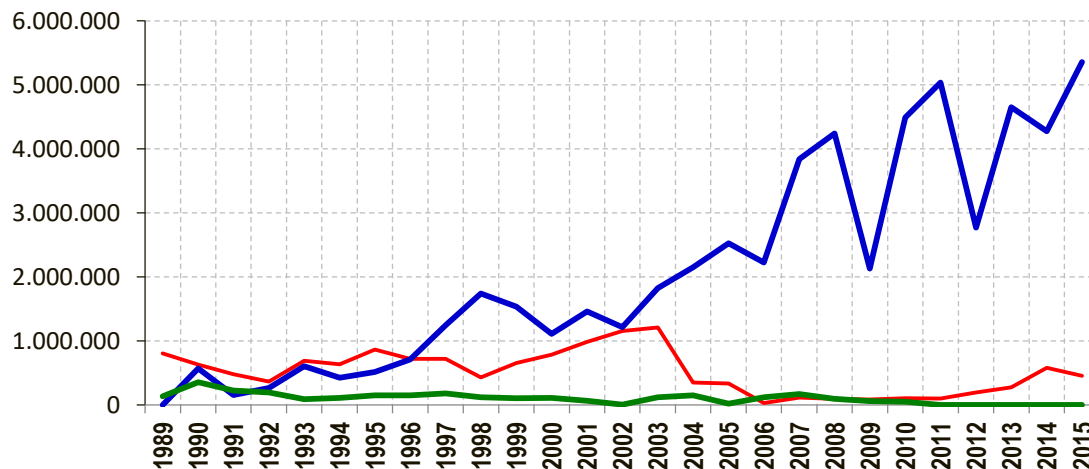
Según datos oficiales del Centro de armadores fluviales y marítimos del Paraguay (CAFyM), en la Hidrovía Paraguay Paraná operan unas 3.445 embarcaciones de bandera Paraguaya. Los números oficiales afirman que existen unas 2.700 barcasas graneleras, 247 Barcasas tanques y 33 barcasas del tipo porta contenedores, la flota de embarcaciones autopropulsadas asciende a 380 remolcadores y 85 buques con propulsión propia entre buques porta contenedores y buques tanques.

Paraguay cuenta con la tercera mayor flota fluvial de embarcaciones a nivel mundial – después de Estados Unidos y China – y la mayor flota fluvial de Sudamérica. En 2018 se transportaron 23 millones de toneladas de carga en embarcaciones de Bandera Paraguaya, 1,5 millones de toneladas más que el 2017. Se espera que para el próximo año se sigan incrementando los volúmenes a transportar, que presentan un crecimiento paulatino (paraguayfluvial.com).

Cabe destacar que en 1990 se contaban sólo 250 barcasas y no había transporte de contenedores por vía fluvial (en la actualidad se contabilizan 33 buques portacontenedores). El mayor efecto acelerador fue el transporte fluvial de la producción de soja. La Figura 59 muestra la evolución del crecimiento del transporte fluvial por el río Paraguay.

