



REPUBLICA DEL PARAGUAY
Ministerio de Obras Públicas y
Comunicaciones



THE WORLD BANK



PPIAF

PUBLIC - PRIVATE INFRASTRUCTURE ADVISORY FACILITY

ESTUDIOS PARA LA CONCESIÓN DEL
MEJORAMIENTO DE LAS CONDICIONES DE
NAVEGACIÓN EN EL RÍO PARAGUAY
(Tramo Pilcomayo - Formosa)



INFORME N° 1.1:
Aspectos Técnicos y Ambientales

Noviembre,
2010

INDICE

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 1. | INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 2. | CONTEXTO GEOGRÁFICO E IMPORTANCIA DEL TRAMO | 3 |
| 2.1. | LA CUENCA DEL PLATA..... | 3 |
| 2.2. | LA HIDROVÍA PARAGUAY – PARANÁ..... | 4 |
| 2.3. | EL RÍO PARAGUAY..... | 6 |
| 2.4. | IMPORTANCIA DEL TRAMO “PILCOMAYO – FORMOSA” | 8 |
| 3. | SITUACIÓN ACTUAL DE LA NAVEGACIÓN EN EL RÍO PARAGUAY: TRAMO PILCOMAYO – FORMOSA | 12 |
| 3.1. | CARACTERÍSTICAS GENERALES..... | 12 |
| 3.2. | MÉTODOS PARA LA NAVEGACIÓN..... | 15 |
| 3.3. | CONDICIONES ACTUALES..... | 17 |
| 3.3.1. | De la Vía Navegable..... | 17 |
| 3.3.2. | De la Navegación..... | 20 |
| 3.3.3. | De las Obras de Dragado..... | 24 |
| 3.3.4. | De los Sistemas de Ayudas a la Navegación..... | 25 |
| 3.3.5. | Síntesis..... | 25 |
| 4. | ANTECEDENTES CONSIDERADOS..... | 26 |
| 5. | DEFINICIÓN TÉCNICA DE LAS OBRAS..... | 29 |
| 5.1. | REVISIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN TÉCNICA DISPONIBLE..... | 29 |
| 5.1.1. | Estudios realizados por la Asociación HidroService – Louis Berger – Estudio de Ingeniería Hidráulica (HS – LB – EIH, 1996)..... | 29 |
| 5.1.2. | Estudios realizados por el Consorcio de Integración Hidroviaria (COINHI, 2004)..... | 37 |
| 5.2. | ESTADO ACTUAL DE LA VÍA NAVEGABLE..... | 44 |
| 5.3. | DEFINICIÓN DE LOS CRITERIOS DE PROYECTO PARA LAS OBRAS DE DRAGADO..... | 47 |
| 5.3.1. | Embarcaciones de Diseño..... | 47 |
| 5.3.2. | Profundidad Mínima a ser Garantizada..... | 48 |
| 5.3.3. | Niveles de Referencia..... | 48 |
| 5.3.4. | Criterios de Proyecto para Obras de Dragado de Apertura..... | 52 |
| 5.3.4.1. | Dragado de Apertura en Pasos Arenosos..... | 52 |
| 5.3.4.2. | Dragado en Materiales Duros..... | 54 |
| 5.3.5. | Criterios de Proyecto para Obras de Dragado de Mantenimiento..... | 55 |
| 5.3.6. | Recomendaciones Generales..... | 56 |
| 5.4. | DEFINICIÓN DE LOS CRITERIOS DEL PROYECTO PARA LA MEJORA DE LAS AYUDAS A LA NAVEGACIÓN..... | 57 |
| 5.5. | CARACTERÍSTICAS DE LAS OBRAS..... | 59 |
| 5.5.1. | Dragado de Apertura en Pasos Arenosos..... | 59 |
| 5.5.1.1. | Caracterización de los Materiales..... | 59 |
| 5.5.1.2. | Estimación de Volúmenes..... | 60 |
| 5.5.1.3. | Equipamiento..... | 61 |
| 5.5.2. | Dragado de Apertura en Pasos con Materiales Duros..... | 62 |
| 5.5.2.1. | Caracterización de los Materiales..... | 62 |
| 5.5.2.2. | Estimación de Volúmenes..... | 62 |
| 5.5.2.3. | Equipamiento..... | 64 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 5.5.3. | <i>Dragado de Mantenimiento</i> | 64 |
| 5.5.3.1. | Caracterización de los Materiales..... | 64 |
| 5.5.3.2. | Estimación de Volúmenes..... | 65 |
| 5.5.3.3. | Equipamiento..... | 65 |
| 5.5.4. | <i>Mejora de las Ayudas a la Navegación</i> | 66 |
| 5.5.4.1. | Ayudas Necesarias..... | 66 |
| 5.5.4.2. | Estimación de Cantidades..... | 66 |
| 5.5.4.3. | Equipamiento..... | 67 |
| 5.5.5. | <i>Otras Obras a Considerar</i> | 67 |
| 6. | CONSIDERACIONES AMBIENTALES DE APLICACIÓN A LAS OBRAS | 68 |
| 6.1. | <i>DESCRIPCIÓN GENERAL DEL MEDIO RECEPTOR</i> | 68 |
| 6.2. | <i>DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS OBRAS</i> | 72 |
| 6.3. | <i>REQUERIMIENTOS LEGALES DE CARÁCTER AMBIENTAL</i> | 74 |
| 6.3.1. | <i>República del Paraguay</i> | 74 |
| 6.3.2. | <i>República Argentina</i> | 77 |
| 6.3.3. | <i>Síntesis</i> | 81 |
| 6.4. | <i>IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y VALORACIÓN DE LOS POTENCIALES IMPACTOS AMBIENTALES – MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL</i> | 82 |
| 7. | COSTOS, CRONOGRAMA Y FLUJO FINANCIERO DE LAS OBRAS PARA LA MEJORA DE LAS CONDICIONES DE NAVEGACIÓN | 92 |
| 7.1. | <i>CONSIDERACIONES GENERALES</i> | 92 |
| 7.2. | <i>SÍNTESIS DE LAS OBRAS A REALIZAR</i> | 94 |
| 7.2.1. | <i>Actividades previas al inicio de las Obras</i> | 94 |
| 7.2.2. | <i>Obras Iniciales</i> | 94 |
| 7.2.3. | <i>Implementación de actividades relacionadas al Plan de Gestión Ambiental</i> | 94 |
| 7.2.4. | <i>Obras de Mejora de las Ayudas a la Navegación</i> | 94 |
| 7.2.5. | <i>Obras de Dragado de Apertura</i> | 95 |
| 7.2.6. | <i>Obras de Dragado de Mantenimiento</i> | 96 |
| 7.3. | <i>PRESUPUESTO ESTIMADO</i> | 97 |
| 7.4. | <i>CRONOGRAMA</i> | 104 |
| 7.5. | <i>FLUJO FINANCIERO</i> | 105 |

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento constituye el **Informe N° 1.1** elaborado en el marco de los servicios de consultoría que fueran contratados al Consorcio CSI Ingenieros SA – Serman & Asociados SA por el Banco Mundial (The World Bank Group), con el financiamiento del Public – Private Infrastructure Advisory Facility (PPIAF), y que comenzara a ejecutarse a mediados del mes de Setiembre del presente año.

El objeto de dicha consultoría es la realización de los “**Estudios para la Concesión del Mejoramiento de las Condiciones de Navegación del Río Paraguay**” siendo el tramo objeto de dichos estudios el correspondiente tanto a la jurisdicción exclusiva de la República del Paraguay, comprendido entre las desembocaduras de los ríos Apa (km 2.172,3) y Pilcomayo (km 1.618), como el correspondiente al tramo de jurisdicción compartida con la República Argentina y, en particular, el comprendido entre la desembocadura del río Pilcomayo (km 1.618) y la localidad de Formosa (km 1.448).^{1, 2}

En conformidad con los Términos de Referencia (TdRs), el objetivo fundamental del presente informe es “determinar y evaluar los requerimientos técnicos y ambientales, actuales y futuros, asociados a las obras de dragado y señalización del tramo del río Paraguay comprendido entre la desembocadura del río Pilcomayo (km 1.618) y la localidad de Formosa (km 1.448)”.³

Corresponde indicar que, en lo que tiene que ver con la definición técnica del proyecto, es decir la definición de qué obras y qué actividades deberán realizarse para alcanzar el objetivo buscado, tanto al inicio de la concesión como durante el período de operación y mantenimiento, se ha partido de los principales antecedentes y, en especial, los culminados en 1996 (HidroService – Louis Berger – Estudio de Ingeniería Hidráulica), en 1997 (Taylor – Golder – Consular – Connal) y en 2004 (COINHI: CSI Ingenieros – Oscar G. Grimaux & Asociados – JMR Engenharia – Internave Engenharia – Vía Donau). No obstante, al igual que en el reciente estudio del tramo Apa – Pilcomayo (CSI Ingenieros SA, 2009),⁴ es particularmente importante destacar que se realizaron las actualizaciones que fueron posibles sin haber ejecutado trabajos de campo, los que no estaban contemplados en el alcance del estudio.

En efecto, el presente informe incorpora datos técnicos e información diversa proporcionada tanto por Organismos Públicos como por Empresas Privadas paraguayas, entre ellas el Ministerio de

¹ El kilometraje indicado se encuentra referido a la dársena Sur del Puerto de Buenos Aires (República Argentina); el mismo fue el adoptado por la Asociación HidroService – Louis Berger – Estudio de Ingeniería Hidráulica (1996) y, salvo indicación expresa, será el utilizado a efectos del presente estudio.

² Si bien el tramo de jurisdicción compartida con la República Argentina se extiende entre la desembocadura del río Pilcomayo (km 1.618) y la confluencia con el río Paraná (km 1.240), por el denominado “*Acuerdo para la Regularización, Canalización, Dragado, Balizamiento y Mantenimiento del Río Paraguay*”, suscrito entre las Repúblicas de Argentina y del Paraguay el 15/07/1969, aprobado y ratificado por Ley N° 117/1969 en la República del Paraguay y por Ley N° 18.435/1969 en la República Argentina, ambos países han acordado “*realizar estudios sobre la navegación en el curso del Río Paraguay en las jurisdicciones de ambos países y proponer las medidas convenientes a ambos Gobiernos*” (Artículo VII – Literal d) y que “*los gastos que demande la ejecución de los trabajos de regularización, corrección del curso, dragado, profundización y mantenimiento del río serán asumidos del siguiente modo: a) tramo Confluencia – Formosa, por el Gobierno Argentino; b) tramo Formosa – desembocadura del río Pilcomayo, por partes iguales entre los Gobiernos Argentino y Paraguayo; y c) tramo al Norte de la desembocadura del río Pilcomayo, por el Gobierno Paraguayo*” (Artículo VIII).

³ Identificado, en los Términos de Referencia, como “*Tranche 2*”.

⁴ **CSI Ingenieros SA. 2009.** Estudio de Viabilidad del Mejoramiento del Canal Navegable “Pilcomayo – río Apa” del río Paraguay a través del Sistema de Participación Pública – Privada. Informe de Consultoría al Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MOPC, República del Paraguay). The World Bank Group – Contrato 7151467.

Obras Públicas y Comunicaciones (MOPC), la Administración Nacional de Navegación y Puertos (ANNP), la Sociedad de Capitanes de Cabotaje y Prácticos de la Zona Sur del Río Paraguay y las Empresas Panchita G SA, Transbarga de Navegación SA y UABL Paraguay SA.

En consecuencia, expresamos nuestro agradecimiento a las autoridades, los técnicos y el personal de los Organismos y Empresas antes citados que, de esta manera, colaboraron con el presente estudio. Sin sus valiosos aportes no hubiera sido posible realizar las actualizaciones mencionadas que – sin lugar a dudas – han contribuido a la mejora de la definición del alcance de las obras y las actuaciones necesarias.

Igualmente, corresponde aclarar que sigue habiendo un importante grado de incertidumbre que sólo podrá disminuirse cuando se ejecuten los trabajos de campo imprescindibles para lograr un adecuado conocimiento de los volúmenes y las características de los materiales a dragar.

2. CONTEXTO GEOGRÁFICO E IMPORTANCIA DEL TRAMO

2.1. La Cuenca del Plata

El sistema fluvial del Río de la Plata, o "Cuenca del Plata", conformado por los ríos Paraguay – Paraná y Uruguay, comprende una superficie de, aproximadamente, 3.170.000 km² (**Figura 2.1–1** y **Tabla 2.1–1**) que se extiende por los territorios de Argentina, Bolivia, Brasil, Paraguay y Uruguay (**Tabla 2.1–2**).

Figura 2.1–1. Principales ríos de la Cuenca del Plata

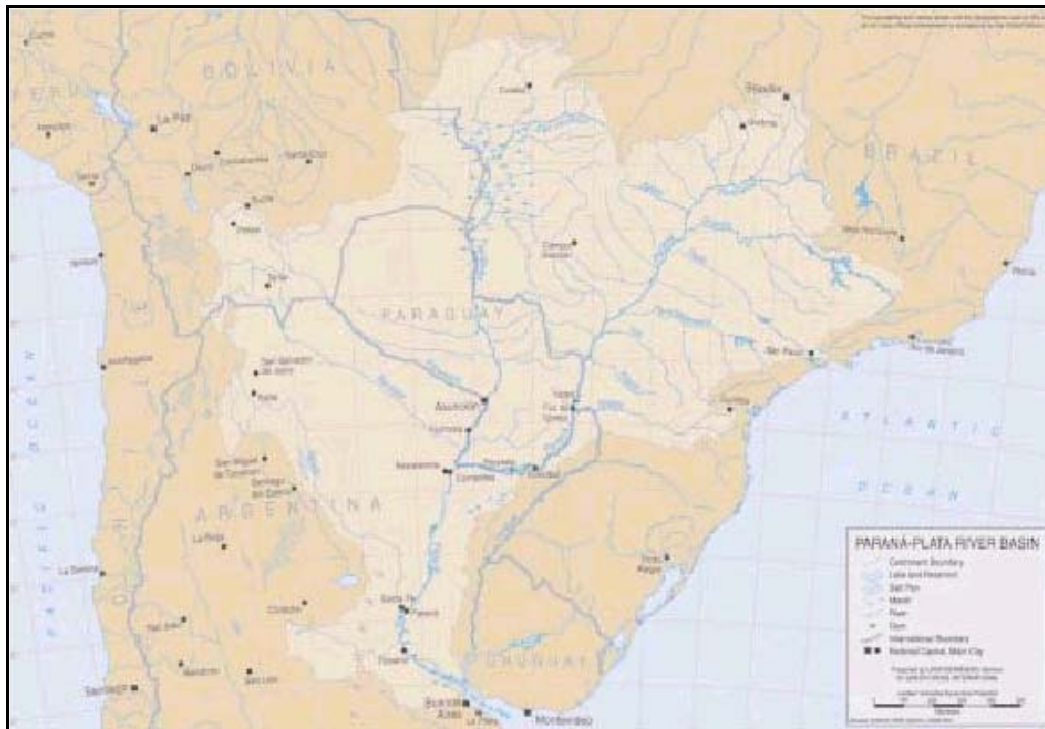


Tabla 2.1–1. Características de la Cuenca del Plata

| Cuenca / Subcuenca | Área (km ²) | Precipitación anual (mm) | Volumen de precipitación (Hm ³) | Descarga (Hm ³) | Descarga fluvial (m ³ /s) |
|-----------------------------------|-------------------------|--------------------------|---|-----------------------------|--------------------------------------|
| Río Paraguay | 1.103.000 | 1.027 | 1.133.820 | 142.120 | 4.506 |
| Río Paraná Superior | 975.375 | 1.523 | 1.485.420 | 371.355 | 11.780 |
| Río Paraná Inferior | 704.815 | 776 | 546.800 | 33.990 | 1.078 |
| Subtotal Paraguay – Paraná | 2.783.190 | --- | --- | 547.610 | 17.364 |
| Río Uruguay | 350.250 | 1.385 | 485.110 | 158.610 | 5.033 |
| Río de la Plata | 36.560 | 962 | 35.180 | 6.250 | 198 |
| TOTAL | 3.170.000 | 1.163 | 3.686.330 | 712.580 | 2.505 |

Fuente: Tossini (1959)⁵

⁵ Tossini, L. 1959. Sistema hidrográfico y cuenca del Río de la Plata: Contribución al estudio de su régimen hidrológico. Anales de la Sociedad Científica Argentina 167 (3 – 4): 41 – 64.

Tabla 2.1–2. Áreas de la Cuenca del Plata correspondiente a cada país

| | Argentina | | Bolivia | | Brasil | | Paraguay | | Uruguay | |
|--------------|--|-------------|--|------------|--|-------------|--|-------------|--|------------|
| | Área (10 ³ km ²) | % | Área (10 ³ km ²) | % | Área (10 ³ km ²) | % | Área (10 ³ km ²) | % | Área (10 ³ km ²) | % |
| Río Paraguay | 165 | 15,0 | 205 | 18,7 | 370 | 33,9 | 355 | 32,4 | --- | --- |
| Río Paraná | 565 | 37,5 | --- | --- | 890 | 59,0 | 55 | 3,5 | --- | --- |
| Río Uruguay | 60 | 16,4 | --- | --- | 155 | 42,5 | --- | --- | 150 | 41,1 |
| TOTAL | 920 | 29,7 | 205 | 6,6 | 1.415 | 45,7 | 410 | 13,2 | 150 | 4,8 |

Fuente: OEA (1969)⁶

La subcuenca del río Paraguay abarca, aproximadamente, 1.103.000 km² correspondientes a territorios de Argentina, Brasil, Bolivia y Paraguay. La mayor parte de la misma, salvo el sector correspondiente a los ríos Pilcomayo y Bermejo, se extiende por una inmensa llanura aluvial de muy escasa pendiente y con extensas planicies de inundación. En efecto, en el sector superior de la subcuenca la pendiente es muy reducida, dando lugar al denominado "Pantanal" que, periódicamente, queda cubierto por las aguas. Aguas debajo del "Pantanal" la pendiente aumenta y la zona inundable se restringe a la margen derecha. Las características principales de la subcuenca del río Paraguay están dadas por: **a)** la naturaleza aluvial de sus márgenes, **b)** el enorme volumen de los materiales sólidos aportados por el Río Bermejo, **c)** la marcada movilidad del lecho en la zona de confluencia con el Río Paraná, y **d)** la irregularidad del régimen fluvial y sus amplias variaciones interanuales.

La subcuenca del río Paraná es, indudablemente, la más importante, no sólo por su extensión (1.680.190 km², desarrollados en territorios de Argentina, Brasil y Paraguay), sino también por la magnitud de sus derrames, la longitud de su curso (2.750 km y 3.740 km si se incluye a su afluente principal: el río Paranaíba) y por los distintos rasgos dimensionales que caracterizan a dicha cuenca. El rasgo característico es su delineamiento en altiplanos escalonados ya que partiendo desde la costa se transponen sucesivas líneas de escarpa. La región se caracteriza por el dominio de extensos y espesos mantos de sedimentos paleo – mesozoicos, intercalados por capas de lavas y apoyados sobre un basamento de rocas cristalinas que afloran en los sectores NW y SE. Otra de sus características particulares es el delta terminal, que se inicia a 320 km de la desembocadura en el Río de la Plata y que, con un ancho variable entre 18 y 61 km, cubre un área de 14.100 km².

Finalmente, la subcuenca del río Uruguay abarca, aproximadamente, 350.250 km² correspondientes a territorios de Argentina, Brasil y Uruguay, desarrollándose sobre rocas de origen volcánico (derrames basálticos) y sedimentario así como terrenos aluviales.

2.2. La Hidrovía Paraguay – Paraná

Los ríos Paraguay y Paraná Inferior conforman la denominada Hidrovía Paraguay – Paraná que, con una longitud de 3.442 km, constituye el sistema fluvial troncal de la Cuenca del Plata que, de acuerdo a Koutoudjian (2007),⁷ alcanza un área de influencia que abarca (Tabla 2.2–1): **a)** 691.065 km² como área de influencia inmediata (definida la misma por los departamentos, municipios o provincias adyacentes al río), **b)** 2.273.490 km² como área de influencia mediata (definida la misma por las provincias o departamentos que contienen a los municipios adyacentes al río), y **c)**

⁶ Organización de Estados Americanos (OEA). 1969. Cuenca del Plata: Estudio para su Planificación y Desarrollo.

⁷ Koutoudjian, A. 2007. Visión de Negocias de la Hidrovía Paraguay – Paraná.

3.556.941 km² como área de influencia regional (definida la misma como aquella que comprende las provincias, departamentos o estados contiguos a las provincias o departamentos ribereños y que pueden generar o transportar cargas hacia la Hidrovía).

Tabla 2.2-1. Áreas de influencia de la Hidrovía

| País | Departamento, Provincia o Estado | Área de Influencia (km ²) | | |
|-----------|----------------------------------|---------------------------------------|----------------|------------------|
| | | Inmediata | Mediata | Regional |
| Brasil | Mato Grosso | 24.398 | 99.321 | 903.358 |
| | Mato Grosso de Sul | 142.850 | 357.125 | 357.125 |
| | Sao Paulo | 16.557 | 153.592 | 153.492 |
| | Paraná | 6.967 | 58.990 | 58.990 |
| | Santa Catarina | 2.183 | 27.288 | 27.288 |
| | Río Grande do Sul | 9.942 | 132.111 | 132.111 |
| | Subtotal | 202.897 | 828.427 | 1.632.464 |
| Bolivia | Santa Cruz | +/- 74.000 | 370.621 | --- |
| | Chiquisaca | --- | 51.524 | --- |
| | Tarija | --- | 37.623 | --- |
| | Subtotal | 74.000 | 459.768 | 459.768 |
| Paraguay | Presidente Hayes | 72.907 | --- | --- |
| | Alto Paraguay | 82.349 | --- | --- |
| | Concepción | 18.051 | --- | --- |
| | San Pedro | 20.002 | --- | --- |
| | Cordillera | 4.493 | --- | --- |
| | Capital | 2.465 | --- | --- |
| | Ñeembucú | 12.147 | --- | --- |
| | Todos los Dptos. | --- | 405.037 | 405.037 |
| | Subtotal | 212.414 | 405.037 | 405.037 |
| Argentina | Formosa | 12.409 | 72.066 | 72.066 |
| | Chaco | 7.653 | 99.633 | 99.633 |
| | Corrientes | 17.395 | 88.199 | 88.199 |
| | Santa Fe | 37.074 | 133.007 | 133.007 |
| | Entre Ríos | 33.013 | 78.781 | 78.781 |
| | Misiones | 29.801 | 29.801 | 29.801 |
| | Subtotal | 137.345 | 501.487 | --- |
| | Córdoba | --- | --- | 165.321 |
| | Santiago del Estero | --- | --- | 135.351 |
| | Tucumán | --- | --- | 22.254 |
| | Salta | --- | --- | 155.488 |
| | Subtotal | --- | --- | 980.901 |

| País | Departamento, Provincia o Estado | Área de Influencia (km ²) | | |
|--------------|-------------------------------------|---------------------------------------|------------------|------------------|
| | | Inmediata | Mediata | Regional |
| Uruguay | Artigas | 11.928 | 11.928 | 11.928 |
| | Salto | 14.163 | 14.163 | 14.163 |
| | Paysandú | 13.922 | 13.922 | 13.922 |
| | Río Negro | 9.282 | 9.282 | 9.282 |
| | Soriano | 9.008 | 9.008 | 9.008 |
| | Colonia | 6.106 | 6.106 | 6.106 |
| | Subtotal | 64.409 | --- | --- |
| | San José | --- | 4.992 | 4.992 |
| | Canelones | --- | 9.370 | 9.370 |
| | Subtotal | --- | 78.771 | 78.771 |
| TOTAL | | 691.065 | 2.273.490 | 3.556.941 |

Fuente: Koutoudjian (2007)

2.3. El río Paraguay

Como ya fuera indicado (ver **Tabla 2.1–1**), la subcuenca del río Paraguay abarca, aproximadamente, 1.103.000 km² (34,8 % de la denominada Cuenca del Plata) correspondientes a territorios de Argentina, Brasil, Bolivia y Paraguay (ver **Tabla 2.1–2**). La mayor parte de la misma, salvo el sector correspondiente a los ríos Pilcomayo y Bermejo, se extiende por una inmensa llanura aluvial, de muy escasa pendiente y con extensas planicies de inundación.

Se trata de un río meandroso, que recorre una longitud de 2.625 km, con escurrimiento en dirección Norte – Sur y caudal medio anual del orden de 4.500 m³/s.

En el sector superior de la cuenca la pendiente es muy reducida, dando lugar al denominado "Pantanal" (que periódicamente queda cubierto por las aguas), mientras que aguas debajo del "Pantanal" la pendiente aumenta y la zona inundable se restringe a la margen derecha.

La planicie de inundación presenta un ancho variable: **a)** 1,0 a 15,0 km, al Norte del río Apa, **b)** 5,0 a 15,0 km en el tramo comprendido entre la desembocadura del río Apa y Asunción (siendo inundable, en general, sólo la margen derecha u Oeste) y **c)** 10,0 a 15,0 km al Sur de Asunción (donde las crecidas se desarrollan en ambas orillas).

Por su parte, el ancho medio del cauce principal es variable a lo largo del río: **a)** hasta la desembocadura del río Apa es de 120 a 600 m (aunque dentro del "Pantanal" se tienen anchos aún menores, variando de 40 a 200 m), **b)** al Sur de dicha desembocadura, el río se ensancha, y **c)** al Sur de Asunción (hasta su confluencia con el río Paraná) el ancho promedio es de 700 m, variando entre 260 y 2.700 m.

De acuerdo a Bucher et al. (1993)⁸ el río Paraguay está conformado por tramos de características distintivas:

⁸ Bucher, E. H.; Bonetto, A.; Boyle, T. P.; Canevari, P.; Castro, G.; Huszar, P. y Stone, T. 1993. Hidrovía: Examen inicial ambiental de la vía fluvial Paraguay – Paraná. Humedales para las Américas, Massachusetts, USA y Buenos Aires, Argentina, 74 pgs.

- El denominado “Alto Río Paraguay”, con una longitud de, aproximadamente, 1.670 km y comprendido entre las nacientes y la confluencia del río Apa, que corresponde a una cuenca con un área total de 496.000 km² (Agencia Nacional de Aguas del Brasil, 2001)⁹ desarrollados en parte de los territorios de Brasil (Estados de Mato Grosso y Mato Grosso do Sul), Bolivia y Paraguay.

La pendiente media es de 3,1 cm/km y la profundidad varía entre 4,0 y 10,0 m, salvo en los “bajos” y “pasos” donde la profundidad disminuye a 1,50 m. No obstante, en la zona llamada “Fecho dos Morros”, la pendiente del río pasa a ser de 1,3 a 2,3 cm/km y la velocidad de la corriente se reduce considerablemente.

Se reconocen dos áreas geográficas bien definidas: **a)** el denominado "Planalto", que representa la parte superior de la cuenca (encima de los 200 m de altitud) y **b)** el denominado "Pantanal", que representa la parte inferior de la cuenca (por debajo de los 200 m de altitud) y que, englobando un área de drenaje de 138.000 km², se caracteriza por su baja capacidad de drenaje (quedando sujeta, casi en su totalidad, a inundaciones periódicas).

En este tramo sus principales tributarios, por la margen derecha, son los ríos Jaurú, Cabaçal y Sepotuba y, por la margen izquierda, los ríos Cuiabá (con sus afluentes São Lourenço y Piquirí), Taquarí, Negro, Miranda (con su afluente Aquidauana) y Apa.

- El denominado "Medio Río Paraguay", comprendido entre la confluencia con el río Apa e Ytá Pyta Punta (ubicada 47 km al Sur de Asunción), que constituye un río relativamente profundo (con zonas de hasta 8,0 m), con presencia de numerosos bancos de arena y afloramientos rocosos y un ancho valle que, durante las crecientes, se expande unos 10,0 km.

En este tramo, caracterizado por una pendiente de 6,0 cm/km, los principales tributarios son los ríos Aquidaban, Ipané y Jejuy que proveen cerca del 20 % de la descarga de agua total del río Paraguay y que juegan un papel importante en la regulación del nivel del agua (ya sea “compensando” o “adicionándose a” los pulsos provenientes del Alto Río Paraguay).

- El denominado "Bajo Río Paraguay", comprendido entre Ytá Pyta Punta y la confluencia con el río Paraná, que constituye un río meandroso conformado por un canal principal único acompañado por una serie de "lagos" adyacentes y una planicie fluvial reducida.

En este tramo, caracterizado por una pendiente de 5,0 cm/km, los principales tributarios son los ríos Bermejo y Pilcomayo que, con extensiones de 1.780 y 1.125 km respectivamente, descienden desde la Cordillera de los Andes.

En particular, el río Pilcomayo atraviesa la región semiárida del Chaco como un curso muy meandroso, por lo que pierde gran parte de su masa de agua siendo, pues, muy pequeña su contribución al río Paraguay. El río Bermejo, por su parte, si bien presenta características similares, constituye una contribución más significativa.

El tramo objeto del presente informe es aquél que se desarrolla bajo jurisdicción compartida por las Repúblicas del Paraguay y Argentina y, particularmente, el comprendido entre la desembocadura del río Pilcomayo (km 1.618) y la localidad de Formosa (km 1.448) en el que, conforme al Artículo VIII del “Acuerdo para la Regularización, Canalización, Dragado, Balizamiento y Mantenimiento del Río Paraguay”, suscrito entre las Repúblicas de Argentina y Paraguay el 15/07/1969 y aprobado en la República del Paraguay por Ley N° 117/1969 y en la República Argentina por Ley N° 18.435/1969, “los trabajos de regularización, corrección del curso, dragado, profundización y

⁹ Agencia Nacional de Aguas (Brasil). 2001. Bacias brasileiras do Rio da Prata: Avaliações e propostas.

mantenimiento del río serán asumidos por partes iguales entre los Gobiernos Argentino y Paraguayo” (ver Figuras 2.3–1).

Figura 2.3–1. El área de estudio objeto de la presente consultoría en el contexto de la República del Paraguay



2.4. Importancia del tramo “Pilcomayo – Formosa”

El estudio realizado por CSI Ingenieros SA (2009), con relación a la viabilidad del mejoramiento del canal navegable “Pilcomayo – río Apa”, incluye, como recomendación final, el extender las obras de mejoramiento del canal navegable al tramo binacional compartido por las Repúblicas de Argentina y Paraguay ya que la inclusión de dicho tramo permitiría, por un lado, “evitar la creación de ‘embudos’ al pasar de un tramo con mejoras a un tramo sin mejoras” y, por otro, “asegurar niveles superiores de ingresos (carga)”.

En efecto, en dicho tramo se encuentran tanto importantes puertos graneleros como los puertos destinados a la recepción del petróleo (y sus derivados) que abastecen a la República del Paraguay.

Según CSI Ingenieros SA (2010)¹⁰ los puertos ubicados al Sur de la ciudad de Asunción son (entre otros):

¹⁰ CSI Ingenieros SA. 2010. Estudio del Sistema de Transporte Fluvial de Granos y Productos Procesados. Informe Final de Consultoría para el Proyecto “Apoyo al Proceso de Liberalización e Integración del Comercio Internacional” RG – M1015 (Banco Interamericano de Desarrollo – BID / Fondo Multilateral de Inversiones – FOMIN)

❑ **Molinos Harineros del Paraguay**

Se ubica a 4,0 km al Sur de la Bahía de Asunción (km 1.626) y opera, como un puerto de descarga de granos, en un predio de 51.180 m². El sector de muelle cuenta con “dolphins” para el atraque de buques y embarcaciones y posee dos tubos de succión (con una capacidad conjunta de 90 ton/hr) y un parque de silos (con una capacidad aproximada de 12.000 ton).

❑ **Terminal PETROPAR**

Ubicada en la localidad de Villa Elisa, a la altura del km 1.612 y propiedad de la empresa estatal “Petróleos Paraguayos” (PETROPAR). Cuenta con: **a)** una refinería (que ocupa un predio de 64 ha y posee una capacidad nominal de procesamiento de 1.200 m³/día de petróleo crudo para producir fuel oil, gasoil, kerosén, nafta virgen y gas licuado de petróleo), **b)** un parque de 42 tanques de petróleo crudo y combustibles líquidos (con una capacidad nominal total de 320.000 m³), **c)** una planta de recepción, almacenaje y despacho a granel de gas licuado de petróleo (con cuatro tanques esféricos de 2.000 m³ cada uno y cuatro islas de carga), **d)** un cargadero de camiones automatizado (con 16 bahías y 27 brazos de carga con una capacidad de despacho de 10.000 m³/día) y **e)** un terminal fluvial para la operación y recepción de barcazas (conformado por tres muelles de hormigón armado).

❑ **Naviera Conosur SA**

Ubicada en Puerto Pabla, distrito de Lambaré, a la altura del km 1.610. Cuenta con: **a)** un silo – galpón de 15.000 ton métricas con dos volcadores de recepción de granos y sistema de embarque mediante una cinta transportadora (con una capacidad de 500 ton métricas/hora), **b)** un embarcadero de aceite vegetal (de camiones a barcazas tanque) con tolva de recepción y cañerías de embarque (con una capacidad de 150 ton métricas/hora), **c)** un muelle de madera, tipo espigón, de 120 m de longitud (equipado con tuberías para el suministro de agua potable y combustibles) y **d)** muertos para el amarre de embarcaciones.

❑ **Concret Mix**

Ubicado en las proximidades del km 1.603. Ocupa un predio de 4,5 ha que cuenta con: **a)** un muelle de hormigón de 70 m de longitud y dos “dolphins” de madera, **b)** un galpón de 400 m² y un silo – galpón, con paredes de hormigón, dividido en tres secciones de 20.000 ton de capacidad total, **c)** una grúa fija de 40 ton y otra móvil de 30 ton de capacidad (para carga y descarga de mercaderías), **d)** una tolva para recepción de granos con parrilla metálica, **e)** tres correas transportadoras de 1,0 m de ancho y 400 ton/hr de capacidad para el transporte de granos, **f)** una cinta transportadora aérea de 250 ton/hr y 80 m de longitud (para la distribución de granos), **g)** un elevador de cangilones de 27 m de altura y 250 ton/hr de capacidad de ensilaje, y **h)** otro elevador de cangilones, de 17 m de altura y similar capacidad, para la alimentación de una balanza de flujo continuo (que posee un sistema de pesaje electrónico de 250 ton/hr de capacidad).

❑ **Puerto San Antonio (GICAL SA)**

También en las proximidades del km 1603. Su infraestructura incluye 13 ha, cinco galpones para depósito, nueve silos metálicos, cinco tumbadores de camiones y tres muelles de embarque con balanzas de flujo (uno de ellos con una grúa fija de descarga).

❑ **Terminal Norteño SA**

Ubicado en las proximidades del km 1.602. Cuenta con un muelle de 150 m de longitud (en el que operan una grúa fija, una grúa flotante y una grúa pórtico) y un predio de 4.300 m² donde funciona una planta procesadora de cal agrícola (dolomítica y calcítica) cuya línea de

producción incluye otros productos tales como cal magnesiana, cal para sales minerales y marmolina.

❑ **Terminales Portuarias SA (TERPORT SA)**

Ubicada en las proximidades del km 1.601. Ocupa un predio de 12 ha que brinda servicios portuarios de almacenaje, puerto seco, transporte terrestre y operaciones con cargas especiales. Cuenta con un muelle (con operación simultánea de dos grúas: una fija de 45 ton y otra móvil reticulada), una rampa para operaciones ro – ro y playas de contenedores donde se opera con “reach stackers” y “tomas reefer” para contenedores refrigerados.

❑ **Terminal Petrolera San Antonio SA (PETROSAN)**

También en las proximidades del km 1.601. Corresponde a una planta de recepción, almacenamiento y despacho de combustibles que comprende un predio de 14 ha y una terminal portuaria que opera en: **a)** la recepción y descarga de barcazas con almacenamiento en seis tanques terrestres (con una capacidad nominal de 35.000 m³) y posterior despacho a camiones cisternas o barcazas, y **b)** la recepción de camiones y almacenamiento en tanques terrestres y posterior despacho a barcazas. Las instalaciones portuarias corresponden a dos “dolphins” y un muelle de operaciones de hormigón armado con plataformas en dos niveles (a efectos de posibilitar las operaciones en distintas condiciones de altura del río); las operaciones de carga y descarga son realizadas mediante mangueras livianas de última generación (movidas, desde y hacia la barcaza, mediante una pluma con una capacidad de izado de 1,2 ton) y un sistema de tuberías compuesto por líneas independientes para cada tipo de producto.

❑ **Copetrol SA**

También en las proximidades del km 1.601. Posee instalaciones para la recepción, almacenamiento y distribución de combustibles y derivados. Las mismas cuentan con un muelle de 60 m de longitud con capacidad para la descarga simultánea de dos barcazas (mediante dos manifolds, de 6” y 8”, que conectan con cinco tanques con una capacidad de almacenamiento de 34.500 m³); cuenta además, con ocho tanques de gas licuado de petróleo (con 2.411 m³ de capacidad) y ocho tanques de alcohol (17.000 l cada uno).

❑ **Puerto Villeta**

Ubicado en las proximidades del km 1.593. Cuenta con un muelle de 435 m de longitud y 25 m de ancho apto para la operación de embarcaciones de hasta 10 pies de calado mínimo. Dispone de un depósito cubierto con 20.000 m³ de capacidad, un silo horizontal de 10.000 ton de capacidad, dos silos verticales de 6.000 ton cada uno, cuatro tanques para combustible de 150.000 l cada uno, galpones con 3.075 m² de superficie cubierta, una báscula de 80 ton de capacidad y una playa al aire libre con un área total de 60.000 m² dividida en ocho patios para contenedores. También cuenta con un sistema de carga a granel compuesto por un pórtico de 60 m de recorrido longitudinal alimentado por una cinta elevada cubierta, con una capacidad de carga de 500 ton/hr.

❑ **Puerto Angostura**

Ubicado en proximidades del km 1.586, cuenta con un muelle de 300 m de longitud (con capacidad de atraque para cinco barcazas), un silo galpón de 25.000 ton y una cinta transportadora de granos de 500 ton/hr de capacidad.

❑ **Terminal Uniport**

Ubicada en proximidades del km 1.584 posee una estructura para el atraque simultáneo de cinco barcazas y depósitos de granos con capacidad estática de 35.000 ton.

□ Puerto Custodia SA

Ubicado en proximidades del km 1.578. Ocupa una superficie de 95 ha 695 m² siendo su actividad principal la recepción, almacenamiento y carga de granos en barcazas; su infraestructura incluye: áreas administrativas (200 m²), vestuarios y sanitarios (50 m²), playas de estacionamiento (20.000 m²), un silo – galpón (con 30.000 ton de capacidad de almacenaje), tolva de descarga (cuatro camiones simultáneos) y un muelle de hormigón armado con dos “dolphins” para el atraque y amarre de las embarcaciones. El equipamiento incluye: cuatro elevadores, cinco cintas transportadoras, una balanza de pesaje continuo (500 ton/h), una báscula para camiones (80 ton) y una plataforma volcadora para la descarga de camiones.

A ellos deben agregarse, sobre la margen derecha del río y en territorio correspondiente a la República Argentina, las instalaciones del **Puerto de Formosa** ubicadas en proximidades del km 1.448, en la denominada “Curva” o “Vuelta Formosa”, que es un meandro de 90°, con un ancho promedio de 800 m, que presenta un banco de arena en su vértice Nordeste (que aflora en estiajes extraordinarios). Su profundidad promedio es de 4,30 a 5,30 m al Cero Hidrómetro Local. En el mismo se encuentra emplazado: **a)** un pontón flotante de 51,30 m de longitud, 11,45 m de ancho, 3,25 m de puntal y 2,10 m de calado máximo (denominado E-8)¹¹ que es utilizado para el embarque y desembarque de los pasajeros que efectúan el tránsito vecinal fronterizo entre las localidades de Formosa (República Argentina) y Alberdi (República del Paraguay), **b)** un muelle frontal con 383 m de longitud de atraque de los cuales 230 m están destinados a barcazas (de hasta 2,74 m – 9 pies – de calado) y embarcaciones de carga, **c)** el denominado “Muelle N° 1” que consiste en un espigón de madera con perfiles de hierro con 32,0 m de largo y 7,0 m de ancho, y **d)** un muelle flotante (denominado "TAG 1") que posee un frente de 30,0 m de largo y 15,0 m de ancho y que esta destinado al embarque de petróleo crudo con destino a la localidad de Villa Elisa (en la República del Paraguay).

¹¹ En el mismo Pontón funciona la sala de espera de pasajeros, el resguardo aduanero, el control migratorio y la boletería de expendición de pasajes.

3. SITUACIÓN ACTUAL DE LA NAVEGACIÓN EN EL RÍO PARAGUAY: TRAMO PILCOMAYO – FORMOSA

3.1. Características Generales

La navegación comercial del río Paraguay data de la época pre – independencia (1811) cuando existía una importante navegación tanto hacia el Norte (hasta la zona de Fuerte Olimpo) como hacia el Sur (desde la ciudad de Asunción del Paraguay). A partir de 1870 se establecieron los primeros puertos (Guaraní, Sastre, Casado y Pinasco) que exportaban tanino en buques de la Empresa Mihanovich (de nacionalidad argentina) que, por muchos años, mantuvo el monopolio de la navegación en el Alto Río Paraguay. Asimismo, corresponde indicar el transporte de los productos de la industria cementera establecida en la localidad de Vallemí (VALLEMI SA), el aprovisionamiento de las poblaciones ubicadas al Norte (hasta la localidad de Bahía Negra y extendiéndose, incluso, hasta las localidades de Corumbá y Cuyabá) así como el tráfico comercial entre las ciudades de Asunción y Buenos Aires.

En sus condiciones actuales, y coincidiendo con una alternancia de períodos de aguas altas y bajas ocurrido entre 1911 y 1961, puede decirse que la navegación tuvo su inicio a mediados de la década de los años 50's. Posteriormente quedó prácticamente interrumpida en el período de aguas bajas desarrollado entre 1962 – 1973 para reiniciarse a partir de 1974, aprovechando un nuevo período de aguas altas, año en que no sólo se reinicia la navegación sino que también las actividades económicas de producción de cargas a granel (especialmente las referidas a los minerales de hierro y manganeso, la soja y sus subproductos, el trigo, el petróleo y sus derivados, así como el clínker, los materiales calcáreos destinados a la producción de cemento y los productos forestales).

Por otra parte, durante la década de los años 60's la crisis y el alto costo del transporte por carretera determinó que los países promovieran la mejora de la gestión de las cuencas hidrográficas con el fin de hacer a la navegación – en esencia, el transporte de mercancías a granel mediante barcas conformando “trenes de barcas” o “convoyes” – más competitiva que el transporte de superficie. No obstante, los bajos niveles del agua no permitían un funcionamiento eficiente de los grandes convoyes, obligando a la adopción de prácticas de “desarme” y “arme”; práctica ésta, que aun hoy continúa desarrollándose.

En una visión regional, en la Hidrovía Paraguay – Paraná pueden reconocerse, atendiendo a las condiciones de navegación, varios tramos:

- Desde el punto de vista de las profundidades y calados admisibles (**Figura 3.1–1**):
 - Un tramo inferior – al Sur de la localidad de Rosario – que ha sido objeto de trabajos de profundización (realizados por Hidrovía SA) por lo que permite la navegación con 10,36 m (34 pies) de profundidad.
 - Un tramo intermedio – comprendido entre las localidades de Rosario y Santa Fe – que también ha sido objeto de trabajos de profundización (Hidrovía SA) por lo que permite la navegación con 7,62 m (25 pies) de profundidad.
 - Un tramo superior – ubicado al Norte de Santa Fe y que se extiende hasta la ciudad de Asunción (República del Paraguay) – donde, a partir de la reciente renegociación del

- contrato con Hidrovía SA,¹² deberá asegurarse una profundidad mínima de 3,65 m (12 pies) para lechos arenosos y semiduros y de 3,95 m (13 pies) para lechos duros.^{13, 14}
- Desde el punto de vista de las dimensiones máximas del tren de barcazas (**Figura 3.1–2**):
- Un primer tramo comprendido entre Cáceres (km 3.442) y Corumbá (km 2.770) que, a su vez, puede subdividirse en seis sectores:
 - ⇒ Cáceres (km 3.442) – Río Bracinho (km 3.283) donde se permite navegar con una manga de 24 m y una eslora de 140 m.
 - ⇒ Río Bracinho (km 3.283) – Río Suraré (km 3.223,5) donde se permite navegar con una manga de 24 m y una eslora de 80 m.
 - ⇒ Río Suraré (km 3.223,5) – Vuelta Pacu Gordo (km 3.114,8) donde se permite navegar con una manga de 24 m y una eslora de 140 m.
 - ⇒ Vuelta Pacu Gordo (km 3.114,8) – Volta do S (km 3.058) donde se permite navegar con una manga de 24 m y una eslora de 80 m.
 - ⇒ Volta do S (km 3.058) – Ponta del Morro (km 3.030) donde se permite navegar con una manga de 24 m y una eslora de 140 m.
 - ⇒ Ponta del Morro (km 3.030) – Corumbá (km 2.770) donde se permite navegar con una manga de 33 m y una eslora de 200 m.
 - Un segundo tramo comprendido entre Corumbá (km 2.770) y la desembocadura del río Apa (km 2.172,3) donde se permite navegar con una manga de 50 m y una eslora de 290 m.
 - Un tercer tramo comprendido entre la desembocadura del río Apa (km 2.172,3) y Confluencia (km 1.240) donde se permite navegar con una manga de hasta 60 m y una eslora de hasta 319 m.