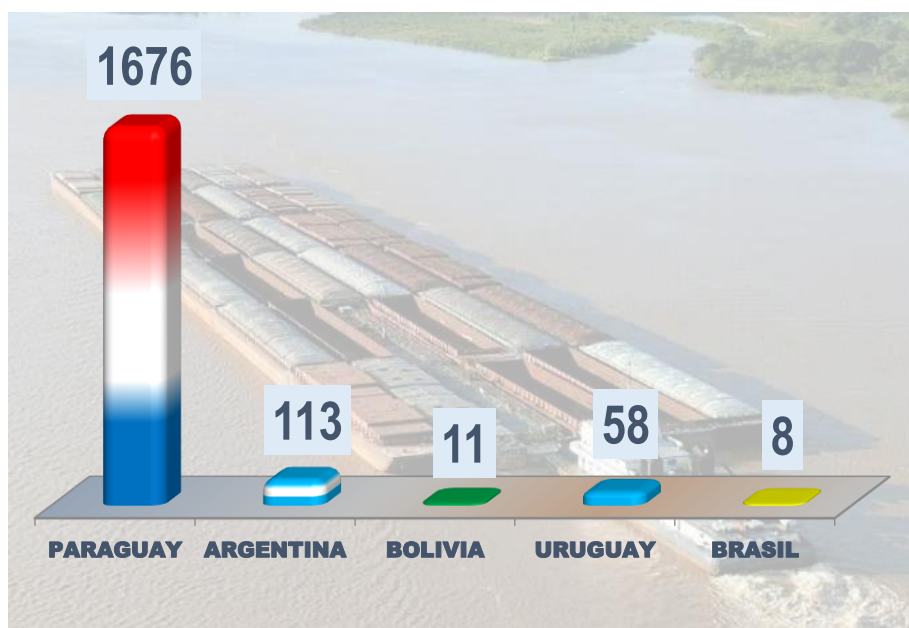


Figura 61: Crecimiento del transporte por el río Paraguay



La Figura 60 muestra la composición de la flota habilitada según la Dirección General de la marina mercante dependiente del Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones de Paraguay. Si bien las cifras difieren de las presentadas por la Cámara de Armadores, refleja las proporciones entre banderas y el predominio de la bandera paraguaya. Esto tiene vital incidencia en el proyecto en lo que respecta al rubro “reparaciones” y también en otro rubro menor que puede tener una demanda creciente: el desguace de embarcaciones que quedan fuera de servicio.

Figura 62: Cantidad de barcasas que operan en la Hidrovía, por bandera



Si bien la mayoría de las barcasas siguen siendo tipo Mississippi (60 m de eslora por 12 m de manga) con capacidad para 1.500 t, actualmente hay una presencia cada vez más importante de barcasas Jumbo con 2.600 t de capacidad. Además de las barcasas que conforman convoys, la flota se compone de remolcadores y buques autopropulsados de distintos tipos. La Figura 61 muestra la composición de la flota por tipo de nave.

Figura 63: Composición de la flota de la Hidrovía



Como se mencionó más arriba, el punto de inflexión en el transporte fluvial por la Hidrovía se produjo con el auge de la soja. En 1992 Paraguay producía 700.000 t de soja, en el 2002 ya producía 4,5 millones de toneladas, y en la actualidad alcanza los 10,5 millones (es el sexto productor). Las expectativas de crecimiento continúan, centradas principalmente en la salida de soja brasileña a través de dos nuevos puertos, el de Concepción, en Paraguay, y el de Carmelo Peralta, en Puerto Murtinho.

También hubo un momento muy importante en el 2007-2008 por las expectativas creadas y las consecuencias que produjo. En esa época el mineral de hierro había alcanzado máximas cotizaciones, lo que indujo a desarrollar proyectos de expansión muy ambiciosos del mineral que se extrae de los cerros del Mutún y del Urucum, cercanos a Corumbá. Los planes de expansión de las mineras incluían un agresivo reclutamiento de navegantes a la par que se colocaban órdenes de construcción de barcasas y remolcadores. Las necesidades de bodega superaban ampliamente a la flota existente. Esto generó compras de barcasas y la aparición de flotas privadas para ese fin. Sin embargo, la crisis de finales del 2008, puso fin a esos proyectos y ocasionó la posterior caída de ese mercado. En consecuencia se generó una sobreoferta de barcasas que se

transformaron en graneleras. Los proyectos mineraleros están en suspenso, hasta que nuevamente los precios internacionales resulten favorables.

14.2 DEMANDA POTENCIAL

La demanda de un astillero se divide básicamente en tres vertientes. La primera es la de construcción de embarcaciones nuevas. La segunda se refiere a la reparación de embarcaciones usadas. Y finalmente, la tercera, se refiere al desguace de embarcaciones.

El mercado de barcasas nuevas está actualmente saturado por la disponibilidad de astilleros paraguayos y la oferta amenazante de China. De hecho, en el pasado, armadores paraguayos importaron lotes de barcasas de esa procedencia a valores competitivos menores a U\$S 1.000.000 con flete incluido (el costo de fabricación en Argentina es de U\$S 1,5 MM y en Paraguay de alrededor de U\$S 1,0 MM).

La demanda de barcasas guarda proporción con la demanda de remolcadores, pero en este caso es necesario un nivel de disponibilidad de proveedores de cierta complejidad técnica. Dicha complejidad torna poco competitivo al mercado local. En la actualidad, por ejemplo, el proveedor de remolcadores más importante a nivel mundial es Holanda. En su Polo Industrial confluyen astilleros especializados en remolcadores (como Damen Shipyards y Concordia Damen) e industrias subsidiarias proveedoras de maquinaria, dispositivos electrónicos y accesorios de a bordo. Debe tenerse en cuenta que los remolcadores de última generación tienen niveles de sofisticación importantes. Particularmente, para la construcción de remolcadores no solo se requieren las industrias relacionadas auxiliares, sino también equipamiento de construcción específico para plegar y doblar las chapas, para el conformado de las curvas del diseño. Estas maquinarias son muy costosas y su justificación requiere un volumen de producción difícilmente alcanzable en la región.