¹² Ratificado, en la República Argentina, por Decreto N° 113/2010 del 21/01/2010.

¹³ Con respecto al tramo Confluencia – Asunción, de jurisdicción compartida entre la República Argentina y la República del Paraguay, cabe destacar que, de acuerdo a las “Condiciones Generales de las Tareas de Dragado y Balizamiento, Secciones Santa Fé – Confluencia y Confluencia – Asunción” (Anexo 3bis del “Acta de Acuerdo de Renegociación Contractual Integral UNIREN – HIDROVÍA SA”), “el Concedente se obliga a gestionar ante las autoridades nacionales o extranjeras que pudieran resultar competentes toda autorización, aprobación, permiso o acto administrativo que resulte necesario para que el Concesionario pueda iniciar, continuar o finalizar las tareas comprometidas” y “el Concesionario no será responsable por las demoras que se produzcan como consecuencia de la falta de obtención en tiempo oportuno de la autorización, aprobación, permiso o acto administrativo necesario para iniciar, continuar o finalizar las tareas comprometidas”.

¹⁴ Al presente, y de acuerdo al Boletín Fluvial del 24 de Noviembre de 2010 emitido por la Subsecretaria de Puertos y Vías Navegables de la República Argentina, las principales determinantes del tramo Santa Fé – Asunción son:

- 1) **Río Paraná:** **a)** tramo Santa Fe – Acceso Puerto Paraná (km 584 – 594): La Paciencia (progresiva km 586 con 2,20 m de profundidad), **b)** tramo Acceso Puerto Paraná – Hernandarias (km 594 – 689): Atrás Isla Puente – Canal Norte (progresiva km 596,5 con 2,40 m de profundidad), **c)** tramo Hernandarias – La Paz (km 689 – 757): Correntoso Viejo (progresiva km 707 con 3,05 m de profundidad), **d)** tramo La Paz – Acceso Esquina (km 757 – 853): Garibaldi (progresiva km 796 con 2,20 m de profundidad), **e)** tramo Acceso Esquina – Goya (km 853 – 971): Costa Cordillate (progresiva km 864 con 2,60 m de profundidad), **f)** tramo Goya – Bella Vista (km 971 – 1.056): Costa Ocampo (progresiva km 1.042 con 3,75 m de profundidad), **g)** tramo Bella Vista Empedrado (km 1.056 – 1.140): Travesía Carrizal (progresiva km 1.067 con 4,55 m de profundidad), **h)** tramo Empedrado – Corrientes (km 1.140 – 1.208): Punta Mercedes (progresiva km 1.152 con 2,65 m de profundidad), **e i)** tramo Corrientes – Confluencia (km 1.208 – 1.240): Isla Anteojos Bosnia (progresiva km 1.230 con 4,40 m de profundidad).
- 2) **Río Paraguay:** **a)** tramo Confluencia – Puerto Bermejo (km 1.240 – 1.305): Abajo Puerto Bermejo (progresiva km 1.303 con 4,10 m de profundidad), **b)** tramo Puerto Bermejo – Formosa (km 1.305 – 1.447): Travesía Cancha Larga (progresiva km 1.359 con 3,00 m de profundidad), **c)** tramo Formosa – Puerto Alicia (km 1.447 – 1.533): Paray (progresiva km 1.527 con 3,00 m de profundidad), y **d)** tramo Puerto Alicia – Pilcomayo (km 1.533 – 1.615): Vuelta Isla Lobato (progresiva km 1.533,7 con 2,70 m de profundidad).

- Un cuarto tramo comprendido entre Confluencia (km 1.240) y puerto San Martín (km 447) donde las dimensiones máximas del convoy se encuentran liberadas y a consideración del capitán (manteniendo los criterios de seguridad de acuerdo a las condiciones del río).
- Un quinto tramo comprendido entre el puerto San Martín (km 447) y Nueva Palmira donde es posible realizar la navegación según dos derrotas:
 - ⇒ A través de la desembocadura de los ríos Paraná Guazú – Paraná Bravo, donde se permite navegar con una manga de 50 m y una eslora de 290 m.
 - ⇒ A través del canal Playa Honda, donde se permite navegar con una manga de 50 m y una eslora de 236 m.

Figura 3.1–1. Tramos de la Hidrovía en función de las profundidades y los calados admisibles

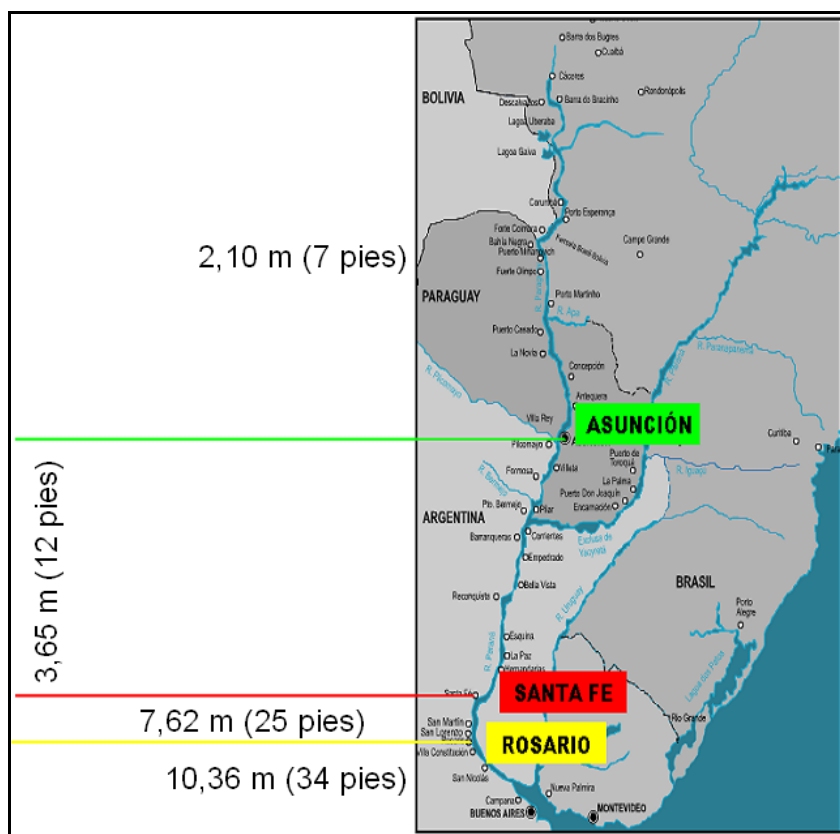
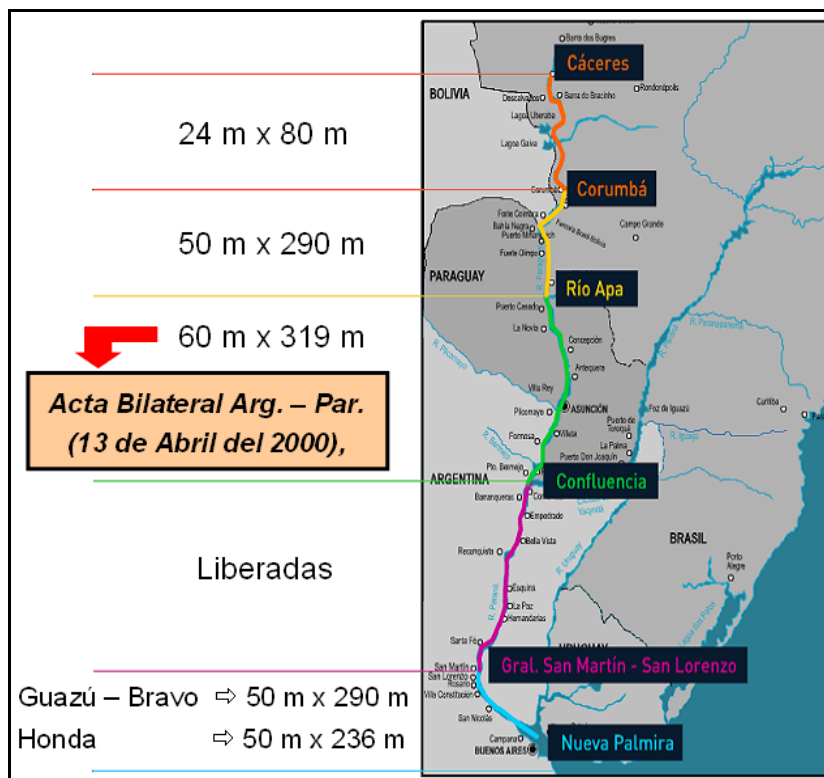


Figura 3.1–2. Tramos de la Hidrovía en función de las dimensiones máximas del tren de barcazas



3.2. Métodos para la Navegación

Dadas las características particulares de la Hidrovía Paraguay – Paraná, el conocimiento de la vía navegable por parte de los capitanes y patrones de las embarcaciones resulta esencial e insustituible, siendo un elemento siempre presente en la navegación fluvial.

En efecto, los capitanes, prácticos y baqueanos conocen “de memoria” las condiciones particulares de cada tramo del río incluyendo los rumbos a tomar, los lugares de baja profundidad, la ubicación de bancos, canales y balizas (incluso aquellas que han desaparecido) y las características del lecho (arena o “piedra”).

Dicho conocimiento – que no sólo incluye elementos restrictivos de la navegación sino que también apreciaciones sobre el comportamiento de los vientos y las corrientes y la respuesta de las embarcaciones a las diferentes maniobras – se va aprendiendo con el tiempo y con la continua navegación, elemento éste que resulta imprescindible para poder conducir un buque en el río.

Es así que los navegantes del río no usan, en forma permanente, las cartas de navegación sino que navegan de memoria ayudados por sencillos croquis.¹⁵ No obstante, en la práctica actual de su profesión y aprovechando los elementos que ofrece la tecnología, dichos profesionales también utilizan varios elementos de ayuda a la navegación que permiten obtener una mayor seguridad en la conducción, tanto de los grandes convoyes como de los buques autopropulsados. Ellos son: el radar, el ecosonda y la navegación electrónica.

¹⁵ Para el tramo Asunción – Formosa sólo se dispone del “Croquis del Río Paraguay (Confluencia – km 0 a Asunción – km 390) publicado en el año 2002, a escala 1/50.000, por el Servicio de Hidrografía Naval de la República Argentina.

El ecosonda y el radar resultan ser instrumentos imprescindibles; de hecho los grandes trenes de barcazas utilizan un sistema combinado conformado por dos ecosondas y dos radares: el capitán o patrón, sentado en la timonera, tiene, a cada lado, un radar de buena definición y, a su frente, dos ecosondas, una por cada banda, cuyos sensores se encuentran ubicados en el frente del convoy (unos 300 m más adelante). Adicionalmente, en numerosos tramos difíciles y pasos críticos – previo a la llegada del tren de barcazas – se envía, por delante, una lancha equipada con un ecosonda y boyarines que procede a verificar las profundidades y señalar las zonas más profundas. Ello permite cruzar muchos de estos tramos difíciles y pasos críticos con márgenes de agua bajo quilla (revancha bajo quilla) que, en muchos casos, resultan ínfimos; es decir que se navega de forma tal que no son posibles los errores.

Además, actualmente, los navegantes cuentan con la ayuda del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) que, desde el 1º de Mayo del año 2000, al deshabilitarse la denominada “degradación selectiva de la señal”, que implicaba una degradación intencional impuesta por el U. S. Department of Defense y que constituía la principal fuente de error, logra precisiones hasta diez veces mayores a las obtenidas hasta dicha fecha y que pueden estimarse como inferiores a los 10 m.

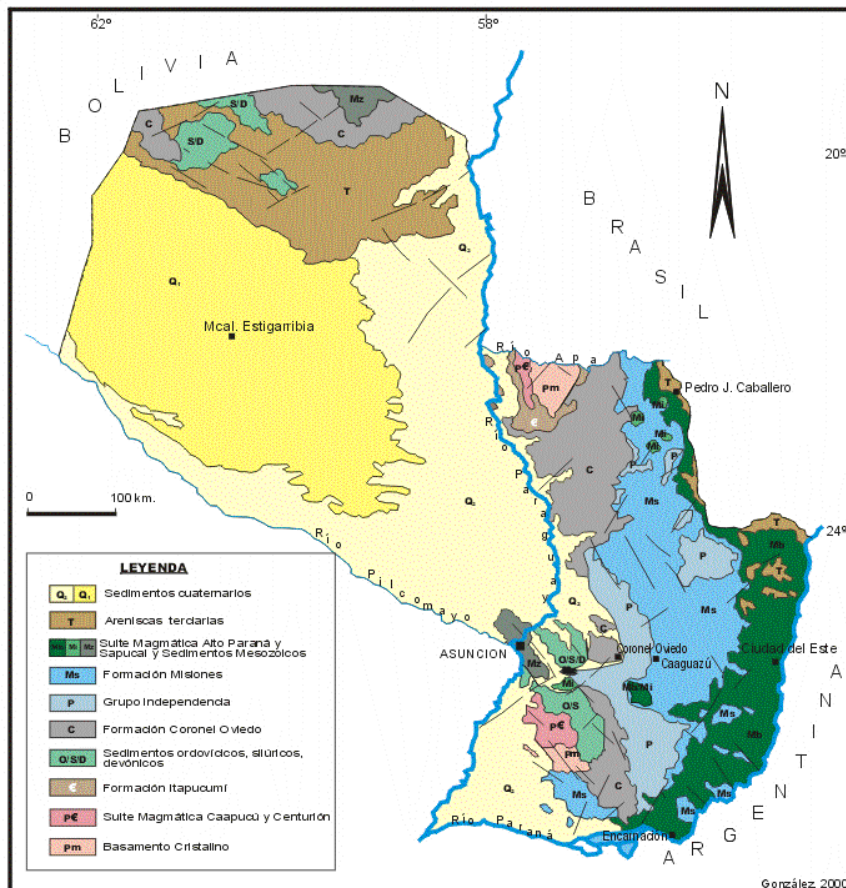
Es así que el GPS permite conocer, con suficiente precisión y en todo momento, la posición de la embarcación. No obstante, dicha información, por sí sola, no aporta mayores elementos a la navegación fluvial; es así que muchos capitanes y patrones utilizan un sistema combinado: la señalización sobre la marcha (como ya fuera indicado) y el archivo, en la memoria del GPS, de la ubicación de los boyarines y de la ruta de navegación (es decir, las posiciones de aguas seguras) y tal información es utilizada como “derrota” para las posteriores navegaciones; en los tramos difíciles y en los pasos críticos, continúan verificando las profundidades y, cada vez que se observan cambios en las condiciones, se archivan las nuevas “derrotas”.

Para entender las motivaciones de los procedimientos de navegación antes descriptos, es importante tener presente que – fruto de las condiciones morfológicas, hidrológicas y sedimentológicas – el canal navegable del río Paraguay cambia constantemente su conformación y ubicación, obligando a los navegantes a la permanente búsqueda de rutas alternativas.

Dicho canal de navegación responde, esencialmente, a sus condiciones morfológicas y sedimentológicas naturales siendo posible suponer que existe un equilibrio entre el caudal hídrico, el sedimento que el río transporta y el tamaño y la graduación de los materiales del lecho. Es así que, como consecuencia de los procesos de erosión – transporte – depositación, se conforman bancos de arena (“pasos”) que tienden a reducir la profundidad del río y que constituyen una importante determinante para la navegación.

Adicionalmente, las características geológicas del área (**Figura 3.2–1**) determinan la aparición de “pasos” vinculados a la presencia de materiales duros de variada naturaleza (incluyendo rocas ígneas y metamórficas).

Figura 3.4–3. Mapa geológico de la República del Paraguay



Fuente: González (2000)¹⁶

3.3. Condiciones Actuales

3.3.1. De la Vía Navegable

Como ya fuera indicado, la navegación comercial del río Paraguay, tuvo su inicio a partir de 1870 con la exportación de tanino en buques de la Empresa Mihanovich al que, posteriormente se agregaron los productos de la industria cementera (Vallemí SA), el aprovisionamiento de las poblaciones ubicadas al Norte (hasta la localidad de Bahía Negra y extendiéndose incluso hasta las localidades de Corumbá y Cuyabá) así como el tráfico comercial entre las ciudades de Asunción y Buenos Aires.

En sus condiciones actuales, coincidiendo con una alternancia de períodos de aguas altas y bajas ocurrido entre 1911 y 1961, la navegación tuvo su inicio a mediados de la década de los años 50's con la explotación de los yacimientos de hierro del Mutúm y Urucúm (en los alrededores de Corumbá y Puerto Quijarro), quedando interrumpida en el período de aguas bajas desarrollado entre 1962 – 1973.

¹⁶ **González, M. E. 2000.** Rocas y Minerales Industriales de Paraguay. Viceministerio de Minas y Energía, Dirección de Recursos Minerales. En Rocas y Minerales Industriales de Iberoamérica 2000: CYTED, Instituto Tecnológico GeoMinero de España, Ministerio de Ciencias y Tecnología, pag 347-354.

Posteriormente, a partir de 1974 y aprovechando un nuevo período de aguas altas, se reiniciaron tanto la navegación como las actividades económicas de producción de cargas a granel (mineral de hierro y manganeso, soja y subproductos, trigo, petróleo y derivados, productos forestales, clínker y materiales calcáreos).

En años más recientes, particularmente a partir de 1998, parece haberse iniciado un nuevo período de aguas bajas aunque conservándose la gran variabilidad interanual (ver **Figuras 3.3–1 y 3.3–2**); por su parte, la **Figura 3.3–3** permite apreciar la evolución del nivel del río Paraguay durante el período Enero/2008 – Noviembre/2010 en comparación con los niveles medios registrados durante el período “húmedo” ocurrido entre los años 1974 y 1998.¹⁷

Figura 3.3–1. Asunción: Niveles de agua anuales (período: 1911 – 2007)