Finalmente hay una demanda continua de embarcaciones menores y de trabajo que no involucran grandes recursos e importan menores volúmenes de obra pero que pueden significar un valor agregado a los trabajos potenciales de reparación. Estas embarcaciones son de esloras menores a los 20 metros. La demanda surge del estado de obsolescencia de la flota actual, que no se fue reemplazando, y la presión de Prefectura Naval que tiende a regularizar el estado y legajos de este tipo de embarcaciones. Se puede estimar que se necesitan renovar alrededor de 20 a 30 unidades de este tipo por año.

El mercado de las reparaciones ofrece posibilidades más inmediatas que el de construcción nueva. Esto se debe a la avanzada antigüedad promedio de las flotas, lo que implica que es menester hacer tareas de reparaciones continuas y



eventuales cambios de chapas de obra viva (casco). Para poder hacer estas reparaciones es necesario disponer de medios de izaje adecuados y habilitados.

Finalmente, como se comentó más arriba, el servicio de desguace de embarcaciones que quedan fuera de servicio seguramente tendrá una demanda creciente. Como el parque de embarcaciones creció a ritmo acelerado en los últimos 20 años y la vida útil de una barcaza ronda los 30 años, cada vez más embarcaciones entrarán a desguace y a reparaciones de media vida.

Ahora bien, como la mayoría de las embarcaciones son de bandera paraguaya, el desguace supone una intervención aduanera. En este sentido, hay que ponderar el hecho de que la industria siderúrgica local consume hierro importado y chatarra local y que la chapa paraguaya podría ser una alternativa complementaria al hierro importado. En ese sentido, la importación de embarcaciones para desguace no parecería ser un impedimento y tendría un mercado prácticamente asegurado. Si bien no son tareas de alto valor agregado de gran envergadura, son trabajos que permiten mantener una cierta regularidad de operación. Se estima que las primeras 500 barcas tipo Mississippi que se importaron usadas hace ya 30 años tendrían que ser renovadas, por lo que se podría prever que entren a desguace alrededor de 100 unidades por año para sacar de operaciones a ese parque en 5 años.

14.3 CAPACIDAD INSTALADA

Un proyecto de astillero o taller naval en la zona de El Sombrero enfrentaría la competencia de otros establecimientos existentes e instalados. A continuación se brindan las características de los principales competidores potenciales.

14.3.1 Astillero Corrientes

Se encuentra próximo al proyecto que está en operación, con alguna discontinuidad, desde 1958. Hay una posibilidad que el mismo se desactive y se destinen sus terrenos a fines inmobiliarios dada la cercanía con la Ciudad.

Astilleros Corrientes SAIC tiene una capacidad de procesamiento de 1.500 toneladas mensuales. La planta ocupa una superficie de 140.000 m², disponiendo de instalaciones cubiertas dotadas con puentes grúa para el movimiento de piezas bajo techo, con una capacidad de izaje de 150 toneladas. Un parque de grúas móviles sobre orugas y neumáticas permite contar con una capacidad de elevación de 550 toneladas. Cuenta con una grada de construcción con sistema de botadura transversal, con un ancho útil de 65 m y una longitud que, pudiendo extenderse en función de las necesidades, es actualmente de 140 m.



Posee además un varadero con sistema de botadura longitudinal. Se dispone de un área de 30.000 m² destinada a la construcción y carga de todo tipo de construcciones off-shore, compuertas de diques y torres de perforación con un frente apto para traslados horizontales de las estructuras hasta las barcasas de transporte.

14.3.2 Astilleros Fluvimar

Ubicado en la zona Sur de Rosario es un astillero adquirido por una empresa armadora nacional con poca capacidad de izaje por medio de un varadero que permite la puesta en seco de barcasas.

14.3.3 Astilleros Riopal SA

Astillero vinculado al Astillero Tecnao, constructor de embarcaciones de pasajeros de acero y aluminio, que tiene un buen posicionamiento en reparación de embarcaciones de cargas isleñas y barcasas fluviales.

14.3.4 Astilleros Paraná Sur

Es el más reciente de los astilleros instalados en el Paraná, habiendo construido algunas embarcaciones. Con dos naves industriales y una superficie cubierta mayor a 5.600 m², el taller de nuevas construcciones cuenta con el más moderno equipamiento de su área para la fabricación de estructuras metálicas. Posee capacidad para construir todo tipo de embarcaciones fluviales, pero especialmente está diseñado para la fabricación de barcasas y para insertarse en el mercado de la reparación de barcasas y remolcadores.

14.3.5 Astilleros Martins (Km 332), Ramallo

Este es el astillero de reparaciones de mayor envergadura en el Paraná, con capacidad para 15 embarcaciones en seco, un dique flotante y 200 metros de muelle. Lo opera una UTE de tres empresas de reparaciones argentinas.

14.3.6 Astillero Punta Alvear Santa Fe

Pertence al grupo Ultrapetrol, ahora naviera Atria. Fue el primer astillero en la región concebido para construcción seriada de barcasas, llegando a botar 8 barcasas "Jumbo" cerealeras por mes. Exportó 70 barcasas a Colombia y otras tantas a Paraguay, construyendo el resto para renovar y agrandar su propia flota. No está condicionado para hacer reparaciones y ha construido 2 pequeños remolcadores portuarios de bajo porte. Actualmente prácticamente desactivado por falta de producción.



14.3.7 Astillero Tsuneishi Villeta Paraguay

Es un astillero creado para construcciones en forma seriada con capitales y tecnología japonesa. Han construido remolcadores de licencia holandesa y barcas tanques y secas. No ha intervenido mucho en el campo de la reparación.

14.3.8 Astillero CIE Paraguay

Es uno de los astilleros paraguayos más antiguos, con la particularidad que su planta industrial está tierra adentro construyendo módulos que se transportan a la instalación ribereña para terminación y botadura. Ha realizado reparaciones mayores y transformaciones de embarcaciones. Su planta es muy diversificada proveyendo servicios metalmecánicos a un gran espectro de clientes.

14.3.9 Astillero RASI Paraguay

Este astillero pertenece al Grupo Copetrol, Naviera Cargoline, que construye y repara mayormente para su propia flota.

14.3.10 Astillero Aguapé Paraguay

Este astillero pertenece al Grupo Líneas Navieras Panchita, una de las navieras más importantes de la Hidrovía. En el astillero realiza sus propias reparaciones y construcciones.

14.3.11 Astillero La Barca Paraguay

Este astillero pertenece a la empresa armadora Yerutí, también destinado a sus propias reparaciones y construcciones. Fue uno de los primeros que construyó barcas tanque. Cuenta con rampa de varaderos, muelle de reparación y dique flotante.

14.4 DIFICULTADES QUE ENCUENTRA LA INDUSTRIA NAVAL EN LA MESOPOTAMIA

La industria naval nacional pasa por un momento crítico en los que se refiere a marco regulatorio y situación empresarial-sindical. Esta situación está íntimamente ligada al presente de la flota mercante de bandera nacional, que en los últimos 30 años fue ampliamente superada por la bandera paraguaya. Efectivamente, sin la presencia de una flota nacional importante, la industria naval pierde un mercado importante.

Las razones de la debilidad de la flota mercante nacional se deben fundamentalmente a las asimetrías existentes entre Paraguay y Bolivia, por un



lado, y Argentina por el otro. Las políticas de estado del gobierno nacional tampoco colaboran para paliar el problema. Por un lado, los mayores costos laborales argentinos, afectados también por las prerrogativas gremiales, impone diferencias no sólo en el valor del salario, sino también en los aportes, régimen de francos, número de tripulantes necesarios, etc. Otra de los factores que contribuyen a las diferencias es la carga impositiva, donde Argentina exhibe una de las más altas de la región. Las políticas aduaneras también muestran asimetrías: en Paraguay la importación de equipos se hace un costo más bajo por cada unidad fabricada. Por ejemplo, las barcasas fabricadas en el Astillero Punta Alvear eran exportadas a Paraguay sin sus cabrestantes, elementos que resultaban más económicos importarlos a Paraguay e instalarlos en el sitio. La Prefectura Naval Argentina también contribuye a las asimetrías, ya que exige mayores requerimientos no sólo a las tripulaciones sino también a las embarcaciones de bandera nacional. Finalmente, ante estas asimetrías la competitividad se ve muy afectada y, como no existen fondos oficiales para incentivar el desarrollo de la Marina Mercante Nacional, se produce en consecuencia el estancamiento de la industria naval de construcción.