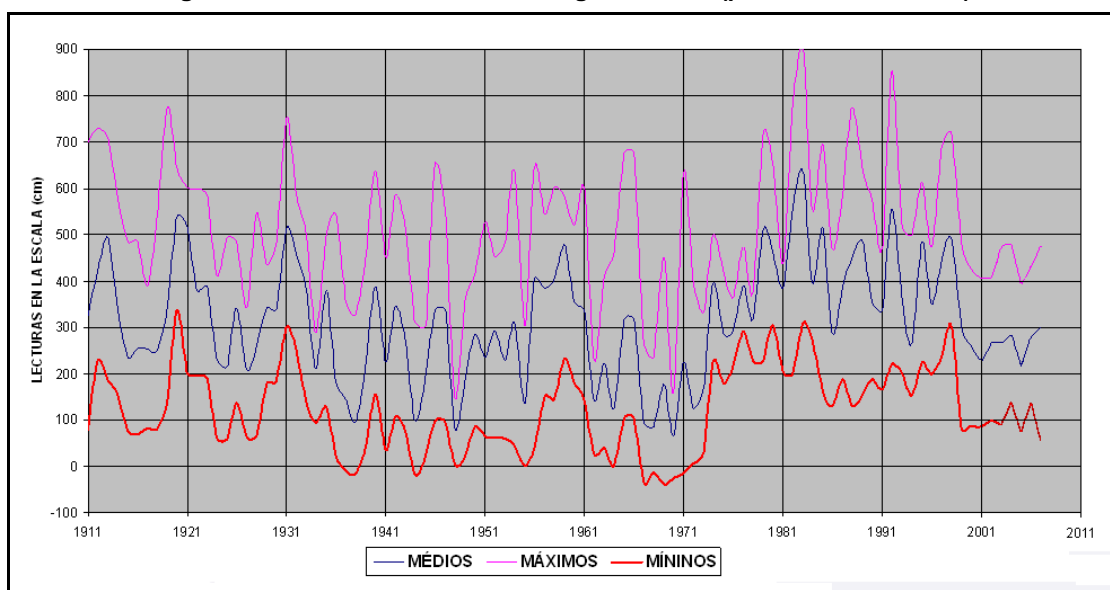
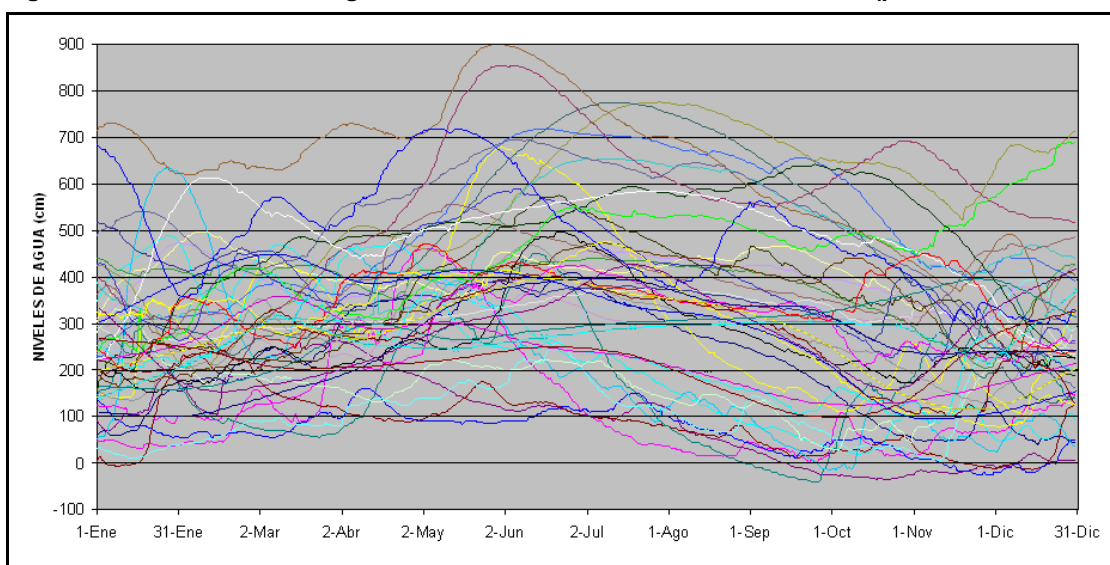
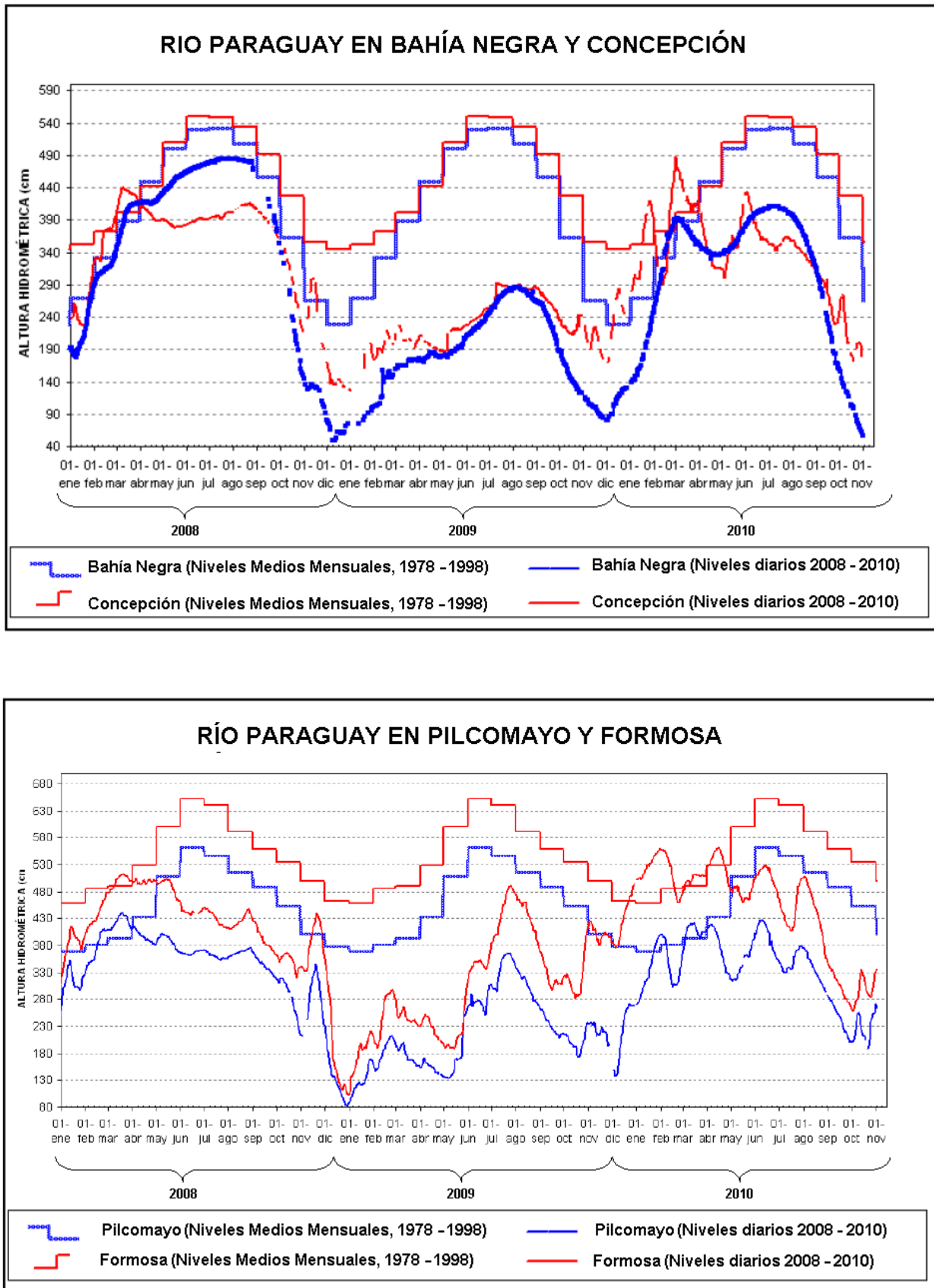


Figura 3.3–2. Asunción: Hidrogramas anuales de los niveles medios diarios (período: 1911 – 2007)



¹⁷ Goniadzki, D.; Borús, J.; Almeida, G. y Diaz, L. 2010. Posibles escenarios hidrológicos en la Cuenca del Plata durante el período Noviembre – Diciembre, 2010 a Enero, 2011. En: <http://www.ina.gov.ar/alerta/index.htm> (Fecha de Actualización: 04 de Noviembre de 2010)

Figura 3.3–3. Evolución del nivel del río Paraguay durante el período Enero/2008 – Noviembre/2010 en comparación con los niveles medios registrados durante el período “húmedo” 1974 – 1998



3.3.2. De la Navegación

En cuanto a su utilización, la vía navegable del río Paraguay es, mayoritariamente, operada por convoyes de barcasas que transportan graneles sólidos (soja y sus subproductos, trigo, mineral de hierro y manganeso, clinker, materiales calcáreos, cemento) y líquidos (petróleo y sus derivados, aceites) y que realizan el tráfico entre puertos del SW brasileño (Corumbá y Ladario), del Oeste boliviano (Terminal Aguirre) y del propio Paraguay (Vallemí y otros puertos menores) con puertos de Argentina, Uruguay y del propio Paraguay (Villeta). En particular, en el tramo comprendido en el entorno de la ciudad de Asunción, entre unos 30 km aguas arriba y unos 50 km aguas abajo, existe una importante participación de la carga de exportación paraguaya así como de la totalidad de la carga de importación (que incluye carga contenedorizada, petróleo y derivados).

Los convoyes están conformados por un conjunto de barcasas, acopladas entre sí, que conforman “trenes de barcasas” accionados por una unidad de empuje (remolcador) en la que se concentran tanto los sistemas de maniobra y propulsión como la tripulación.

Las dimensiones del “convoy” – es decir, el conjunto conformado por el tren de barcasas y el remolcador – quedan definidas, principalmente, por las barcasas que lo integran:

- ❑ Barcasas “jumbo ensanchadas”: 16,67 m de manga, 60 m de eslora y 2.600 t de capacidad de carga.
- ❑ Barcasas “Missisipi”: 10,66 m de manga, 60 m de eslora y 1.500 t de capacidad de carga.

Considerando que las unidades de empuje (remolcadores) alcanzan esloras de 50 m, se llega a una eslora total del tren de barcasas de 290 m. No obstante, en el tramo del río Paraguay comprendido entre la desembocadura del río Apa y su confluencia con el río Paraná, en virtud del Acta Bilateral Argentina – Paraguay del 13 de Abril de 2000 (basada en el Reglamento N° 7 del Acuerdo de Santa Cruz de la Sierra: “Régimen Único de Dimensiones Máximas de los Convoyes de la Hidrovía”), se otorga una tolerancia del 20 % en manga y del 10 % en eslora llevando tales dimensiones a 60 m y 319 m, respectivamente.

Dicho convoy navega aguas abajo, con carga acorde al calado permitido por las condiciones de nivel del río, a una velocidad que, en términos promedio, varía entre 6,0 – 8,0 km/h en los tramos de curvas y orzadas y 10 km/h en las rectas. Corresponde indicar que, por regla general, la navegación aguas arriba se realiza, mayoritariamente, con el convoy descargado.

El problema básico que se plantea es la caracterización de las condiciones actuales de la vía navegable y de la navegación en si misma, así como la definición de los requerimientos técnicos para el normal desarrollo de la navegación.

Las condiciones actuales de navegación en el tramo de jurisdicción exclusiva de la República del Paraguay, comprendido entre las desembocaduras de los ríos Apa y Pilcomayo, han sido descriptas en un informe previo (CSI Ingenieros SA, 2009).¹⁸

El presente informe considerará, únicamente, el tramo objeto de la presente consultoría; es decir, el tramo del río Paraguay de jurisdicción compartida, comprendido entre la desembocadura del río Pilcomayo y la localidad de Formosa, donde el convoy característico está conformado por veinte (20) o dieciséis (16) barcasas tipo “Missisipi” (10,66 m de manga, 60 m de eslora y 1.500 t de capacidad de carga) y una unidad de empuje (remolcador) de hasta 3.600 HP.

¹⁸ CSI Ingenieros SA, 2009. Estudio de Viabilidad del Mejoramiento del Canal Navegable “Pilcomayo – Apa” del Río Paraguay a través del sistema de participación público – privada.

Al igual que en el estudio previo (CSI Ingenieros SA, 2009) se realizó un particular esfuerzo orientado a la caracterización del estado actual de la vía navegable y, a tales efectos, se realizaron diversas entrevistas y consultas con:

- ❑ Capitanes de las empresas Panchita G SA, Transbarga de Navegación SA y UABL Paraguay SA.
- ❑ Miembros de la Sociedad de Capitanes y Prácticos de la Zona Sur del Río Paraguay.
- ❑ Funcionarios del Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MOPC) y de la Gerencia de Navegación e Hidrografía (GNH) de la Administración Nacional de Navegación y Puertos (ANNP).

Es decir que se realizaron entrevistas y consultas con:

- ❑ Quienes navegan constantemente en el tramo objeto del estudio:
 - Los capitanes de las tres empresas de navegación que representan el 49,75 % de la flota de barcazas que actualmente opera en la Hidrovía Paraguay – Paraná (ver **Tabla 3.3-1**).
 - Miembros del gremio que agrupa a los capitanes y prácticos de la zona Sur del Río Paraguay.
- ❑ Quienes representan a las autoridades del sector público (la Gerencia de Navegación e Hidrografía – GNH de la Administración Nacional de Navegación y Puertos – ANNP).

En dichas consultas y entrevistas no se aplicó un cuestionario previamente estructurado; las mismas se centraron en un único aspecto básico: las condiciones actuales de navegación y, muy especialmente, en: **a)** la identificación de la derrota de navegación para las distintas condiciones del río; **b)** la identificación de aquellos pasos que – actualmente – ofrecen algún tipo de dificultad para la navegación (explicitando en que consiste dicha dificultad); y **c)** la identificación de aquellos pasos que – actualmente – exigen el fraccionamiento del convoy durante condiciones de estiaje y/o de aguas medias.

Cabe destacar que, en todos los casos, se solicitó información sobre la ubicación, longitud y profundidad de los tramos más problemáticos y la altura del río en alguna escala de referencia (para el mismo momento en que se reportaba la profundidad) así como sobre los procedimientos para el cruce de los mismos y las demoras involucradas.

Resulta importante destacar que:

- ❑ En las entrevistas con quienes navegan constantemente en el tramo objeto del estudio fue posible acceder a las cartas y demás documentos (bitácoras) donde los mismos asientan las derrotas y los obstáculos encontrados en cada navegación.
- ❑ En las entrevistas con las autoridades fue posible acceder a información sobre los planes de balizamiento, los volúmenes históricos de dragado y las profundidades registradas en diversos relevamientos batimétricos.

Tabla 3.3–1. Flota actual que opera en la Hidrovía Paraguay – Paraná

| Empresa | Empujadores | Barcazas | Barcazas – Tanque | Total |
|----------------------|-------------|--------------|-------------------|--------------|
| UABL | 23 | 445 | 45 | 490 |
| Interbarge | 5 | 92 | --- | 92 |
| Naviera Chaco | 4 | 82 | --- | 82 |
| Transbarge Nav. | 5 | 79 | --- | 79 |
| Horamar | 6 | 59 | 30 | 89 |
| Fluviomar | 3 | 68 | 9 | 77 |
| Samuel Gutnisky | 2 | 61 | 20 | 81 |
| Bacia / Cinco | 10 | 70 | 15 | 85 |
| Panchita G. | 4 | 40 | --- | 40 |
| America Fluvial | 2 | 33 | --- | 33 |
| Navemar Unitrans | 3 | 20 | --- | 20 |
| Operadores Marítimos | 1 | 6 | --- | 6 |
| Naveriver | 3 | 44 | --- | 44 |
| Paraná River | 1 | 2 | --- | 2 |
| National Shipping | 1 | --- | 4 | 4 |
| Total | 73 | 1.101 | 123 | 1.224 |

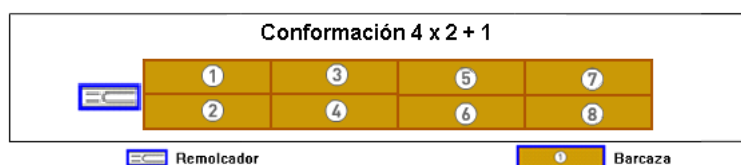
Fuente: Palou (2008)¹⁹

De acuerdo a la información así recopilada, es posible afirmar que, por norma general:

- ❑ Los “trenes de barcazas” procedentes del tramo ubicado al Norte de la ciudad de Asunción arriban a las proximidades de la Bahía de Asunción, aguas arriba de la localidad denominada Ytá Pitá Punta, y amarran sobre la margen derecha del río a efectos de proceder, a primeras horas del día, al fraccionamiento del “convoy” en “cortes” de ocho (8) barcazas en conformación 4 x 2 + 1.²⁰
- ❑ Con dicha configuración se realiza el franqueo de los pasos Ytá Pitá (km 1.626), Cassacia (km 1.618 – 1.623), Medín (1.606 – 1.608), San Antonio (km 1.604 – 1.605), Villeta (km 1.595), Buey Muerto (km 1.591), Angostura (km 1.587), Ytá Pirú (km 1.585) y Guyrati (km 1.581); corresponde destacar que, previo al franqueo de los pasos, se envía por delante una lancha equipada con ecosonda y boyarines (a efectos de verificar las profundidades y señalar las zonas más profundas).

¹⁹ Palou, G. 2008. Hidrovía Paraguay – Paraná: Requerimientos de Equipos. En Symbarge '08 – Primer Simposio sobre Construcción de Barcazas para el Transporte Fluvial, 26 al 28 de noviembre de 2008, Montevideo – Uruguay.

²⁰



- ❑ Una vez realizado el franqueo, el “primer corte” es amarrado sobre el margen del río, en amarraderos ubicados a la altura de las progresivas km 1.576 – 1.577, y se vuelve a navegar aguas arriba en busca del “segundo corte”.
- ❑ Una vez que el remolcador llega al sitio de “aguas arriba”, donde quedó amarrado el “segundo corte”, de ser necesario, queda a la espera del amanecer a efectos de realizar el franqueo de los pasos antes mencionados en horas diurnas.
- ❑ Una vez franqueados los pasos con el “segundo corte”, navegando según la derrota señalizada a efectos del cruce del “primer corte”, se vuelve a integrar el convoy y se navega aguas abajo, sin necesidad de realizar nuevos fraccionamientos.
- ❑ No obstante, los pasos Santa Rosa (km 1.558), Lobato (km 1.534) y Sepultura (km 1.509) son franqueados con precaución, a mínima velocidad, y, en muchas ocasiones, también enviando por delante una lancha equipada con ecosonda y boyarines (que verifica las profundidades y señala las zonas más profundas).

Todo lo anterior, sumado a las particularidades propias del tramo comprendido entre las desembocaduras de los Pilcomayo y Apa (ver CSI Ingenieros SA, 2009), conforma un escenario por demás complejo que determina que el tramo del río Paraguay comprendido entre la desembocadura del río Apa y la localidad de Formosa, sea uno de los más difíciles de toda la Hidrovía Paraguay – Paraná ocasionando las siguientes dificultades operativas:

- ❑ Mayores tiempos de navegación fruto de:
 - La necesidad de fraccionar el tren de barcazas para cruzar – en horas diurnas – ciertos pasos críticos.
 - Las demoras asociadas a los tiempos necesarios para la realización de sondajes y balizamientos (que, obviamente, requieren para su realización de las horas diurnas).
- ❑ Menor volumen de carga embarcada (muchas empresas realizan la carga de las barcazas a partir de información sobre las condiciones de nivel del río y previsiones propias del calado óptimo de navegación).
- ❑ Las limitaciones sobre calados máximos para las épocas de estiaje impuestas por la Autoridad Marítima de la República del Paraguay (por medio de Resoluciones Marítimas).²¹

Las mismas implican, necesariamente, sobrecostos para las economías de las empresas involucradas (no solo para las empresas navieras sino que también las relacionadas a la producción y otros rubros diversos). Además, la no utilización óptima de los recursos disponibles y las demoras en la navegación, provocan, invariablemente, atrasos en la entrega de la carga y en las transferencias de los trasbordos (con los riesgos concomitantes de pérdida de productos o la necesidad de utilizar las barcazas como “depósitos flotantes”, al menos hasta lograr consumir la correspondiente transferencia de carga).

²¹ A modo de ejemplo, con fecha 19 de Noviembre de 2010 la Armada Paraguaya, a través de la Prefectura General Naval, emitió la Resolución N° 96 por la cual resuelve modificar el calado máximo de las embarcaciones para la navegación en las aguas del río Paraguay: **a)** en el tramo Norte a 7,0 pies (2,13 m) y **b)** en el tramo Sur a 10,0 pies (3,05 m). Adicionalmente, recomienda, muy especialmente, fraccionar el convoy en los pasos críticos del tramo Norte, previo sondaje y balizamiento, de la siguiente forma: Casilda – Vallemiti (2 / 4 barcazas por vez según el calado de las barcazas), Palacio / Aguiñe (2 barcazas), Pinasco Superior e Inferior (2 barcazas), Guardia Cue (4 barcazas), Arrecife (2 barcazas), Alegre (4 barcazas), Toldo Cue / Romero Cue (4 barcazas), Itacurubi – Yaguarete – Saladillo (2 barcazas), Riacho Negro Superior hasta Inferior (4 barcazas), Milagros (4 barcazas), Pedemal (en 2 cortes del convoy de 16 barcazas), Curuzú Juanita (en 2 cortes del convoy de 16 barcazas), Barranquerita (2/4 barcazas por vez según el calado de las barcazas), Oculito Superior e Inferior (4 barcazas), Travesía Arecutacuá (en 2 cortes del convov de 16 barcazas), Tres Bocas (4 barcazas), y Remanso Castillo (2 / 4 barcazas según la potencia del remolcador).

3.3.3. De las Obras de Dragado

En el tramo objeto de la presente consultoría y en virtud del “Acuerdo para la Regularización, Canalización, Dragado, Balizamiento y Mantenimiento del Río Paraguay”²² ambos países han acordado (Artículo VIII) que “los gastos que demande la ejecución de los trabajos de regularización, corrección del curso, dragado, profundización y mantenimiento del río serán asumidos del siguiente modo: **a)** Tramo Confluencia – Formosa: por el Gobierno Argentino; **b)** Tramo Formosa – desembocadura del Río Pilcomayo: por partes iguales entre los Gobiernos Argentino y Paraguayo; y **c)** tramo al Norte de la desembocadura del Río Pilcomayo: por el Gobierno Paraguayo”.

Es así que, históricamente, en el tramo comprendido entre la desembocadura del Río Pilcomayo y la localidad de Formosa, objeto de la presente consultoría, se han realizado obras de dragado que han estado a cargo tanto de la Administración Nacional de Navegación y Puertos (ANNP) de la República del Paraguay como de Dirección Nacional de Vías Navegables (DNVN) de la Subsecretaría de Puertos y Vías Navegables (SSPyVN) de la República Argentina (**Tabla 3.3–2**).

Tabla 3.3–2. Obras de dragado realizadas en el tramo del río Paraguay comprendido entre la desembocadura del río Pilcomayo y la localidad de Formosa (año 1994 y período 1999 – 2006)

| Paso | AÑOS | | | | | | | | |
|-----------------------------|----------------|----------------|----------------|------------|----------------|---------------|------------|----------------|----------------|
| | 1994 * | 1999 ** | 2000 ** | 2001 ** | 2002 ** | 2003 ** | 2004 ** | 2005 ** | 2006 ** |
| Restinga Ytá Pirú – Guyratí | --- | 105.000 | --- | --- | --- | --- | --- | 118.000 | --- |
| Angostura | --- | --- | --- | --- | --- | 25.500 | --- | --- | --- |
| Buey Muerto | --- | 54.800 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Frente Puerto Villeta | 159.000 | --- | --- | --- | 102.000 | --- | --- | --- | --- |
| Restinga Villeta | 86.000 | --- | 105.800 | --- | --- | --- | --- | --- | 90.000 |
| San Antonio | 115.400 | --- | 90.900 | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Medín | 183.080 | --- | 31.500 | --- | --- | --- | --- | --- | 25.000 |
| TOTAL | 543.480 | 159.800 | 228.200 | --- | 102.000 | 25.500 | --- | 118.000 | 115.000 |

Notas: * Información tomada de HS – LB – EIH (1996)

** Información proporcionada por la ANNP según Nota D.E.H, 88/2010

No obstante, dichas obras no son realizadas de forma regular y los volúmenes son muy variables ya que las mismas no sólo dependen de las condiciones de la vía navegable (sus condiciones morfológicas e hidrológicas) sino que también de diversos aspectos vinculados a la disponibilidad de equipos y de recursos económicos.

²² Dicho acuerdo fue suscrito entre las Repúblicas de Argentina y Paraguay el 15 de Julio de 1969 y aprobado y ratificado en la República del Paraguay por Ley N° 117/1969 y en la República Argentina por Ley N° 18.435/1969.

3.3.4. De los Sistemas de Ayudas a la Navegación

El sistema de señalización actualmente vigente a lo largo de la Hidrovía Paraguay – Paraná se basa en las normas establecidas en el Reglamento Único de Balizamiento de la Hidrovía (Comité Intergubernamental de la Hidrovía – CIH, 1994), en las Normas IALA – B y en el denominado “Sistema de Acciones a Empezar”.

En el tramo objeto de la presente consultoría, correspondiente al río Paraguay entre las desembocaduras de los ríos Pilcomayo y la localidad de Formosa, en virtud del “Acuerdo para la Regularización, Canalización, Dragado, Balizamiento y Mantenimiento del Río Paraguay” ambos países han acordado (Artículo X) que “el balizamiento y señalización de ayudas a la navegación del río Paraguay, entre Confluencia y la desembocadura del río Pilcomayo, será establecido por la Comisión Mixta Técnica Ejecutiva con criterio de uniformidad para la navegación diurna y nocturna, con respecto a los tramos ya balizados” y que “su instalación y mantenimiento estará a cargo exclusivamente del Gobierno Argentino”.

Según COINHI (2004) buena parte de las señales de margen (balizas) se encuentran dañadas, cubiertas por la vegetación y, en general, no se visualizan fácilmente (ya que no poseen una buena reflexión de la luz); cabe destacar que tal situación fue confirmada en las entrevistas realizadas a capitanes y prácticos de las principales empresas de navegación. En cuanto a las boyas, la gran mayoría faltan.

En el marco de la presente consultoría se ha recopilado: **a)** la propuesta de ubicación de ayudas a la navegación oportunamente realizada por COINHI (2004), **b)** una propuesta de señalización realizada por la Administración Nacional de Navegación y Puertos – ANNP (sin fecha), y **c)** una reciente propuesta de señalización efectuada por la Sociedad de Capitanes de Cabotaje y Prácticos de la Zona Sur del Río Paraguay.

Finalmente, se considera necesario destacar que: **a)** las balizas (señales de margen) y las boyas representan, solamente, una parte de las posibles ayudas a la navegación y que no sustituyen la pericia de los capitanes y patrones de las embarcaciones ni las demás ayudas oportunamente descriptas en la **Sección 3.2**; y **b)** que su ubicación responde a la situación morfológica del río en el momento de ser instaladas y, consecuentemente, la evolución morfológica natural del río puede – en forma más o menos rápida – desactualizarlas (siendo necesario su permanente reposicionamiento).

3.3.5. Síntesis

Tomando en consideración la situación hidrológica evidenciada en la **Sección 3.3.1** (muy particularmente en las **Figuras 3.3–1 a 3.3–3**), las particularidades de la navegación, basada en prácticas de “desarme” y “arme” del tren de barcazas y de “envío por delante” de una lancha con el equipamiento necesario para verificar las profundidades y señalar las zonas más profundas (ver **Secciones 3.2 y 3.3.2**), la falta de obras de dragado realizadas en forma regular y en concordancia con las condiciones morfológicas e hidrológicas de la vía navegable (ver **Sección 3.3.3**) y la desactualización y/o falta de las correspondientes ayudas a la navegación (ver **Sección 3.3.4**), así como la magnitud de las actividades económicas que se desarrollan en el área de influencia del río Paraguay,²³ resulta imprescindible la ejecución de obras de dragado a efectos de prevenir un posible colapso de dichas actividades económicas.

²³ Tanto en el tramo de jurisdicción exclusiva de la República del Paraguay (comprendido entre las desembocaduras de los ríos Pilcomayo y Apá) como en el tramo de jurisdicción compartida con la República Argentina (comprendido entre la desembocadura del río Pilcomayo y la localidad de Formosa, objeto de la presente consultoría).

4. ANTECEDENTES CONSIDERADOS

La Hidrovía Paraguay – Paraná, conformada por los ríos de igual nombre, representa para los países que comparten dicho sistema fluvial – Argentina, Bolivia, Brasil, Paraguay y Uruguay – una importante vía de transporte fluvial que se desarrolla en el tramo comprendido entre Puerto Cáceres – Brasil (en su extremo Norte) y el Puerto Nueva Palmira – Uruguay (en su extremo Sur).

En consecuencia, en 1969, los cinco países firmaron el denominado “Tratado de la Cuenca del Plata” mediante el cual se acordó promover programas, estudios y obras en áreas de interés común y la adopción de medidas de fomento a la navegación fluvial.

En 1987, en la XVII Reunión de Cancilleres de la Cuenca del Plata (Santa Cruz de la Sierra, Bolivia) se aprobó la Resolución N° 210 declarando “de interés prioritario el desarrollo del sistema Paraguay – Paraná”.

En 1988, los Ministros de Transporte y Obras Públicas de los países miembros y funcionarios del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y del Fondo Financiero para el Desarrollo de la Cuenca del Plata (FONPLATA), se reunieron en el “Primer Encuentro Internacional para el Desarrollo de la Hidrovía Paraguay – Paraná” (Campo Grande, Brasil) con el objetivo de “identificar las opciones más adecuadas para el desarrollo de la Hidrovía, como corredor de transporte regional y como columna vertebral de una futura integración”.

En Setiembre de 1989, en la XIX Reunión de Cancilleres de la Cuenca del Plata, por Resolución N° 238, el Programa Hidrovía Paraguay – Paraná fue incorporado al sistema del “Tratado de la Cuenca del Plata” creándose, al mismo tiempo, por Resolución N° 239, el Comité Intergubernamental de la Hidrovía Paraguay – Paraná (CIH) asignándole las siguientes funciones: **a)** “identificar proyectos puntuales”, **b)** “determinar las prioridades de las obras y proyectos”, y **c)** “estudiar la compatibilización de la legislación aplicada a los países de la Cuenca del Plata y producir las recomendaciones a efectos de conformar un marco normativo para el funcionamiento del proyecto”. Además, se acordó establecer una Secretaría, con sede en Buenos Aires, a efectos de “organizar y preparar las reuniones del Comité”; en la práctica, dicha Secretaría pasó a ser la contraparte de los diversos estudios que posteriormente se realizaron.

Finalmente, en Octubre de 1989, los Cancilleres de los países de la Cuenca del Plata emitieron la denominada “Declaración de La Paz” y acordaron: **a)** “impulsar al más alto nivel político el Programa Hidrovía Paraguay – Paraná, como factor de integración de la Cuenca” y **b)** “invitar a la Secretaría para que, en coordinación con los gobiernos, convoque al Comité Intergubernamental de la Hidrovía (CIH) y realice gestiones, ante los organismos nacionales e internacionales, con el fin de obtener el asesoramiento para el diseño jurídico – administrativo y la asistencia financiera del Programa”.

Corresponde indicar que el Programa Hidrovía Paraguay – Paraná tiene por propósito “garantizar la navegación diurna y nocturna de convoyes – formados por barcazas y un remolcador de empuje – durante todo el año, de modo de permitir el transporte de los productos de la región en importantes volúmenes de carga, a través de grandes distancias y con el menor costo posible”.

Es así que existen múltiples antecedentes vinculados a la constitución del Comité Intergubernamental de la Hidrovía Paraguay – Paraná (CIH); los mismos fueron fruto de diversos esfuerzos de los países de, tanto a nivel individual como en el marco de la bilateralidad; la **Tabla 4.1–1** presenta algunos de dichos estudios.

Tabla 4.1–1. Listado de estudios previos al acuerdo de la Hidrovía Paraguay – Paraná

| Autor | Título | Lugar | Fecha |
|-----------------------------|--|-------------------------|-------|
| MOSP | Transportes argentinos: Plan de largo alcance | Buenos Aires | 1962 |
| OEA | Estudio para la planificación y desarrollo de la Cuenca del Plata | Washington, DC | 1969 |
| OEA | Cuenca del Plata | Washington, DC | 1971 |
| Futura Consultores Asoc. | Mejoramiento de la navegación en el Río Paraná | Buenos Aires | 1971 |
| IECO – ELC | Estudio del río Paraná | --- | 1972 |
| UNDP | Navegabilidad del río Paraguay al Sur de Asunción | Asunción | 1973 |
| MRE – BID – INTAL | El sistema institucional de la Cuenca del Plata | Buenos Aires | 1973 |
| A. Koutoudjián | Usos múltiples del agua: El transporte por agua | Buenos Aires | 1974 |
| Lahmeyer, Harza y Asoc. | Aprovechamiento del río Paraná | Buenos Aires | 1975 |
| BID – INTAL | Inventario de proyectos de integración la Cuenca del Plata | Buenos Aires | 1979 |
| PNUD – BIRF | Estudio de las terminales portuarias del río Paraná | Buenos Aires | 1979 |
| EBY | Estudio de las crecidas en los ríos Paraná y Paraguay | Buenos Aires | 1979 |
| FANU | Desarrollo de la flota Fluvial | Buenos Aires | 1980 |
| CEPAL | Transporte fluvial en la Cuenca del Plata | Santiago | 1981 |
| BID – INTAL | La eficiencia del transporte fluvial en la Cuenca del Plata | Buenos Aires | 1981 |
| Ministerio dos Transportes | Sistema de transportes brasileños y su articulación con los países el Cono Sur | Asunción | 1982 |
| CONARSUD | Estudio del flujo del corredor Sao Paulo – Buenos Aires | Buenos Aires | 1982 |
| CEPAL | Aspectos institucionales del transporte en la Cuenca del Plata | Santiago | 1982 |
| José Barbero | Forecasting barge flows in the Plate basin | Toronto | 1982 |
| A & E | Proyecto Paraná Medio: Transporte y navegación fluvial | Buenos Aires | 1983 |
| Luis Flory | Mejoramiento de la vía fluvial del Paraná | Buenos Aires | 1983 |
| CONSULTARA SA | Proyecto Puerto Escobar | Buenos Aires | 1983 |
| OEA | El transporte en la Cuenca del Plata | Washington, DC | 1985 |
| L. Rocholl y A. Koutoudjian | Estudio del transporte fluvial en el río Paraná | Buenos Aires – Asunción | 1986 |

Posteriormente, y a partir de los acuerdos antes mencionados, el Ministerio de Transporte de la República Federativa del Brasil, por cuenta del Comité Ad – Hoc de la Hidrovía, contrató, en 1989, a la consultora Internave Engenharia S.C. Ltda. (Brasil) para la elaboración del estudio de viabilidad

económica del proyecto;²⁴ al mismo tiempo, el gobierno argentino contrató a Conarsud S.A. – Asesoría y Consultoría (Argentina) para la realización de un estudio similar.²⁵

Los primeros estudios realizados en el marco del Programa Hidrovía Paraguay – Paraná, por encargo del Comité Intergubernamental de la Hidrovía (CIH), estuvieron orientados a evaluar técnica, económica y ambientalmente las mejoras de la navegabilidad y fueron divididos en tres partes o “módulos”:

- ❑ El denominado “Módulo A” comprendió: **a)** los estudios de ingeniería a corto plazo, los diseños ejecutivos y los estudios de factibilidad económica e impacto ambiental de las obras correspondientes al tramo Santa Fe – Corumbá, y **b)** la señalización del tramo comprendido entre Nueva Palmira y Corumbá.
- ❑ El denominado “Módulo B1” comprendió los estudios de ingeniería de mediano y largo plazo, los diseños preliminares y los estudios de prefactibilidad económica para el tramo Nueva Palmira – Cáceres.
- ❑ El denominado “Módulo B2” que comprendió la evaluación del impacto ambiental de las obras de mejoramiento y del funcionamiento de la Hidrovía Paraguay – Paraná (en toda su extensión).

Los estudios correspondientes a los dos primeros módulos fueron adjudicados al Consorcio HidroService – Louis Berger – Estudio de Ingeniería Hidráulica,²⁶ mientras que los correspondientes al tercero fueron adjudicados al Consorcio Taylor – Golder – Consular – Connal.²⁷

A dichos estudios siguieron otros.²⁸ En particular, como antecedentes básicos para el desarrollo de la presente consultoría se consideraron los realizados por el denominado Consorcio de Integración Hidroviaria (COINHI)^{29, 30} y CSI Ingenieros SA (2009).³¹

²⁴ **Internave Engenharia S.C. Ltda., 1992.** Hidrovía Paraguai – Paraná: Estudio de viabilidad económica.

²⁵ **Conarsud SA – Asesoría y Consultoría, 1989.** Estudio de Prefactibilidad Técnico – Económico para el Mejoramiento de la Vía Fluvial de Navegación Paraná – Paraguay.

²⁶ **Hidroservice – Louis Berger – Estudio de Ingeniería Hidráulica, 1996.** Estudios de Ingeniería y Viabilidad Técnica y Económica del Mejoramiento de las Condiciones de Navegación de la Hidrovía Paraguay – Paraná: Tramo Santa Fe – Corumbá.

Hidroservice – Louis Berger – Estudio de Ingeniería Hidráulica, 1996. Estudios de Ingeniería y Viabilidad Técnica y Económica del Mejoramiento de las Condiciones de Navegación de la Hidrovía Paraguay – Paraná: Tramo Puerto Cáceres – Puerto Nueva Palmira.

²⁷ **Taylor – Golder – Consular – Connal, 1997.** Evaluación del Impacto Ambiental del Mejoramiento de la Hidrovía Paraguay – Paraná.

²⁸ **ALADI – IDRC – CIID, 1998.** Gestión Participativa de la Cuenca Hidrográfica Paraguay – Paraná.

Rogge Marine Consulting GMBH, 1998. Necesidades de los Puertos de la Hidrovía Paraguay – Paraná.

Convenio OCT/NR – CIH/FONPLATA, 1995. Desarrollo de las Zonas productivas en las Áreas de Influencia Portuaria.

Koutoudjian, A., 2004, 2006 y 2007. Visión de Negocios de la Hidrovía Paraguay – Paraná.

²⁹ **Consorcio Integración Hidroviaria (COINHI), 2004.** Estudio Institucional – Legal, de Ingeniería, Ambiental y Económico Complementario para el Desarrollo de las Obras en la Hidrovía Paraguay – Paraná entre Puerto Quijarro (Canal Tamengo), Corumbá y Santa Fe.

³⁰ Integrado por las firmas CSI Ingenieros SRL (Uruguay), Consultora Oscar G. Grimaux & Asociados SAT (Argentina), JMR Engenharia SC Ltda. e Internave Engenharia SC Ltda. (Brasil) y Vía Donau (Austria).

³¹ **CSI Ingenieros SA, 2009.** Estudio de Viabilidad del Mejoramiento del Canal Navegable “Pilcomayo – Apa” del Río Paraguay a través del sistema de participación público – privada.

5. DEFINICIÓN TÉCNICA DE LAS OBRAS

A efectos de los objetivos de la presente consultoría (el estudio de la viabilidad del mejoramiento de la vía navegable del río Paraguay en el tramo comprendido entre la desembocadura del río Pilcomayo y la localidad de Formosa) se procedió a:

- En primer lugar, al análisis de la información técnica disponible mediante la revisión de los informes finales correspondientes a los estudios realizados por la Asociación HidroService – Louis Berger – Estudio de Ingeniería Hidráulica (HS – LB – EIH, 1996) y el Consorcio de Integración Hidroviaria (COINHI, 2004).
- En segundo lugar, a la caracterización del estado actual de dicha vía navegable a partir de entrevistas y consultas con (ver **Sección 3.3.2**):
 - Capitanes de las empresas Panchita G SA, Transbarga de Navegación SA y UABL Paraguay SA.
 - Miembros de la Sociedad de Capitanes y Prácticos de la Zona Sur del Río Paraguay.
 - Funcionarios del Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MOPC) y de la Gerencia de Navegación e Hidrografía (GNH) de la Administración Nacional de Navegación y Puertos (ANNP).

5.1. Revisión y Análisis de la Información Técnica Disponible

5.1.1. Estudios realizados por la Asociación HidroService – Louis Berger – Estudio de Ingeniería Hidráulica (HS – LB – EIH, 1996)

Los estudios desarrollados por la Asociación HidroService – Louis Berger – Estudio de Ingeniería Hidráulica (HS – LB – EIH, 1996) se refirieron a los denominados Módulos A (“Mejoramiento de las Condiciones de Navegación en la Hidrovía Paraguay – Paraná desde el Puerto de Santa Fe a Corumbá – Puerto Quijarro” y “Señalización desde el Puerto de Nueva Palmira a Corumbá – Puerto Quijarro”) y B1 (“Estudios de Ingeniería y Factibilidad Económica de la Hidrovía Paraguay – Paraná desde Puerto Cáceres hasta Nueva Palmira y Señalización desde Puerto Cáceres a Corumbá”).

Dichos informes fueron analizados y resumidos en un estudio anterior (CSI Ingenieros SA, 2009) por lo que en el presente documento se considerarán – únicamente – aquellos aspectos relacionados con el objetivo de la presente consultoría.

De acuerdo a los estudios realizados, la Hidrovía Paraguay – Paraná presenta, en todo su recorrido, restricciones a la navegación de diverso tipo entre las cuales resultan de particular relevancia los denominados “pasos” entendiéndose como tales a “aquellos lugares que, por alguna razón física, significan una restricción o un peligro para el paso de las embarcaciones”; dichas razones pueden estar dadas por el ancho insuficiente del canal navegable o por la presencia de bajas profundidades, de “piedras” (tanto en las márgenes como en el fondo del río) o de curvas pronunciadas.

En el tramo comprendido entre las ciudades de Santa Fe (Río Paraná, km 590) y Corumbá (Río Paraguay, km 2.770) se identificaron y listaron alrededor de 250 pasos con problemas diversos y de diferente magnitud.

Posteriormente, a partir de dicho listado se seleccionaron aquellos pasos que, por su importancia, merecían ser objeto de estudios específicos; a tales efectos se tuvo en cuenta la opinión de las

instituciones a cargo del mantenimiento de la Hidrovía³² y consultas efectuadas a capitanes y baqueanos.³³

Para el tramo objeto de la presente consultoría, comprendido entre la desembocadura del río Pilcomayo (km 1.618) y la localidad de Formosa (km 1.448), la **Tabla 5.1–1** presenta la totalidad de los pasos identificados e incluye información sobre su naturaleza y sobre los pasos seleccionados a efectos de los estudios realizados por HS – LB – EIH (1996) así como la identificación de aquellos pasos en que se realizaron relevamientos batimétricos y geofísicos; por su parte, la **Tabla 5.1–2** presenta aquellos pasos que fueron identificados como impedimentos para una navegación continua en dicho tramo.

Tabla 5.1–1. Tramo comprendido entre la desembocadura del río Pilcomayo y la localidad de Formosa: Pasos identificados por la Asociación HidroService – Louis Berger – Estudio de Ingeniería Hidráulica (1996)

| N° | km (BA) | Denominación | Observaciones | Considerado en el estudio | Tipo de Relevamiento | |
|-----|-----------------|-------------------------------|---------------|---------------------------|----------------------|-----------|
| | | | | | Batimétrico | Geofísico |
| 99 | 1452,5 | Travesía Vuelta Gómez | Curva | ✓ | --- | --- |
| 100 | 1458 – 1459 | Travesía Monteagudo | --- | --- | --- | --- |
| 101 | 1460,5 | Travesía La Ninfa | --- | --- | --- | --- |
| 102 | 1463,5 | Travesía Arriba La Ninfa | --- | --- | --- | --- |
| 103 | 1467 – 1468 | Travesía Agatape | --- | --- | --- | --- |
| 104 | 1472 – 1473,5 | Travesía Pilaga | --- | --- | --- | --- |
| 105 | 1477,5 – 1480 | Travesía Abajo Victoria | --- | --- | --- | --- |
| 106 | 1480 – 1487 | Isla Oliva | --- | --- | --- | --- |
| 107 | 1487 – 1490 | Villa Oliva | --- | --- | --- | --- |
| 108 | 1493 – 1494 | Travesía Yacaré | --- | --- | --- | --- |
| 109 | 1501 – 1502,5 | Travesía Villa Emilia | --- | --- | --- | --- |
| 110 | 1506 – 1510 | Cortada Orange | --- | ✓ | --- | --- |
| 111 | 1512,5 – 1519 | Dalmacia – Morterito | --- | ✓ | --- | --- |
| 112 | 1521 – 1528 | Paray | --- | --- | --- | --- |
| 113 | 1528 | Travesía Boca Inferior Lobato | --- | --- | --- | --- |
| 114 | 1532,5 – 1534,5 | Vuelta Isla Lobato | --- | --- | --- | --- |
| 115 | 1538 – 1545 | Cancha Mercedes | --- | --- | --- | --- |
| 116 | 1548 – 1552 | Travesía Laguna | --- | --- | --- | --- |
| 117 | 1553,5 – 1555 | Travesía Abajo Santa Rosa | --- | --- | --- | --- |
| 118 | 1558 – 1561 | Travesía Santa Rosa | --- | --- | --- | --- |

³² Dichas instituciones fueron: **a)** la Dirección de Construcciones Portuarias y Vías Navegables (DCPyVN – Argentina), **b)** la Administración Nacional de Navegación y Puertos (ANNP – Paraguay) y **c)** la Directoría de Hidrografía y Navegação (DHN – Brasil).

³³ Por ser ellos los usuarios de la vía navegable y quienes enfrentan las situaciones que son objeto de los estudios de mejoramiento.

| N° | km (BA) | Denominación | Observaciones | Considerado en el estudio | Tipo de Relevamiento | |
|-----|-----------------|-----------------------------|----------------|---------------------------|----------------------|-----------|
| | | | | | Batimétrico | Geofísico |
| 119 | 1567,5 – 1568,5 | Abajo Orzada Palma | --- | --- | --- | --- |
| 120 | 1572 – 1573,5 | Orzada Palma | --- | --- | --- | --- |
| 121 | 1580 – 1583 | Restinga Ita Pirú - Guyratí | Curva / Piedra | ✓ | ✓ | --- |
| 122 | 1586,5 – 1587 | Angostura | --- | --- | --- | --- |
| 123 | 1589,5 – 1590,5 | Buey Muerto | --- | ✓ | --- | --- |
| 124 | 1591 – 1592,5 | Frente Puerto Villeta | --- | ✓ | --- | --- |
| 125 | 1594 – 1594,5 | Restinga Villeta | Piedra | ✓ | --- | --- |
| 126 | 1597 – 1598 | Travesía Abay | --- | --- | --- | --- |
| 127 | 1602,5 – 1605 | Travesía San Antonio | --- | ✓ | --- | --- |
| 128 | 1606 – 1608 | Medín | --- | ✓ | --- | --- |
| 129 | 1610,5 | Frente Puerto Paula | --- | --- | --- | --- |
| 130 | 1613 – 1614 | Abajo Puerto Pilcomayo | --- | ✓ | --- | --- |
| 131 | 1616 – 1619 | Riacho Orange | --- | --- | --- | --- |

Notas: **1)** Para el tramo en consideración HS – LB – EIH (1996) indican que podría considerarse la realización de obras de estabilización de canales en: **a)** en el Paso N° 99 (Travesía Vuelta Gómez) y **b)** en el Paso N° 121 (Ita Pirú – Guyratí). **2)** El kilometraje de la Hidrovía se refiere a la Dársena Sur del Puerto de Buenos Aires; desde allí, la ruta de navegación continúa por el Río de la Plata y el Paraná Guazú, en la zona del Delta del Río Paraná, hasta llegar al Río Paraná, propiamente dicho, continuando por éste y por el Río Paraguay. Las Cartas Náuticas brasileñas, por su parte, adoptan un kilometraje que tiene por inicio la Confluencia de los ríos Paraná y Paraguay (km 1.240 de la Hidrovía). En Paraguay es usual emplear un kilometraje hasta Asunción con el cero en Confluencia (km 1.240 de la Hidrovía) y otro, desde Asunción hacia el Norte, con el cero en Asunción (km 1.630 de la Hidrovía).