14.5 POTENCIAL ATRACCIÓN DE SERVICIOS HACIA EL NUEVO PUERTO DE CORRIENTES

Una de las ventajas comparativa de un astillero en el tramo medio de la Hidrovía, como sería el caso de Corrientes, es la disminución del flete de posicionamiento de las barcasas vacías que, estando de subida, pueden fácilmente detenerse a reparación. En comparación, un astillero alejado de la vía troncal, como el Astillero Martins, con gran disponibilidad de espacio y varadero, implica un costo adicional de traslado de la barcaza vacía aguas abajo del polo exportador del Gran Rosario. Este costo incluye el traslado de las unidades vacías con la tripulación – a la que hay que alojar y llevarla nuevamente a origen, tanto para llevar la unidad al astillero como para restituirla al servicio – y la pérdida de utilidades debido al tiempo adicional por el traslado.

Otra de los atractivos de este puerto es su independencia respecto de líneas navieras, por lo que podría ser interesante para aquellas que no cuentan con talleres propios. Existen al menos dos líneas importantes que no cuentan con astilleros propios y que podrían apreciar los servicios de un astillero con estas características: Horamar y Atria.

También es una ventaja que el astillero se ubique en un polo portuario y logístico, ya que la atracción de embarcaciones por esas actividades puede alentar la captación de clientes. La recalada de empresas armadoras genera un efecto multiplicador de servicios a brindar como ser, provisiones, repuestos y trabajos abordo no específicamente de chapa o máquinas, sino referentes a habitabilidad o comunicaciones por ejemplo.



14.6 DIMENSIONAMIENTO DEL ASTILLERO

Para el dimensionamiento de las instalaciones se tiene en cuenta la evolución de la flota, los tiempos de duración de las construcciones y reparaciones, y la posible participación en el mercado. Aquí se realizan unas estimaciones para los próximos 15 años.

De acuerdo a los datos disponibles, el mercado de remolcadores nuevos sería difícil de acceder.

En cambio, el mercado de barcos de trabajo sería más accesible. Como se indicó, se pueden estimar en 20 unidades nuevas por año.

Se podría tener una participación en la construcción de barcas nuevas. La tasa de largo plazo de incorporación de barcas en la Hidrovía es de 102 unidades/año. Esta tasa debería aumentar en el futuro, como se explicó más arriba. Es que hasta ahora esta tasa de crecimiento se basó exclusivamente en el aumento de demanda ya que la flota prácticamente no existía hace 30 años: año a año se incorporaron nuevas barcas sin dar de baja prácticamente a ninguna. Sin embargo, esa flota empieza a caducar, por lo tanto, la tasa de incorporación debería aumentar por las necesidades de reposición. No obstante, a los fines del estudio y para mantener un juicio conservador, se supondrá una tasa constante de 102 unidades/año.

También se puede captar una parte del mercado de reparaciones de media vida. Conociendo la tasa de crecimiento anual de barcas y la cantidad actual se puede establecer aproximadamente la cantidad de barcas que hubo en los últimos 15 años. Tomando 30 años como la vida útil de una unidad, las reparaciones de media vida teóricamente se deberían realizar cada año a aquellas que cumplieran los 15 años. Como la tasa de incorporación es constante, la tasa de reparaciones de media vida también lo son: 102 unidades por año.

De la misma manera se puede establecer la cantidad de embarcaciones que entrarían a desguace. Este se produciría al cumplirse los 30 años. Salvo en 1990 cuando se incorporaron masivamente las unidades de la otrora ACBL, la cantidad de embarcaciones que entrarían a desguace también es igual a la tasa de incorporación de barcas.

Finalmente, se puede establecer un número para las reparaciones menores, considerando esta vez un porcentaje de las cantidades de embarcaciones existentes cada año. Para el cálculo se considera que un 5% de la flota tendrá que hacer algún tipo de reparación por año.



La Tabla 26 muestra la evolución de la demanda de servicios navales.

Tabla 29: Proyección de demanda de servicios navales

AÑO	BARCAZAS NUEVAS	TRABAJO NUEVAS	MEDIA VIDA	DESGUACE	REPARAC.
2018	100	20	102	250	150
2019	100	20	102	102	155
2020	100	20	102	102	160
2021	100	20	102	102	165
2022	100	20	102	102	170
2023	100	20	102	102	175
2024	100	20	102	102	181
2025	100	20	102	102	186
2026	100	20	102	102	191
2027	100	20	102	102	196
2028	100	20	102	102	201
2029	100	20	102	102	206
2030	100	20	102	102	211
2031	100	20	102	102	216
2032	100	20	102	102	221

De todo este mercado potencial (del que ya se descartó la construcción de remolcadores) el astillero del Nuevo Puerto de Corrientes podrá captar un porcentaje del mercado. No se tienen demasiadas herramientas para establecer esta participación, más cuando los astilleros paraguayos son muy competitivos y están muy activos y la mayor flota es la paraguaya. Sin embargo, dado el número de astilleros existentes, y a los fines de estudio conceptual, se podría estimar que el nuevo astillero podría captar alrededor del 5% de la demanda. Probablemente, en algunos rubros, como el de construcción de barcas tanques (llevan bandera argentina para el transporte entre refinerías y centros de consumo), o el de desguace y reparaciones menores, podría captar un poco más que ese porcentaje.

Finalmente, se debe establecer los tiempos de ocupación de varadero y muelle. La Tabla 27 indica los tiempos promedios para cada caso.

Tabla 30: Tiempos de ocupación de instalaciones navales

TIEMPOS DE CONSTRUCCIÓN	Meses		
	TOTAL	VARADERO	MUELLE
CONSTRUCCIÓN DE BARCAZAS	5,00	4	1
CONSTRUCCIÓN DE BARCOS DE TRABAJO	2,50	2	0,5



REPARACIÓN DE MEDIA VIDA	1,25	0,5	0,75
DESGUACE	1,00	1	0
REPARACIONES VARIAS	0,50	0,1	0,4

Considerando todos los parámetros anteriores resulta:

MESES OCUPADOS VARADERO	31
MESES OCUPADOS MUELLE	14
PUESTOS VARADERO	3
PUESTOS MUELLE	2

Esta cantidad de puestos consideran un mínimo de tiempos muertos y, como se explicó, tasas constantes de crecimiento de la flota (por ello es prácticamente igual la necesidad en el año 2018 que en el 2032).

14.7 PROYECTO CONCEPTUAL

Un astillero requiere una serie de instalaciones mínimas:

- Varadero de puesta en seco a embarcaciones
- Zona horizontal para reparación y trabajos
- Galpón de trabajos a cubierto
- Área de servicios generales
- Muelles de atraque y alistamiento
- Instalaciones de lucha contra incendio

Para el varadero propiamente dicho es necesario equipamiento específico que hace a la operatividad del mismo, lo que incluye:

- Cabrestante
- Anguileras
- Mesas de apoyo
- Equipamiento de izaje y traslado, pastecas, fanfarrines y cables de acero
- Muertos de anclaje sumergidos en el espejo de agua

Como se indicó en la Sección 4, el astillero estaría ubicado en la zona media de la franja costera del predio adquirido por la Provincia. Se eligió esta locación para reducir el movimiento de suelos, ya que las alturas dentro de la socavación costera son menores a las de la barranca que se ubica hacia el norte del terreno.



El muelle a desarrollar puede tener una profundidad baja al pie, ya que los buques se amarrarían para ser reparados, lo que presupone que estarían descargados y en lastre. También puede ser utilizado por embarcaciones botadas para su terminación (alistamiento). Las embarcaciones de diseño tienen calados máximos de 4 m, pero en lastre calan alrededor de 1.2 m. Por lo tanto, se adoptó una profundidad a pie de muelle a cota -2.0 respecto del hidrómetro de Corrientes. Como en los casos anteriores, la cota de coronamiento se adoptó a +7.50 m respecto del mismo cero.

En este caso el muelle debe ser continuo ya que el acceso al buque debe poder realizarse a lo largo de toda la borda. Se adoptó una longitud de 130 m que permitiría el amarre de un buque fluvial autopropulsado o dos barcas. Para materializar el muelle se adoptó un tablestacado con anclaje posterior con pantallas de tablestacas. Con cota de coronamiento a +7,50 y cota de fondo a -2, la longitud libre de tablestaca es +9.50. Entonces se adoptó una viga de coronamiento de 1.50 m de altura, con lo cual una longitud de tablestaca de 12 m permitiría tener una ficha empotrada de 4 m. El tablestacado tiene cierre laterales hasta que la diferencia entre la cota de coronamiento y el terreno natural tengan una diferencia de alrededor de 3 m, a partir de la cual el cierre se realiza mediante talud 1:1.5. En base a la topografía, el cierre lateral fue estimado en 24 m. Hacia atrás del muelle también se prescribe la nivelación y pavimentación de una playa de alistamiento de 100 m de ancho por el largo del muelle. Esta playa será pavimentada con hormigón para permitir la circulación de camiones y equipos.