Tabla 5.1–2. Tramo comprendido entre la desembocadura del río Pilcomayo y la localidad de Formosa: Pasos identificados por la Asociación HidroService – Louis Berger – Estudio de Ingeniería Hidráulica (1996) como impedimentos para una navegación continua

| N° | km (BA) | Denominación | Observaciones |
|-----|-----------------|-----------------------------|----------------|
| 99 | 1452,0 – 1455,5 | Travesía Vuelta Gómez | Curva |
| 110 | 1506,0 – 1511,0 | Cortada Orange | --- |
| 111 | 1512,0 – 1516,5 | Dalmacia – Morterito | --- |
| 121 | 1577,0 – 1586,0 | Restinga Ita Pirú – Guyratí | Curva / Piedra |
| 123 | 1589,0 – 1591,0 | Buey Muerto | --- |
| 124 | 1591,5 – 1593,0 | Frente Puerto Villeta | --- |
| 125 | 1594,0 – 1595,5 | Restinga Villeta | Piedra |
| 127 | 1602,5 – 1605,0 | Travesía San Antonio | --- |
| 128 | 1606,0 – 1608,5 | Medín | --- |
| 130 | 1613,0 – 1615,0 | Abajo Puerto Pilcomayo | --- |

A partir de las tablas anteriores se observa que, de un total de 33 pasos identificados, el estudio en consideración (HS – LB – EIH, 1996) concluye que sólo 10 constituyen impedimentos para la navegación.

Tomando en consideración que la profundidad de dragado, y consecuentemente el volumen de dragado, deben ser computados de manera uniforme a lo largo de toda la Hidrovía y que los mismos deben ser referidos a un plano que pase por niveles definidos a partir de un criterio uniforme, HS – LB – EIH (1996) determinaron, para una serie de estaciones limnimétricas seleccionadas, los “niveles de reducción” con respecto a los “ceros hidrográficos” cuyo objetivo es determinar un nivel extremo de aguas bajas en relación al cual se estableció la profundidad determinante de los canales de navegación (**Tabla 5.1–3**).³⁴

Tabla 5.1–3. Niveles de reducción adoptados por la Asociación HidroService – Louis Berger – Estudio de Ingeniería Hidráulica (1996)

| Hidrómetro | km | Cotas del Cero (m) | | | Ajuste al IGM (Arg.) | Cota al IGM Arg. | Nivel de Reducción | Nivel de Reducción (IGM Arg.) |
|------------------|-------|--------------------|--------------|------------|----------------------|------------------|--------------------|-------------------------------|
| | | IGBE (Bras.) | IGM (Parag.) | IGM (Arg.) | | | | |
| Ladario | 2.755 | 82,15 | --- | --- | - 0,13 | 82,02 | + 0,08 | 82,10 |
| Manga | 2.686 | 78,58 | --- | --- | - 0,13 | 78,45 | + 2,24 | 80,69 |
| Pto. Esperança | 2.628 | 79,66 | --- | --- | - 0,13 | 79,53 | - 0,49 | 79,04 |
| Forte Coimbra | 2.561 | 78,90 | --- | --- | - 0,13 | 78,77 | - 1,18 | 77,59 |
| Bahía Negra | 2.490 | 76,69 | --- | --- | - 0,13 | 76,56 | - 0,18 | 76,38 |
| Bco. Bramço | 2.322 | 72,45 | --- | --- | - 0,13 | 72,32 | + 0,91 | 73,23 |
| Fecho dos Morros | 2.271 | 71,75 | --- | --- | - 0,13 | 71,62 | + 0,78 | 72,40 |
| Porto Murtinho | 2.236 | 70,75 | --- | --- | - 0,13 | 70,62 | + 1,43 | 72,05 |
| Puerto Casado | 2.144 | --- | 70,26 | --- | - 0,84 | 69,42 | + 1,00 | 70,42 |
| Puerto Pinasco | 2.072 | --- | 68,64 | --- | - 0,84 | 67,80 | + 0,80 | 68,60 |
| Pto. Concepción | 1.940 | --- | 65,13 | --- | - 0,84 | 64,29 | + 0,81 | 65,10 |
| Tacurupyta | 1.887 | 62,09 | --- | --- | - 0,84 | 61,69 | + 1,19 | 63,15 |
| Antequera | 1.828 | --- | 61,12 | --- | - 0,84 | 60,28 | + 0,27 | 60,55 |
| Rosario | 1.777 | --- | 58,34 | --- | - 0,84 | 57,50 | + 0,37 | 57,87 |
| Asunción | 1.630 | --- | 54,04 | --- | - 0,84 | 53,20 | + 0,24 | 53,44 |
| Villeta | 1.593 | --- | 52,86 | --- | - 0,84 | 52,02 | - 0,08 | 51,94 |
| Guyratí | 1.580 | --- | 51,32 | --- | - 0,84 | 50,48 | + 0,56 | 51,04 |
| Paraíso | 1.522 | --- | 49,99 | --- | - 0,84 | 49,15 | + 0,43 | 49,58 |

³⁴ Dicho “nivel de reducción” fue definido como “el nivel diario sobrepasado en un 90 % del tiempo en un año seco, definido éste último como aquél que presenta un período de recurrencia de 10 años”. A tales efectos fueron realizados análisis de consistencia de las series limnimétricas, mediante correlaciones de las cotas medias mensuales del período común de observaciones en pares de estaciones adyacentes, y se determinaron las curvas de duración anuales de las series depuradas determinándose, para cada año, el nivel con duración de 10 %. Posteriormente, por correlaciones múltiples entre persistencias, se extendieron las persistencias de todas las estaciones consideradas y, con ellas, fueron establecidas, para cada estación, curvas de probabilidad que permitieron asociar persistencias y períodos de retorno. Se obtuvieron así, para toda la Hidrovía, los niveles de reducción correspondientes.

| Hidrómetro | km | Cotas del Cero (m) | | | Ajuste al IGM (Arg.) | Cota al IGM Arg. | Nivel de Reducción | Nivel de Reducción (IGM Arg.) |
|----------------|-------|--------------------|--------------|------------|----------------------|------------------|--------------------|-------------------------------|
| | | IGBE (Bras.) | IGM (Parag.) | IGM (Arg.) | | | | |
| Formosa | 1.447 | --- | --- | 46,75 | 0,00 | 46,75 | + 0,50 | 47,25 |
| Puerto Pilar | 1.329 | --- | 46,46 | --- | - 0,84 | 45,62 | +1, 13 | 46,75 |
| Puerto Bermejo | 1.305 | --- | --- | 45,62 | 0,00 | 44,14 | + 1,00 | 45,14 |
| Corrientes | 1.208 | --- | --- | 41,84 | 0,00 | 41,84 | + 1,54 | 43,38 |
| Empedrado | 1.140 | --- | --- | 39,13 | 0,00 | 39,13 | + 1,30 | 40,43 |
| Bella Vista | 1.057 | --- | --- | 34,18 | 0,00 | 34,18 | + 1,39 | 35,57 |
| Goya | 972 | --- | --- | 29,12 | 0,00 | 29,12 | +1,88 | 31,00 |
| Reconquista | 950 | --- | --- | 27,13 | 0,00 | 27,13 | + 2,19 | 29,32 |
| Esquina | 853 | --- | --- | 21,47 | 0,00 | 21,47 | + 1,93 | 23,40 |
| La Paz | 757 | --- | --- | 15,97 | 0,00 | 15,91 | + 1,53 | 17,44 |
| Hernandarias | 689 | --- | --- | 12,99 | 0,00 | 12,99 | + 0,80 | 13,79 |
| Paraná | 601 | --- | --- | 9,60 | 0,00 | 9,60 | + 1,01 | 10,61 |
| Santa Fe | 583 | --- | --- | 8,40 | 0,00 | 8,40 | +1,40 | 9,80 |

Nota: Cota IGBE (Brasil) = Cota IGM (Argentina) + 0,13 m
Cota IGM (Paraguay) = Cota IGM (Argentina) + 0,84 m

Fuente: HS – LB – EIH (1996)

Por otra parte, la **Tabla 5.1–4** presenta las embarcaciones de diseño consideradas: **a)** barcaza “jumbo” (12,0 m de manga, 60,0 m de eslora y 3,5 – 4,0 m de calado),³⁵ y **b)** remolcadores de empuje con esloras que variaban entre 30 y 50 m.³⁶

Tabla 5.1–4. Embarcaciones de diseño adoptadas por la Asociación HidroService – Louis Berger – Estudio de Ingeniería Hidráulica (1996) para el tramo Santa Fe – Corumbá

| Formación | Remolcador | | Tren de Barcazas | | Convoy | |
|-----------|---------------|------------|------------------|------------|-----------|------------|
| | Potencia (HP) | Eslora (m) | Manga (m) | Eslora (m) | Manga (m) | Eslora (m) |
| 3 x 3 | 2.250 | 30 | 36 | 180 | 36 | 210 |
| 3 x 4 | 3.000 | 30 | 36 | 240 | 36 | 270 |
| 4 x 4 | 4.000 | 40 | 48 | 240 | 48 | 280 |
| 4 x 5 | 5.000 | 50 | 48 | 300 | 48 | 350 |

Nota: Convoyes compuestos por barcazas “jumbo” de 60,0 m de eslora y 12,0 m de manga

Para dichas configuraciones se realizaron diversas alternativas de proyecto que, además, incluyeron las configuraciones 3 x 5, 4 x 3 y 5 x 6 (**Tabla 5.1–5**).

³⁵ Aunque se dejó expresa constancia de que se observó una tendencia a la utilización de las barcazas denominadas “super jumbo” (16,0 m de manga, 80,0 m de eslora y 4,0 m de calado).

³⁶ Se indicó – expresamente – que las características de eslora y potencia de los remolcadores eran bastante amplias.

Tabla 5.1–5. Configuraciones de convoy y alternativas de proyecto consideradas por la Asociación HidroService – Louis Berger – Estudio de Ingeniería Hidráulica (1996)

| Configuración | 3 x 3 | 3 x 4 | 3 x 5 | 4 x 3 | 4 x 4 | 4 x 5 | 5 x 6 |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Ancho del canal (m) | 60 | 65 | 75 | 80 | 90 | 100 | 125 |

| Calado (m) | Alternativas | | | | | | |
|------------|--------------|----|----|----|----|----|----|
| 2,0 | A0 | B0 | C0 | D0 | E0 | F0 | G0 |
| 2,6 | A1 | B1 | C1 | D1 | E1 | F1 | G1 |
| 3,0 | A2 | B2 | C2 | D2 | E2 | F2 | G2 |
| 3,4 | A3 | B3 | C3 | D3 | E3 | F3 | G3 |

Con relación a la **Tabla 5.1–5** corresponde indicar:

- ❑ El “calado” no corresponde al calado de las embarcaciones sino al denominado “calado de proyecto” del cual se deriva la profundidad de dragado referida al plano de reducción considerando, además, una revancha bajo quilla de 0,3 m para fondos arenosos y de 0,6 m para fondos rocosos, así como un sobredragado de 0,3 m.
- ❑ El ancho del canal es el correspondiente a los tramos rectos alineados con la corriente; en los tramos no rectos o no alineados con la corriente el ancho debe ser incrementado tomando en consideración la “deriva” del convoy.

Para cada una de las alternativas antes presentadas se determinaron los volúmenes de dragado de apertura y mantenimiento (**Tablas 5.1–6 y 5.1–7**). Éstos últimos fueron determinados a partir de un análisis basado en la aplicación del modelo HEC – 6 (ver: <http://www.hec.usace.army.mil/software/legacysoftware/hec6/hec6.htm>) a un conjunto de 23 pasos de los ríos Paraná y Paraguay; además se determinó la relación entre el arrastre de fondo del sistema fluvial y los volúmenes de sedimentos que deberían ser removidos durante los trabajos de dragado de mantenimiento. Los resultados, que indican valores variables entre el 7 y el 20 % del arrastre de fondo natural medio (calculado en 1.300.000 m³/año para el paso N° 241 – Yacaré Superior, km 2.631) fueron extrapolados a los restantes pasos considerados en el estudio.

Tabla 5.1–6. Tramo comprendido entre la desembocadura del río Pilcomayo y la localidad de Formosa: Volúmenes de dragados de apertura (en m³) según cálculos de HidroService – Louis Berger – Estudio de Ingeniería Hidráulica (1996)

| Profundidad (m) | Ancho de Canal (m) | | | | | | |
|--|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 60 | 65 | 75 | 80 | 90 | 100 | 125 |
| Tipo de Material: ARENA | | | | | | | |
| Pasos considerados: Cortada Orange, Dalmacia – Morterito, Ita Pirú – Guyratí, Buey Muerto, Frente Puerto Villeta, Restinga Villeta, Travesía San Antonio, Medín, Abajo Puerto Pilcomayo | | | | | | | |
| 2,6 | 890.959 | 961.976 | 1.134.007 | 1.311.442 | 1.317.053 | 1.462.385 | 1.814.164 |
| 3,2 | 1.430.343 | 1544.550 | 1.770.963 | 1.885.170 | 2.113.672 | 2.341.995 | 2.913.027 |
| 3,6 | 1.832.128 | 1.979.213 | 2.273.382 | 2.420.468 | 2.714.637 | 3.008.806 | 3.689.722 |
| 4,0 | 2.236.597 | 2.416.560 | 2.776.486 | 2.956.449 | 3.316.375 | 3.676.301 | 4.576.298 |

Tabla 5.1–7. Tramo comprendido entre la desembocadura del río Pilcomayo y la localidad de Formosa: Volúmenes de dragados de mantenimiento (en m³/año) según cálculos de HidroService – Louis Berger – Estudio de Ingeniería Hidráulica (1996)

| Profundidad (m) | Ancho de Canal (m) | | | | | | |
|--|--------------------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----|
| | 60 | 65 | 75 | 80 | 90 | 100 | 125 |
| Tipo de Material: ARENA | | | | | | | |
| Pasos considerados: Cortada Orange, Dalmacia – Morterito, Ita Pirú – Guyratí, Buey Muerto, Frente Puerto Villeta, Restinga Villeta, Travesía San Antonio, Medín, Abajo Puerto Pilcomayo | | | | | | | |
| 2,6 | --- | 123.154 | 153.942 | 164.206 | 184.732 | --- | --- |
| 3,2 | 442.520 | 481.357 | 557.412 | 592.440 | 666.495 | 740.550 | --- |
| 3,6 | 631.020 | 683.625 | 788.798 | 841.384 | 906.561 | 1.051.730 | --- |
| 4,0 | 850.412 | 919.113 | 1.060.515 | 1.131.216 | 1.272.618 | 1.414.020 | --- |

Posteriormente, a partir de estudios económico – financieros, se definió la solución óptima para las obras de canalización (**Tabla 5.1–8**).³⁷

Tabla 5.1–8. Resumen de la alternativa de proyecto recomendada por la Asociación HidroService – Louis Berger – Estudio de Ingeniería Hidráulica (1996)

| Tramo | Tipo de Convoy | Ancho de Canal | Calado de la embarcación | Profundidad |
|---------------------|----------------|----------------|--------------------------|-------------|
| Santa Fe – Asunción | 4 x 4 | 90 m | 3,0 m | 3,6 m |
| Asunción – Corumbá | 4 x 4 | 90 m | 2,6 m | 3,2 m |

El análisis de las alternativas presentadas en la **Tabla 5.1–5** evidenció que sus condiciones económicas eran algo inferiores a las de la alternativa óptima; no obstante, diversas consideraciones prácticas, fundamentadas en las operaciones navieras de práctica corriente en la Hidrovía, llevaron a considerarla como la recomendable (VAN = U\$S 24,8 millones; TIR = 17 %).³⁸

Finalmente, corresponde indicar que el Comité Intergubernamental de la Hidrovía (CIH), en la Reunión de Jefes de Delegación y de Grupos Técnicos realizada el 23 de Abril de 1996 (en la ciudad de Asunción), adoptó como alternativas finales de proyecto las indicadas en la **Tabla 5.1–9**.

³⁷ A tales efectos se desarrolló un modelo de simulación de diversos escenarios operacionales y se determinaron los costos en ellos involucrados así como los costos para cada uno de los modos de transporte (en base a la red básica de la zona de influencia y a diferentes escenarios de cambios futuros en el sistema y en la estructura de precios); la asignación del tráfico a los distintos modos de transporte (carretero, ferroviario y fluvial) tuvo en cuenta tanto las tarifas como los tiempos de viaje, la planificación previa necesaria para cada modo de transporte, los volúmenes de cargas, el control del usuario sobre el modo de transporte, las condiciones climáticas y la relación entre la estacionalidad y la capacidad de cada modo de transporte.

³⁸ De acuerdo a HS – LB – EIH (1996), los resultados de las evaluaciones económico – financieras de dicha alternativa eran altamente sensibles a los flujos de mineral de hierro y el método de financiamiento de las obras afectaba la definición de las eventuales contribuciones de los usuarios que, a su vez, podía limitar la posibilidad de alcanzar la demanda de transporte fluvial prevista en los estudios.

Tabla 5.1–9. Resumen de las alternativas de proyecto adoptadas por el Comité Intergubernamental de la Hidrovía (Asunción, 23 de Abril de 1996)

| Tramo | Tipo de Convoy | Ancho de Canal | Calado de la embarcación | Profundidad |
|---------------------|----------------|----------------|--------------------------|-------------|
| Santa Fe – Asunción | 4 x 5 | 100 m | 3,0 m | 3,6 m |
| Asunción – Corumbá | 4 x 4 | 90 m | 2,6 m | 3,2 m |

Una vez finalizados los estudios de factibilidad y anteproyecto así como la justificación económica y la evaluación financiera, y a partir de la alternativa de proyecto seleccionada por el Comité Intergubernamental de la Hidrovía (**Tabla 5.1–9**), se elaboraron los proyectos básicos de las obras de navegación cuyas características técnicas ya fueron presentadas en el estudio anterior (CSI Ingenieros SA, 2009) y se resumen a continuación:

- Con relación a la profundidad del canal:
 - Una revancha bajo quilla de 0,3 m para canales con lecho arenoso y de 0,6 m para canales con fondo de roca o de material duro.
 - Una revancha adicional de 0,3 m para sobre – dragado (requerida como seguridad para las embarcaciones en el caso de canales con fondo de roca o de material duro, así como para permitir dragados de mantenimiento).
- Con relación al ancho del canal:
 - En tramos rectos:
 - Tramo Santa Fe – Asunción (convoy 4 x 5) ⇒ 108 m
 - Tramo Asunción – Corumbá (convoy 4 x 4) ⇒ 92 m
 - En curvas.
 - Tramo Santa Fe – Asunción (convoy 4 x 5):
 - ⇒ Radio 1.950 m ⇒ Ancho = 104 m
 - ⇒ Radio 1.300 m ⇒ Ancho = 116 m
 - ⇒ Radio Mínimo (760 m) ⇒ Ancho = 129 m
 - Tramo Asunción – Corumbá (convoy 4 x 4):
 - ⇒ Radio 1.950 m ⇒ Ancho = 98 m
 - ⇒ Radio 1.300 m ⇒ Ancho = 108 m
 - ⇒ Radio Mínimo (760 m) ⇒ Ancho = 119 m
- Longitud mínima de canal recto entre curvas sucesivas:
 - Tramo Santa Fe – Asunción (convoy 4 x 5) ⇒ 1.050 m
 - Tramo Asunción – Corumbá (convoy 4 x 4) ⇒ 960 m
- Con relación a los sitios de vertido de productos de dragado:
 - Minimización del impacto ambiental mediante el vertido en zonas de energía hidráulica media, por debajo de un nivel de agua entre 0 (nivel de reducción) y 1,0 m; manteniendo el transporte natural de sedimentos del río.
 - Distancia de refulado (o de transporte por cántara) no superior a los 2.000 m (a partir de consideraciones económicas).

- Lugar de vertido de productos de dragado ubicado aguas abajo de la zona de dragado (para evitar su retorno hacia el área de dragado) y con una profundidad de sedimentación máxima de 3,0 m y, típica, de 1,0 m.
- Asegurar el acceso directo, por agua, a la zona de vertido de productos de dragado con las tuberías de descarga (refulado) o por la embarcación (cántara).

Con relación al mejoramiento de los sistemas de ayudas a la navegación, los estudios realizados por HS – LB – EIH (1996) tomaron como base las características particulares de los sistemas en uso a la fecha de realización de los estudios y los resultados de las entrevistas con los responsables y usuarios de la Hidrovía, así como las características de los sistemas utilizados en el Río Mississippi (Estados Unidos)³⁹ y los principales criterios y normas de aplicación en la Hidrovía Paraguay – Paraná (que incluyen el Reglamento Único de Balizamiento de la Hidrovía,⁴⁰ las Normas IALA – B y el Sistema de “Acciones a Empezar”).

La **Tabla 5.1–10** presenta los elementos de señalización propuestos para el tramo comprendido entre la desembocadura del río Pilcomayo y la localidad de Formosa.