Para poder instalar equipos en los buques, mover escotillas, y otras actividades similares, el muelle debe estar provisto de una grúa. En este caso se acostumbra utilizar grúa sobre rieles. Y para que la grúa se pueda desplazar sin deformar los rieles es menester apoyarlos sobre una viga carrilera fundada sobre pilotes. Para este proyecto conceptual se asume una separación de pilotes cada 6.0 m una altura de viga de 1.50 m, y pilotes de 1.0 m de diámetro y 20 m de longitud.

El siguiente elemento clave del astillero/taller naval es el varadero, que permite sacar a seco las embarcaciones o, cuando son nuevas, botarlas. Para ello se construye una rampa y una playa. La rampa queda parcialmente sumergida, de tal modo que la embarcación pueda aproximarse y apoyarse sobre las anguilas. Las anguilas, carros que pueden ser tirados por cables y cabrestantes, son elevadas por la rampa hasta alcanzar la playa. En principio, para el proyecto conceptual se adoptó una rampa dividida en dos sectores. El primer sector, desde el río, tiene pendiente uniforme del 9% - debe recordarse que una buena parte de esta rampa está sumergida y que el peso de la embarcación será menor por estar parcialmente apoyado en el agua. El tramo tiene 100 m de longitud a partir de los cuales se desarrolla una curva de transición de 800 m de radio y por una longitud de 165 m. En ese punto comienza a desarrollarse la playa de trabajo



que tendrá una pendiente ascendente del 0,5% para facilitar el desagüe, una longitud de 210 m y un ancho de 120 m para permitir una disposición en V de cuatro barcas por lado. Esto permitiría trabajar en ocho barcas simultáneamente.

A lo largo de los bordes del varadero se deben instalar pastecas de desvío de cables y cadenas. También se deben instalar cabrestantes que permitan tirar de las anquileras para colocar las embarcaciones en sus sitios respectivos. Además, se deben instalar muertos de amarre con desvíos en el agua, para permitir tiros en la dirección contraria cuando se deben botar las naves. La superficie del varadero estaría terminada con un pavimento de hormigón.

A las dos instalaciones principales se deben sumar:

- Galpón con talleres de corte, soldado, mecánica, electrónica, etc. (estimado de 1.000 m²)
- Oficinas de administración, comercialización e ingeniería (1.000 m²)
- Zona de carga, descarga y acopio de materiales (1.000 m²)

Desde el acceso a la instalación, una rama del camino desciende hasta la zona de varadero (+7.50 m) donde se ubican los talleres, donde se puede cargar y descargar directamente a esa zona.

Además, desde ese camino de ingreso, también se propone un desvío hacia una zona de carga y descarga a cota +20. Para ello, el camino describe un loop alargado. Sobre el lado largo puede operar una grúa que permite la descarga de los camiones. En esa zona también se ubica una playa descubierta y un depósito cerrado para acopio de materiales.

El astillero/taller naval se completa con alambrado, iluminación, energía, instalación contra incendio, provisión de agua y sistema de saneamiento. También se debe prever superficies para el manejo de residuos industriales.

14.8 CÓMPUTO Y PRESUPUESTO

De acuerdo al desarrollo conceptual de esta facilidad, a continuación se presenta un cómputo y presupuesto estimativo por grandes rubros de obra. Para el cómputo se adoptaron precios unitarios de obras análogas, o análisis de costos unitarios de rubros.

Los valores adoptados son de venta, exceptuando IVA. Es decir, tienen en cuenta los costos de materiales, mano de obra, equipamiento y también los gastos generales de obra, los gastos administrativos, bancarios, e impositivos y los beneficios empresarios.



Los métodos constructivos consideran la necesidad de cierto apoyo de equipos flotantes, aunque sólo parcialmente para una parte de la obra (pilotaje y montaje de obras portuarias).

La inversión en infraestructura total resulta aproximadamente U\$S 15.474.309, como se indica en el siguiente desagregado de Tabla 28, a lo que debería sumarse el IVA.

Debe notarse que se incluyen imprevistos, ingeniería y supervisión y un rubro de movilización, que tiene en cuenta el traslado de los equipos flotantes y terrestres así también como las instalaciones temporales para la obra y la limpieza del terreno.