Tabla 5.1–10. Tramo comprendido entre la desembocadura del río Pilcomayo y la localidad de Formosa: Propuesta de señalización según HidroService – Louis Berger – Estudio de Ingeniería Hidráulica (1996)

| Elemento | Tipo | Cantidad | |
|---------------|---------------|----------|--------------|
| | | En pasos | En río libre |
| Boya Luminosa | IB | 24 | 15 |
| Boyas Ciegas | IB | 3 | 1 |
| | Brasil | 56 | --- |
| Balizas | Luminosas | 16 | 36 |
| | Ciegas | 8 | 29 |
| | De Enfilación | 1 | --- |

Fuente: HS – LB – EIH (1996), Informe Final – Volumen XIV – Anexo 17.3

5.1.2. Estudios realizados por el Consorcio de Integración Hidroviaria (COINHI, 2004)

El denominado “Estudio Institucional Legal, de Ingeniería, Ambiental y Económico Complementario para el Desarrollo de las Obras en la Hidrovía Paraguay – Paraná entre Puerto Quijarro (Canal Tamengo), Corumbá y Santa Fe” (COINHI, 2004), tuvo un carácter complementario de los estudios previos correspondientes a los módulos “A”, “B1” y “B2” que, a su vez, fueron la fuente y base de los trabajos realizados por dicho Consorcio.⁴¹

³⁹ Por ser considerada de características físicas similares a La Hidrovía Paraná – Paraguay y por el alto grado de eficiencia y desarrollo alcanzado por la navegación en dicha vía.

⁴⁰ Elaborado por el Comité Intergubernamental de la Hidrovía (CIH) en 1994.

⁴¹ El Consorcio de Integración Hidroviaria (COINHI) estuvo integrado por CSI Ingenieros SRL (Uruguay), Oscar G. Grimaux & Asociados SAT (Argentina), JMR Engenharia SC Ltda. (Brasil), Internave – Engenharia SC Ltda. (Brasil) y Vía Donau (Austria).

De acuerdo a sus Términos de Referencia, el estudio se organizó en cuatro componentes (Institucional – Legal, Técnico, Ambiental y Económico – Financiero) y se refirió, principalmente, a los problemas ligados a la navegación en veintidós (22) pasos de los ríos Paraguay – Paraná y del Canal Tamengo.⁴²

En particular, el estudio previo desarrollado por CSI Ingenieros (2009) analizó – en detalle – los estudios realizados por el denominado “Componente Técnico” que incluyeron:

- ❑ Una revisión de los antecedentes (que no debía limitarse a los estudios realizados por la Asociación HidroService – Louis Berger – Estudio de Ingeniería Hidráulica y el Consorcio Taylor – Golder – Consular – Connal, sino que debía completarse con el análisis de otros trabajos que pudiesen contener información aprovechable para la concreción de las obras).
- ❑ Relevamientos de base en los pasos objeto del estudio que, como mínimo, debían incluir:
 - El establecimiento de puntos fijos de referencia para cada paso (amojonamiento).
 - El relevamiento batimétrico detallado de cada paso, de margen a margen del cauce principal, mediante perfiles transversales, posicionamiento satelital (D – GPS) y medición simultánea de los niveles de agua (para la correcta reducción de los sondajes).
 - La extracción de muestras de fondo (a razón de una muestra por kilómetro de paso).
- ❑ El proyecto básico de dragado (incluyendo la definición de las áreas a dragar y los sitios tentativos de depósito del material extraído así como el correspondiente proyecto de señalización).
- ❑ El cálculo de los costos de inversión y mantenimiento para cada una de las alternativas consideradas en el estudio.
- ❑ La definición de las especificaciones técnicas para la realización de los trabajos de dragado.

Para el cumplimiento de tales objetivos se desarrollaron estudios hidrológicos que fueron realizados de modo que sirvieran de base para: **a)** la referencia de los levantamientos batimétricos de los pasos críticos relevados durante los trabajos de campo; **b)** la determinación de los niveles de referencia para los proyectos de dragado y de remoción de material duro; **c)** la determinación de las restricciones a la navegabilidad; **d)** el análisis de las alternativas económicas justificativas de las obras; y **e)** la elaboración de modelos matemáticos (hidrodinámico y morfológico).

Las profundidades a ser logradas para las diferentes alternativas del proyecto de mejoramiento de la Hidrovía fueron determinadas a partir de las estaciones hidrométricas presentadas en la **Tabla 5.1–3** y, para las mismas, se calcularon las persistencias medias anuales de los niveles de agua correspondientes a (**Tabla 5.1–11**):

- ❑ El 10 % del año de período de recurrencia de 10 años (denominado Nivel de Referencia “A”).⁴³
- ❑ El 25 % del año de período de recurrencia de 50 años (denominado Nivel de Referencia “B”).

Corresponde indicar que, en ambos casos, se consideró la serie histórica de 40 años comprendida entre 1963 y 2003.

⁴² De los pasos considerados por COINHI (2004), sólo dos (Restinga Villeta y Travesía San Juan – Paso San Antonio) corresponden al tramo objeto de la presente consultoría.

⁴³ Dicho nivel de reducción es el adoptado, tradicionalmente, por la Dirección Nacional de Vías Navegables de la República Argentina. Además, fue el establecido por Internave (1990) y actualizado por HS – LB – EIH (1996) para considerar las modificaciones ocurridas en los niveles de agua del río Paraná y en el tramo inferior del río Paraguay debidas a la regularización de los caudales como consecuencia de las grandes represas brasileñas y binacionales construidas en la cuenca del río Paraná.

Tabla 5.1–11. Niveles de Referencia en las estaciones hidrométricas consideradas por el Consorcio de Integración Hidroviaria (COINHI)

| Estación Hidrométrica | km | Cota al cero | Estiaje Convencional | | Lectura en la Regla | | Cota (Datum Argentino) | |
|-----------------------|-------|--------------|----------------------|----------------------|---------------------|-----------------|------------------------|-----------------|
| | | | Lectura en regla | Cota Datum Argentino | 10 % 10 años | 25 % 50 años | 10 % 10 años | 25 % 50 años |
| | | | | | A | B | A | B |
| Ladario | 2.755 | 82,02 | 0,08 | 82,10 | 0,15 | -0,24 | 82,17 | 81,78 |
| Manga | 2.686 | 78,45 | 2,24 | 80,69 | 2,26 | 1,83 | 80,71 | 80,28 |
| Puerto Esperanza | 2.630 | 79,53 | - 0,49 | 79,04 | - 0,46 | - 1,07 | 79,07 | 78,46 |
| Fuerte Coimbra | 2.562 | 78,77 | - 1,18 | 77,59 | - 0,98 | - 1,68 | 77,79 | 77,09 |
| Bahía Negra | 2.490 | 76,56 | - 0,18 | 76,38 | - 0,29 | - 1,07 | 76,27 | 75,49 |
| Puerto Casado | 2.147 | 69,42 | 1,00 | 70,42 | 0,95 | 0,29 | 70,37 | 69,71 |
| Pinasco | 2.076 | 67,80 | 0,80 | 68,60 | 0,79 | 0,07 | 68,59 | 67,87 |
| Concepción | 1.940 | 64,29 | 0,81 | 65,10 | 0,85 | 0,17 | 65,14 | 64,46 |
| Antequera | 1.828 | 60,28 | 0,27 | 60,55 | 0,36 | -0,38 | 60,64 | 59,90 |
| Rosario | 1.776 | 57,50 | 0,37 | 57,87 | 0,54 | -0,23 | 58,04 | 57,27 |
| Asunción | 1.630 | 53,20 | 0,24 | 53,44 | 0,37 | -0,34 | 53,57 | 52,86 |
| Bouvier | 1.602 | 51,24 | 0,45 | 51,69 | 0,67 | -0,08 | 51,91 | 51,16 |
| Villeta | 1.593 | 52,02 | - 0,08 | 51,94 | 0,17 | -0,62 | 52,19 | 51,40 |
| Puerto Pilar | 1.329 | 45,62 | 1,13 | 46,75 | 0,31 | -0,08 | 45,93 | 45,54 |
| Corrientes | 1.208 | 41,84 | 1,54 | 43,38 | 1,18 | 0,89 | 43,02 | 42,73 |
| Empedrado | 1.140 | 39,13 | 1,30 | 40,43 | 0,82 | 0,58 | 39,95 | 39,71 |
| Bella Vista | 1.057 | 34,18 | 1,39 | 35,57 | 1,07 | 0,86 | 35,25 | 35,04 |
| Goya | 972 | 29,12 | 1,88 | 31,00 | 1,46 | 1,30 | 30,58 | 30,42 |
| Esquina | 853 | 21,47 | 1,93 | 23,40 | 1,42 | 1,21 | 22,89 | 22,68 |
| La Paz | 757 | 15,91 | 1,53 | 17,44 | 1,28 | 1,07 | 17,19 | 16,98 |
| Paraná | 601 | 9,60 | 1,01 | 10,61 | 0,68 | 0,42 | 10,28 | 10,02 |

Notas: A = Nivel de agua correspondiente a una persistencia anual de 10 % del año de 10 años de período de recurrencia; B = Nivel de agua correspondiente a una persistencia anual de 25 % del año de 50 años de período de recurrencia.

Fuente: COINHI (2004)

Una vez definidos los niveles de referencia para las persistencias de 10 % del año de período de recurrencia de 10 años (Nivel de Referencia "A") y para las persistencias de 25 % del año de período de recurrencia de 50 años (Nivel de Referencia "B"), los niveles de referencia para cualquier sección fueron determinados por interpolación lineal, a través de la expresión:

$$\Delta = (Le_2 - NR_2) + \frac{(Le_1 - NR_1) - (Le_2 - NR_2)}{L_1 + L_2} \cdot L_2$$

Donde:

- Δ = Valores a sumar o restar a las cotas de la estiaje convencional de la sección para la determinación de las cotas correspondientes a los niveles de referencia locales (“A” y “B”)
- Le_1 y Le_2 = Cotas correspondientes a los niveles de referencia (“A” y “B”) de las estaciones hidrométricas (escalas) de los extremos del tramo.
- NR_1 y NR_2 = Cotas correspondientes al estiaje convencional de las estaciones hidrométricas (escalas) de los extremos del tramo.
- L_1 y L_2 = Distancias de la sección hasta las estaciones hidrométricas del extremo del tramo.

Las profundidades de dragado en los pasos críticos fueron determinadas para los dos niveles de referencia (“A” y “B”) y para calados de 8 pies (2,4 m) y de 10 pies (3,0 m), respectivamente. A tales efectos, se determinó la diferencia entre las cotas del estiaje convencional y las cotas de los niveles de referencia, más el calado y las revanchas correspondientes (0,30 m para material arenoso y 0,60 m para materiales duros o roca).

La **Tabla 5.1–12** presenta las profundidades de dragado determinadas para los pasos considerados en el estudio y ubicados en el tramo objeto de la presente consultoría (comprendido entre la desembocadura del río Pilcomayo y la localidad de Formosa).

Tabla 5.1–12. Tramo comprendido entre la desembocadura del río Pilcomayo y la localidad de Formosa: Profundidades a lograr para los pasos críticos considerados por COINHI (2004)

| Paso | | | Profundidad a lograr respecto al cero local (m) | | | | | | | |
|------|---------------------------------|-------|---|--------|-------|-------|----------------------------|--------|-------|-------|
| | | | Material Arenoso | | | | Material resistente (roca) | | | |
| | | | A – 10 | B – 10 | A – 8 | B – 8 | A – 10 | B – 10 | A – 8 | B – 8 |
| 7 | Restinga Villeta | 1.593 | 3,05 | 3,84 | 2,45 | 3,24 | --- | --- | --- | --- |
| 8 | Travesía San Juan (San Antonio) | 1.604 | 3,09 | 3,83 | 2,49 | 3,23 | --- | --- | --- | --- |

Notas: A = Nivel de agua correspondiente a una persistencia anual de 10 % del año de 10 años de período de recurrencia; B = Nivel de agua correspondiente a una persistencia anual de 25 % del año de 50 años de período de recurrencia; 8 = Calado de 8 pies (2,4 m); 10 = Calado de 10 pies (3,0 m). Ancho de Canal = 110 m.

Fuente COINHI (2004)

A partir de la revisión de los estudios previos (INTERNAVE, 1979; CONARSUD, 1980; HS – LB – EIH, 1996; Subsecretaría de Puertos y Vías Navegables de la República Argentina; 1997) y de las recomendaciones realizadas por la delegación paraguaya ante el Comité Intergubernamental de la Hidrovía (CIH),⁴⁴ el convoy tipo adoptado por COINHI (2004) fue el siguiente:

⁴⁴ En efecto, dicha delegación decidió adoptar como convoy tipo para el tramo Río Apa – Asunción: Manga = 50 m + 20 % = 60 m y Eslora = 290 m + 10 % = 319 m (incluyendo el remolcador).

- ❑ Tramo Corumbá – Asunción:
 - Convoy A – 16 barcazas (4 x 4) = 48 x 290 m
- ❑ Tramo Asunción – Santa Fe:
 - Convoy B – 20 barcazas (5 x 4) = 60 x 290 m

A efectos del dimensionamiento de los canales de navegación los criterios considerados fueron:⁴⁵

- ❑ Para fondos con sedimentos sueltos (limo, arena, grava, etc.):
 - Profundidades mínimas de 3,3 m (que corresponden a un calado de 3,0 m – 10 pies) y de 2,7 m (que corresponden a un calado de 2,4 m – 8 pies) con una revancha bajo quilla de 0,30 m.
- ❑ Para fondos resistentes (rocas o materiales duros):
 - Profundidades mínimas de 3,6 m (que corresponden a un calado de 3,0 m – 10 pies) y de 3,0 m (que corresponden a un calado de 2,4 m – 8 pies) con una revancha bajo quilla de 0,60 m.
- ❑ El eje del canal de navegación deberá tener un trazado constituido por curvas circulares concordantes con tramos rectos intermedios. Las curvas deberán tener preferentemente radios mayores a 10 veces la eslora del convoy (límite por encima del cual podrán ser considerados, a los efectos del desplazamiento del convoy, como tramos rectilíneos). El radio mínimo será de 3 veces la eslora del rectángulo de navegación.
- ❑ Entre curvas de sentido opuesto (con centros de giro opuesto respecto al eje del canal) deberá existir un tramo recto de longitud mínima igual a 3 veces la eslora del rectángulo de navegación, mientras que entre curvas de igual sentido el tramo recto deberá, como mínimo, ser igual a 1,5 veces la eslora del rectángulo de navegación.
- ❑ En los tramos rectos y curvos, con radios de curvatura mayores a 10 veces la eslora del rectángulo de navegación, o con ángulos al centro menores a 15°, los anchos del canal deberán ser, como mínimo, igual a 2,2 veces la manga del rectángulo de navegación, cuando no se prevean encuentros en el tramo, y a 4 veces la manga más 10 m, cuando se prevean encuentros de convoyes. Así, el diseño de los canales tuvo en cuenta los rectángulos de navegación establecidos por el Comité Intergubernamental de la Hidrovía (ver **Tabla 5.1–9**) y el hecho de que no se prevean encuentros en los tramos excavados en los pasos críticos.
- ❑ Se consideró un ancho de canal de 110 m en el tramo al Norte de Asunción (tramos de arena, material rocoso o roca) y de 132 m al Sur de Asunción; no obstante, finalmente, se optó por considerar un ancho homogéneo para la base del canal (igual a 110 m).
- ❑ Para los tramos en curva deberá adicionarse al ancho de los tramos rectos un margen de L^2 / kR (en metros) siendo “L” la eslora máxima del convoy, “R” el radio de la curva en el eje del canal y donde $k = 1$ para los tramos con encuentros y $k = 2$ para los tramos sin encuentros.
- ❑ Para los ensanches graduales en los tramos rectos, la transición entre anchos diferentes deberá ser hecha en los dos márgenes, siguiendo un trazado lineal con una longitud mínima igual a 7 veces la diferencia entre l_1 y l_2 siendo “ l_1 ” y “ l_2 ” los anchos a ser compatibilizados (pero no menores a una eslora de convoy).
- ❑ En los casos de tramos en curvas, las extensiones correspondientes al ancho del canal se realizarán únicamente en la margen convexa. En estos casos, la margen convexa deberá ser

⁴⁵ Corresponde indicar que COINHI (2004) hace la salvedad de que en circunstancias particulares, tales como el pasaje por puentes o curvas muy pronunciadas, tales criterios podrán ser abandonados ya que, en dichos casos, las restricciones y pérdidas de tiempo están motivadas – y justificadas – por las condiciones necesarias para garantizar la seguridad en la navegación.

constituida por un arco central y dos segmentos tangentes al mismo. Dichos segmentos serán de una longitud mínima de una eslora de convoy, medida desde los extremos del eje de la curva.

- ❑ El pasaje de puentes, de líneas de transmisión y de toda obra de ingeniería que obstaculice la navegación con pilas, torres u otras estructuras instaladas en el lecho del río, deberá ser hecho, preferentemente, en un tramo recto de la vía, con una extensión mínima de 3 esloras del convoy (una mitad para cada lado del punto de cruce).
- ❑ La distancia mínima entre las pilas o las torres (“vano” o espacio libre) deberá ser, como mínimo, igual a la del canal de navegación en el tramo considerado, aunque es recomendable un margen de 10 m (5 m de cada lado) con la correspondiente señalización.
- ❑ Para el caso en que se permitan encuentros y/o sobrepasos en pasajes bajo puentes, es conveniente adoptar dos espacios libres (uno en cada sentido del tránsito), cada uno de ellos con los anchos mínimos necesarios para el tránsito sin encuentros.
- ❑ No se previeron sobreanchos en los tramos con restricciones (canales dragados, puentes, etc.).

La **Tabla 5.1–13** presenta los volúmenes de dragado de apertura para los pasos objeto de los estudios realizados por COINHI (2004) y ubicados en el tramo objeto de la presente consultoría; por su parte, la **Tabla 5.1–14** presenta los volúmenes de dragado de mantenimiento para dichos pasos.

Tabla 5.1–13. Estimación del Volumen de Dragado de Apertura (m³)

| Paso | Km | Alternativa | | | | | |
|---------------------------------|-------|-------------|-----------|---------|---------|---------|-----------|
| | | A10 | B10 | A8 | B8 | Am | Bm |
| Tipo de Material: ARENA | | | | | | | |
| Restinga Villeta | 1.593 | 493.041 | 910.861 | 270.545 | 588.871 | 493.041 | 910.861 |
| Travesía San Juan (San Antonio) | 1.604 | 781.044 | 1.127.270 | 528.497 | 845.218 | 781.044 | 1.127.270 |

Notas: A = Nivel de agua correspondiente a una persistencia anual de 10 % del año de 10 años de período de recurrencia; B = Nivel de agua correspondiente a una persistencia anual de 25 % del año de 50 años de período de recurrencia; 8 = Calado de 8 pies (2,4 m); 10 = Calado de 10 pies (3,0 m); m = Calado de 10 pies (3,0 entre Santa Fe – Asunción y de 8 pies (2,4 m) entre Corumbá – Asunción Criterios de diseño: Ancho de canal en Tramos Rectos = 110 m; Talud = 1V : 3H en arena y 1V : 1H en materiales duros; Tolerancias: Vertical = 0,3 m.

Fuente: COINHI (2004)

Tabla 5.1–14. Estimación del Volumen Anual de Dragado de Mantenimiento

| Paso | Km | Alternativa | | | | | |
|---------------------------------|-------|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | A10 | B10 | A8 | B8 | Am | Bm |
| Tipo de Material: ARENA | | | | | | | |
| Restinga Villeta | 1.593 | 272.154 | 380.482 | 154.847 | 304.126 | 272.154 | 380.482 |
| Travesía San Juan (San Antonio) | 1.604 | 606.494 | 686.749 | 375.257 | 656.834 | 606.494 | 686.749 |

Notas: A = Nivel de agua correspondiente a una persistencia anual de 10 % del año de 10 años de período de recurrencia; B = Nivel de agua correspondiente a una persistencia anual de 25 % del año de 50 años de período de recurrencia; 8 = Calado de 8 pies (2,4 m); 10 = Calado de 10 pies (3,0 m); m = Calado de 10 pies (3,0 entre Santa Fe – Asunción y de 8 pies (2,4 m) entre Corumbá – Asunción Criterios de diseño: Ancho de canal en Tramos Rectos = 110 m; Talud = 1V : 3H en arena y 1V : 1H en materiales duros; Tolerancias: Vertical = 0,3 m.

Fuente: COINHI (2004)

Finalmente, COINHI estableció criterios para estimar los volúmenes de dragados de apertura y mantenimiento en los pasos críticos incluidos en la lista elaborada por HS – LB – EIH (1996) y que no estaban contemplados en los Términos de Referencia de sus estudios (ver **Tabla 5.1–1**).

A tales efectos, teniendo en cuenta que los criterios de trazado y profundidad del proyecto realizado por HS – LB – EIH (1996) eran muy diferentes a los empleados por COINHI, que las profundidades de dragado habían sido definidas para otras series históricas de niveles de agua (con criterios estadísticos y embarcaciones de proyecto diferentes), que los anchos y geometrías de los canales también eran diferentes y que los niveles de reducción eran los mismos, COINHI (2004) elaboró coeficientes de corrección que fueron aplicados a los volúmenes calculados por HS – LB – EIH (1996).⁴⁶

Para la alternativa seleccionada (A10), la **Tabla 5.1–15** presenta los volúmenes de dragado de apertura, según los cálculos efectuados por COINHI (2004), para cada uno de los pasos identificados por HS – LB – EIH (1996) en el tramo comprendido entre la desembocadura del río Pilcomayo y la localidad de Formosa.

Tabla 5.1–15. COINHI (2004): Estimación del Volumen de Dragado de Apertura (m³) para los pasos identificados por HS – LB – EIH (1996) en el tramo desembocadura del río Pilcomayo – Formosa

| Paso | | Km | Volumen (m ³) |
|--------------------------------|------------------------|-----------------|---------------------------|
| Tipo de material: ARENA | | | |
| 99 | Vuelta Gomez | 1.452,5 | 681.122 |
| 110 | Cortada Orange | 1.512,5 – 1.519 | 146.658 |
| 111 | Dalmacia Morterito | 1.512,5 – 1.519 | 281.894 |
| 121 | Ita Piru-Guiraty | 1.580 – 1.583 | 637.537 |
| 123 | Buey Muerto | 1.589 – 1.590 | 377.293 |
| 124 | Frente Puerto Villeta | 1.591 – 1.592,5 | 172.059 |
| 125 | Restinga Villeta | 1.594 – 1.594,5 | |
| 127 | San Antonio | 1.602,5 – 1.605 | 176.262 |
| 128 | Medin | 1.606 – 1.608 | 302.240 |
| 130 | Abajo Puerto Pilcomayo | 1.613 – 1.614 | 13.937 |
| TOTAL = | | | 2.789.002 |

Notas: Se asume: **a)** una profundidad mínima a ser garantizada tal que permita un calado de 3,05 m (10 pies) con las correspondientes “revancha bajo quilla” y “sobre – dragados”; **b)** un “nivel de referencia” correspondiente a una persistencia anual de 10 % del año de 10 años de período de recurrencia; y **c)** un ancho de canal en tramos rectos = 110 m.