Tabla 31: Proyección de demanda de servicios navales

DESIGNACION	Unidad	Cantidad/Unidad	U\$S/U	SUBTOTAL	Subtotal item
INGENIERÍA Y SUPERVISIÓN	GI			700.000,00	700.000,00
MOVILIZACIÓN Y OBRADORES, PERMISOS	GI			2.000.000,00	2.000.000,00
MOVIMIENTOS DE SUELOS					1.456.111,01
Limpieza	m2	50.000,00	0,08	4.109,68	
Excavación	m3	319.200,00	3,19	1.019.751,33	
Relleno	m3	61.750,00	7,00	432.250,00	
MUELLE					3.798.994,92
Tablestacas	m2	2.136,00	367,79	785.592,39	
Vigas de cintura 2UPN	ml	178,00	147,03	26.172,13	
Viga de coronamiento	m3	267,00	1.005,29	268.412,52	
Sistema defensas	U	22,00	4.200,00	92.400,00	
Bitas 30t	U	6,00	1.680,00	10.080,00	
Tensores	ml	1.728,00	236,63	408.890,54	
Pantallas	m2	534,00	367,79	196.398,10	
Pilotes ϕ 100, 20 m, camisa perdida	U	42,00	40.783,00	1.712.886,15	
Vigas carrileras	ml	240,00	1.034,01	248.163,10	
Guardacabos y accesorios	GL	1,00	50.000,00	50.000,00	
CAMINOS Y PAVIMENTOS					1.850.173,18
De hormigón, con terraplén de suelo estabilizado, 7 m de ancho, taludes 1:2, cunetas	km	1,20	399.421,02	559.189,43	
Varadero	m2	25.700,00	99,30	139,01	
Playa de alistamiento	m2	13.000,00	99,30	1.290.844,73	
SISTEMA CONTRA INCENDIO					199.905,11
2 Bombas de río, cañerías de 150mm, 4 monitores, sistema de espuma, gabinetes con manguera completos	GI	1,00	199.905,11	199.905,11	
INSTALACIÓN CLOACAL (Colectora, cámara séptica)	GI	2,00	10.872,42	21.744,83	21.744,83
ENERGÍA E ILUMINACIÓN					399.638,41
Extensión punta de cable, 1000 m. Tendidos internos 220/380	GI	1,00	253.309,03	253.309,03	
Iluminación, 20 postes con luminarias, 2 torres con 4 reflectores c/u	GI	1,00	146.329,37	146.329,37	
EDIFICIOS					1.800.000,00
Administración e ingeniería	m2	1.000,00	800,00	800.000,00	
Talleres	m2	1.000,00	500,00	500.000,00	
Depósito	m2	1.000,00	500,00	500.000,00	
TENDIDO DUCTO					1.092.000,00
2 Tubería de 12" acero sin costura, aéreo, soldado, con accesorios, y estación de impulsión	m	2.800,00	390,00	1.092.000,00	
INSTALACIONES AUXILIARES: muertos, desvíos, cabestrantes, etc.	GL	1,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00
ALAMBRADO	m	1.500,00	273,14	409.703,23	409.703,23
SEGUROS	%	1,00	1,00	139.282,71	139.282,71
MISCELÁNEOS/IMPREVISTOS	%	10,00	1,00	1.406.755,34	1.406.755,34
TOTAL					15.474.308,73



14.9 RECOMENDACIONES

El proyecto de un astillero o taller naval deberá enfrentar la competencia que imponen los astilleros paraguayos y también a las reglamentaciones argentinas que desfavorecen el transporte fluvial y la industria naval.

Sin embargo, se han podido identificar algunos nichos de mercado que podrían desarrollarse captando parte de la demanda actual y la esperable demanda aumentada por la obsolescencia de las barcas más antiguas que navegan la Hidrovía.

El informe permite una primera aproximación para elaborar un anteproyecto y determinar tasas de retorno de inversión. En esa línea, los próximos pasos que sería recomendable realizar son:

- Consultas a empresarios del sector naviero
- Elaborar un anteproyecto para profundizar el proyecto conceptual, y
- Realizar análisis de los indicadores económicos financieros

En este sentido se debe tener en cuenta que a los costos de la inversión en obras civiles se deben agregar los costos del equipamiento, principalmente, de las grúas de muelle, varadero y de la zona de carga y descarga, y equipos de carga menores, como motoelevadoras.