Fuente: COINHI (2004) – Estimaciones según el proyecto de HS – LB – EIH (1996)

⁴⁶ El coeficiente de corrección por profundidad fue calculado como $CP = (V_1 - V_2) / (P_1 - P_2)$ donde V_x es el volumen correspondiente a la profundidad P_x ; por su parte, el coeficiente de corrección por ancho fue calculado como $CL = (V_1 - V_2) / (L_1 - L_2)$ donde V_x es el volumen correspondiente al ancho L_x . El análisis de los coeficientes obtenidos indicó que los mismos fueron prácticamente constantes; en consecuencia se seleccionaron y aplicaron valores medios.

El proyecto básico realizado por COINHI (2004) abarcó también el balizamiento de todo el tramo en estudio (Santa Fe – Corumbá y Canal Tamengo), incluyendo todos los pasos y tramos entre pasos.

A tales efectos, se realizó un proyecto de señalización cuyos criterios básicos fueron resumidos en el estudio previo (CSI Ingenieros SA, 2009).

La cantidad total de señales para el tramo comprendido entre la desembocadura del río Pilcomayo y la localidad de Formosa se presenta en la **Tabla 5.1–17**.

**Tabla 5.1–17. COINHI (2004):
Síntesis de la propuesta de balizamiento para el río Paraguay
(tramo desembocadura del río Pilcomayo – Formosa)**

| Elemento | Tipo | Cantidad |
|--------------|-----------|----------|
| Boyas Ciegas | Luminosas | --- |
| | Ciegas | 17 |
| Balizas | Luminosas | --- |
| | Ciegas | 52 |

Fuente: COINHI (2004)

Además, para dicho tramo, el proyecto previó la existencia de dos (2) zonas de amarre ubicadas en proximidades de las progresivas km 1.599 – 1.613 (Pilcomayo) y 1.450 – 1.460 (Formosa); las mismas fueron concebidas según dos tipos posibles (“zonas de amarre con muertos en tierra” y “zonas de amarre con boyas”) que fueron oportunamente descriptos por CSI Ingenieros SA (2009).

5.2. Estado Actual de la Vía Navegable

Como ya fuera indicado, la Hidrovía conformada por los ríos Paraguay y Paraná se extiende entre el Puerto de Cáceres (Brasil) y el Puerto de Nueva Palmira (República Oriental del Uruguay).

En particular, el río Paraguay puede ser subdividido en tres sectores de características bien definidas (ver **Sección 3.1**) ubicándose la gran mayoría de los pasos difíciles – que obligan al fraccionamiento del “tren de barcasas” – en el tramo de jurisdicción exclusiva de la República del Paraguay (comprendido entre las desembocaduras de los ríos Apa y Pilcomayo) aunque también debe mencionarse su ocurrencia – en menor número – en el tramo de jurisdicción compartida entre la República del Paraguay y la República Argentina (y, particularmente, en el tramo comprendido entre la desembocadura del río Pilcomayo y la localidad de Formosa).

En general, si bien los pasos arenosos tienen profundidades críticas muy próximas entre sí (llegando a alcanzar menos de 1,0 m) la presencia de meandros se mantiene como una de las principales características del río Paraguay; es así que, en prácticamente la totalidad del río, la conformación del lecho sigue las leyes de la hidráulica fluvial de los ríos con presencia de meandros:

- ❑ Cuando el curso presenta largos tramos rectos, el talweg⁴⁷ aparece como indefinido entre bancos de arena que evolucionan rápidamente y donde se registran escasas profundidades.
- ❑ Cuando el curso serpentea a lo largo del cauce, el talweg se aproxima a las partes cóncavas de las curvas y atraviesa el curso en las zonas de inflexión entre curvas contrarias (“travesías”), dando lugar a la formación de “bancos de arena” (“pasos”).
- ❑ Cuando en aguas altas se forma un canal natural que corta una curva, se origina una isla entre el nuevo canal y el antiguo y, como en el nuevo canal hay mayor pendiente y mayor fuerza erosiva, aumenta su sección a expensas del canal original que, progresivamente, va cerrándose poco a poco. Es así que, en un gran número de curvas del río, aparecen islas, próximas al vértice de la curva, casi siempre con el talweg en el canal más interno.

Corresponde indicar que en el tramo del río Paraguay objeto de la presente consultoría (el comprendido entre la desembocadura del río Pilcomayo y la localidad de Formosa) se han realizado – históricamente – obras de dragado que han estado a cargo tanto de la Administración Nacional de Navegación y Puertos (ANNP) de la República del Paraguay como de la actual Dirección Nacional de Vías Navegables (DNVN) de la Subsecretaría de Puertos y Vías Navegables (SSPyVN) de la República Argentina (ver **Tabla 3.3–2**).

No obstante, dichas obras no han sido realizadas de forma regular y los volúmenes han sido muy variables ya que las mismas no sólo dependen de las condiciones morfológicas e hidrológicas de la vía navegable sino que también de diversos aspectos vinculados a la disponibilidad de equipos y de recursos económicos.

Consecuencia de las consideraciones anteriores, es posible afirmar que en el tramo del río Paraguay comprendido entre la desembocadura del río Pilcomayo y la localidad de Formosa, al igual que en el comprendido entre las desembocaduras de los ríos Apa y Pilcomayo, el canal de navegación responde, esencialmente, a sus condiciones morfológicas y sedimentológicas naturales por lo que puede suponerse que existe un equilibrio entre el caudal hídrico, el sedimento que el río transporta y el tamaño y la graduación de los materiales del lecho del río. Dicho equilibrio se manifiesta en el proceso de erosión – transporte – depositación de partículas: como respuesta a la variación espacio – temporal de las fuerzas hidráulicas, el sedimento es erosionado de ciertas áreas del río (incluyendo sus márgenes), transportado y, finalmente, depositado conformando “bancos arenosos” (“pasos”) que tienden a reducir la profundidad del río y que constituyen una importante determinante para la navegación.

HS – LB – EIH (1996) identificaron, en el tramo comprendido entre las ciudades de Santa Fe (río Paraná, km 590) y Corumbá (río Paraguay, km 2.770), alrededor de 250 pasos con problemas diversos y de diferente magnitud de los cuales unos 92 constituyen pasos particularmente difíciles.

En particular, para el tramo objeto de la presente consultoría, comprendido entre la desembocadura del río Pilcomayo y la localidad de Formosa, identificaron un total de 33 pasos (13 % del número total de pasos identificados, ver **Tabla 5.1–1**) de los cuales unos 10 fueron considerados como particularmente difíciles (30 % de los pasos identificados para el tramo, ver **Tabla 5.1–2**).

Por otra parte, es a destacar que – si bien existe una tendencia al mantenimiento, a través del tiempo, de la ubicación de los principales “pasos” – la migración natural de los bancos de arena y las variaciones temporales de las fuerzas hidráulicas determinan una cierta variación espacial de los pasos y, por lo tanto, del canal navegable.

⁴⁷ “Talweg”, es una palabra procedente del alemán que significa “camino del valle” y se define como el lugar geométrico de los puntos más profundos en cada sección del río.

En consecuencia, a efectos de la presente consultoría se realizó un particular esfuerzo orientado a la caracterización del estado actual de la vía navegable. A tales efectos se realizaron diversas entrevistas y consultas con capitanes de las empresas Panchita G SA, Transbarge de Navegación SA y UABL Paraguay SA, con miembros de la Sociedad de Capitanes y Prácticos de la Zona Sur del Río Paraguay y con funcionarios del Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MOPC) y de la Gerencia de Navegación e Hidrografía (GNH) de la Administración Nacional de Navegación y Puertos (ANNP).

Es así que, para el tramo del río Paraguay comprendido entre la desembocadura del río Pilcomayo y la localidad de Formosa, y a partir de las entrevistas realizadas tanto con organismos públicos como con empresas privadas paraguayas,⁴⁸ se elaboró un listado de los principales pasos que reflejan las navegaciones más recientes y el estado actual del río (**Tabla 5.2-1**).

Tabla 5.2-1. Tramo comprendido entre la desembocadura del río Pilcomayo y la localidad de Formosa: Pasos identificados a partir de entrevistas realizadas con organismos públicos y empresas privadas

| Tramo (km) | Denominación del Paso | Observaciones |
|------------|-----------------------|-------------------------------|
| 1.619 | Casaccia | Materiales arenosos |
| 1.608 | Medín | Materiales arenosos |
| 1.604 | San Antonio | Materiales arenosos |
| 1.605 | Cortada San Antonio | Materiales arenosos |
| 1.595 | Villeta | Presencia de materiales duros |
| 1.591 | Buey Muerto | Materiales arenosos |
| 1.585 | Ytá Pirú | Presencia de materiales duros |
| 1.584 | Angostura | Materiales arenosos |
| 1.581 | Guyratí | Presencia de materiales duros |
| 1.558 | Santa Rosa | Materiales arenosos |
| 1.534 | Lobato | Materiales arenosos |
| 1.509 | Sepultura | Materiales arenosos |

⁴⁸ Entre los organismos públicos son a mencionar el Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MOPC) y la Gerencia de Navegación e Hidrografía (GNH) de la Administración Nacional de Navegación y Puertos (ANNP) mientras que entre las empresas privadas son a mencionar Panchita G SA, Transbarge de Navegación SA y UABL Paraguay SA. Finalmente corresponde indicar que también se realizaron entrevistas con miembros de la Sociedad de Capitanes de Cabotaje y Prácticos de la Zona Sur del Río Paraguay.

5.3. Definición de los Criterios de Proyecto para las Obras de Dragado

5.3.1. Embarcaciones de Diseño

Todos los estudios realizados hasta el presente han recomendado – en concordancia con lo observado en la práctica de la navegación – al “convoy de empuje” como la embarcación tipo de la Hidrovía Paraguay – Paraná. Dicho “convoy” se constituye mediante un conjunto de “barcazas” acopladas entre sí, conformando “trenes de barcazas”, accionadas por una “unidad de empuje” (el “remolcador”) en la que se concentran los sistemas de propulsión y de maniobra y donde, además, se aloja la tripulación.

Las dimensiones de dichos convoyes están definidas, principalmente, por la cantidad y dimensiones de las barcazas que los integran, ya que las unidades de empuje tienen poca variación de tamaño (con una eslora entre 30 y 50 m). En consecuencia, para la determinación de la geometría de las obras para la mejora de la navegación importa, sobre todo, el calado, la eslora y la manga del convoy tipo (es decir, las dimensiones del conjunto “barcazas + remolcador de empuje”) aunque, también, adquiere cierta importancia, la relación entre la potencia instalada, el armado del convoy y el número de propulsores y timones (es decir, el sistema de dirección en su conjunto) dado que estos factores influyen en la maniobrabilidad del convoy y, por lo tanto, sobre las condiciones que gobiernan el mantenimiento del rumbo en los tramos rectos y los cambios de rumbo en las curvas.

Como ya fuera indicado, las barcazas consideradas en los estudios desarrollados por HS – LB – EIH (1996) y COINHI (2004) fueron las denominadas “jumbo” (12 m de manga, 60 m de eslora, y 3,5 – 4,0 m de calado) ya que las mismas pueden ser moduladas con barcazas de dimensiones menores (12 m de manga y 40 m de eslora) y, hasta cierto punto, con barcazas de dimensiones mayores (las denominadas “súper jumbo” con 16 m de manga, 80 m de eslora y 4,0 m de calado). Para las unidades de empuje dichos estudios consideraron una eslora variable entre 30 y 50 m (la manga resulta de escaso interés por ser – siempre – menor que la correspondiente al tren de barcazas).

En función de lo expuesto, en el marco de la presente consultoría **se ha considerado adoptar como embarcación de diseño**, a efectos de la mejora de la navegabilidad del río Paraguay en el tramo comprendido entre la desembocadura del río Pilcomayo y la localidad de Formosa, a un convoy tipo (incluyendo el remolcador) con una manga de 50 m + 20 % (60 m) y una eslora de 290 m + 10 % (319 m); es decir (considerando los trenes de barcazas que actualmente circulan por la Hidrovía):

- ❑ **Un convoy de 20 barcazas tipo “Missisipi”, en formación de 4 barcazas de fondo x 5 barcazas de frente** (dimensiones aproximadas de cada barcaza = 10,66 m de manga y 60 m de eslora), con un remolcador de 50 m de eslora.
- ❑ **Un convoy de 16 barcazas tipo “jumbo ensanchadas” (o “super jumbo”), en formación de 4 barcazas de fondo x 4 barcazas de frente** (dimensiones aproximadas de cada barcaza = 16,67 m de manga y 60 m de eslora), con un remolcador de 50 m de eslora.

A tales efectos se ha tomado en consideración:

- ❑ La recomendación efectuada al Consorcio de Integración Hidroviaria (COINHI) por el Comité Intergubernamental de la Hidrovía (CIH).

- ❑ Diversas presentaciones realizadas por el Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MOPC) de la República del Paraguay.⁴⁹
- ❑ La práctica de navegación actual en el río Paraguay (ver **Sección 3.1**) ya que en el tramo comprendido entre la desembocadura del río Apa (km 2172,3) y Confluencia (km 1.240), en virtud del Acta Bilateral Argentina – Paraguay del 13 de Abril de 2000, se otorga una tolerancia del 20 % en manga y del 10 % en eslora (equivalente a 60 m de manga y 319 m de eslora).⁵⁰

Asimismo, según CSI Ingenieros (2009), de las consultas realizadas a efectos de dicha consultoría resultó que: **a)** la gran mayoría de las barcazas empleadas son del tipo “Missisipi” (10,66 m de manga y 60 m de eslora), **b)** sólo quedan en operación unas pocas barcazas de 12,0 m de manga y 40 m de eslora, y **c)** se han incorporado barcazas ensanchadas (“super jumbo”) de 16,66 m de manga y 60 m de eslora; todas ellas presentan un calado máximo (con carga completa) de 3,05 m (10 pies).

Como información adicional, corresponde indicar que Palou (2008)⁵¹ ha estimado la flota actual que opera en la Hidrovía Paraguay – Paraná en unas 1.224 unidades de las cuales (ver **Tabla 3.3–1**): **a)** 1.101 unidades corresponderían a barcazas de carga (de diversas dimensiones), **b)** 123 unidades corresponderían a barcazas “tanqueras” y **c)** 73 unidades corresponderían a remolcadores.

5.3.2. Profundidad Mínima a ser Garantizada

Uno de los parámetros de mayor importancia para el proyecto de una vía navegable es la “profundidad mínima a ser garantizada”; dicha profundidad está relacionada a la seguridad de la embarcación (sobre todo cuando el lecho del río es rocoso, por lo que un choque con el fondo representaría un riesgo de naufragio).

En el marco de la presente consultoría y a efectos de la mejora de las condiciones de navegación en el tramo del río Paraguay comprendido entre la desembocadura del río Pilcomayo y la localidad de Formosa, se ha adoptado como **profundidad mínima a ser garantizada a aquella que permita un calado de 3,05 m (10 pies) con las correspondientes “revancha bajo quilla” y “sobre – dragados”** (también establecidas en el marco de la presente consultoría).

5.3.3. Niveles de Referencia

A efectos de definir adecuadamente la “profundidad mínima a ser garantizada”, en forma homogénea para toda la extensión de la vía navegable, debe establecerse: **a)** un “nivel de agua de referencia” o “nivel de agua mínimo de navegación”, que no es otra cosa que el nivel de agua definido como aquél que limita la navegabilidad para la embarcación de diseño (límite superior), y **b)** un “nivel nominal de fondo del canal” que es el nivel por sobre el cual no debe existir ningún obstáculo a la navegación (límite inferior).

Al respecto debe tomarse en consideración que, en un río cualquiera, el nivel de las aguas naturales varía de manera constante con el tiempo y en forma “semi – aleatoria”, entendiéndose

⁴⁹ A modo de ejemplo, ver: http://www.mopc.gov.py/mopcweb/foros/alegre_estrategia%20MOPC.ppt

⁵⁰ Dicha Acta se basa en el Reglamento N° 7 del Acuerdo de Santa Cruz de la Sierra (Régimen Único de Dimensiones Máximas de los Convoyes de la Hidrovía) que no se encuentra vigente para ninguno de los dos países mencionados (Argentina y Paraguay).

⁵¹ **Palou, G. 2008.** Hidrovía Paraguay – Paraná: Requerimientos de Equipos. En Symbarge '08 – Primer Simposio sobre Construcción de Barcazas para el Transporte Fluvial, 26 al 28 de noviembre de 2008, Montevideo – Uruguay.

dicha variación “semi – aleatoria” como la imposibilidad de establecer un valor determinado – para una serie temporal dada – debido al carácter aleatorio del régimen de lluvias (que es el que determina las variaciones de nivel).

Por otra parte, la definición estadística de dicho nivel de referencia debe ser hecha en base a consideraciones económicas y ligada al número de días de interrupción probable de la navegación que sería aceptable.

Dada la característica estacional de las variaciones de los niveles de agua en los grandes ríos, es posible considerar las series anuales de manera independiente con lo que será posible determinar la probabilidad de ocurrencia o el período de retorno de las diversas persistencias de los niveles de agua medios diarios (porcentajes anuales de días de cada año).

Estas persistencias de niveles corresponden a los porcentajes de los años de la serie en que los niveles de agua correspondientes no son sobrepasados, por lo que pueden ser tratados como las probabilidades respectivas (o períodos de recurrencia). Si las profundidades de agua son referidas a estos niveles de agua, se tendrá, para cada período de recurrencia, el porcentaje del año en que las profundidades no estarán restringidas.

Relacionando las profundidades de agua y los calados en términos estadísticos, lo anterior permite determinar el período de recurrencia (número de años) en que la navegación quedaría interrumpida (o podría ser realizada con un calado menor que el de proyecto) en un determinado número de días al año.

Esta forma de definir el nivel de referencia viene siendo adoptada en muchos cursos de agua navegables, lo que permite simplificar su relación con los costos de las obras y del transporte y homogenizar un criterio para toda la vía navegable (estadísticamente los niveles de referencia deben determinarse simultáneamente en todas las estaciones hidrométricas del río, interrumpiéndose o liberándose la navegación simultáneamente – al menos en principio – en toda la extensión de la vía navegable).

El número probable de días de interrupción dependerá de la distribución estadística adoptada para las persistencias anuales (generalmente se adopta una distribución normal que haya mostrado una conexión satisfactoria con las persistencias anuales de los niveles de agua diarios). Cabe hacer notar que la distribución temporal entre años secos y húmedos es estadísticamente aleatoria.

Por otra parte, la confiabilidad estadística de las probabilidades de los niveles de agua depende de la extensión de la serie histórica adoptada (número de años con observaciones). En los estudios hidrológicos, y en condiciones normales, se considera que una serie de 30 a 40 años es representativa de un largo período y que series menores a los 20 años no son suficientes para definir dicho régimen hidrológico.

La conveniencia de adoptar valores homogéneos para toda la vía, lleva a considerar las mismas series históricas para todas las estaciones limnimétricas debiéndose, en caso de ocurrir falta de datos, completar las series por correlaciones con otros procesos hidrológicos y estadísticos.

Conviene no olvidar que las limitaciones contenidas en el criterio expuesto, se refieren al calado de la embarcación de diseño adoptada. Si el convoy puede navegar con un menor calado (en principio el calado del remolcador de empuje es el mínimo absoluto del convoy) las interrupciones serán menores y si las barcazas se proyectasen con posibilidades de una mayor capacidad de carga, lo que equivale a navegar con un mayor calado, existirá, en función del régimen hidrológico, un mejor aprovechamiento de la vía. Ambas son opciones que, a los efectos del dimensionamiento de la flota, quedan a criterio del armador y no interfieren en el dimensionamiento de la vía navegable.

En el marco de la presente consultoría – y en forma consistente con los estudios previos – se ha considerado adoptar como **“nivel de agua de referencia”**, a efectos de la mejora de la navegabilidad del río Paraguay en el tramo comprendido entre la desembocadura del río Pilcomayo y la localidad de Formosa, **el nivel relativo a las persistencias medias anuales de los niveles de agua correspondientes al 10 % del año seco con período de recurrencia de 10 años.**

A tales efectos se ha tomado en consideración:

- ❑ Que dicho nivel de referencia fue el adoptado en los estudios realizados por HS – LB – EIH (1996) y COINHI (2004), y, además, es el adoptado por las autoridades brasileñas para las vías navegables en corriente libre.
- ❑ La recomendación efectuada al Consorcio de Integración Hidroviaria (COINHI) por el Comité Intergubernamental de la Hidrovía (CIH).
- ❑ Las recomendaciones efectuadas por el Comité de Coordinación Técnica (CCT) en el informe que le fuera encargado en la XXXVII Reunión del Comité Intergubernamental de la Hidrovía (CIH).⁵²

La **Tabla 5.3–1**, presenta las lecturas en las reglas hidrométricas y las cotas (referidas al Datum Argentino) de los niveles de referencia oportunamente definidos por COINHI (2004) a partir del estudio de las series temporales históricas correspondientes al período 1963 – 2002 en las estaciones de Ladario (km 2.755), Asunción (km 1.630), Corrientes (km 1.208) y Paraná (km 601).

Corresponde mencionar que los criterios adoptados en el presente documento a efectos de la definición de la embarcación de diseño, de la profundidad mínima a ser garantizada y de los niveles de agua de referencia, son los mismos que fueron adoptados por CSI Ingenieros (2009) para el tramo del río Paraguay comprendido entre las desembocaduras de los ríos Apa y Pilcomayo.

⁵² Dicho informe fue suministrado por el Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MOPC) de la República del Paraguay.

Tabla 5.3–1. Hidrovía Paraguay – Paraná: Niveles y Cotas de Referencia correspondientes al 10 % del año seco con período de recurrencia de 10 años (según estimaciones a partir de la serie temporal 1963 – 2002)

| Estación Hidrométrica | km | Cota al cero | Lectura en la Regla (10 % – 10 años) | Cota (Datum Argentino) (10 % – 10 años) |
|-----------------------|-------|--------------|---|--|
| Ladario | 2.755 | 82,02 | 0,15 | 82,17 |
| Manga | 2.686 | 78,45 | 2,26 | 80,71 |
| Puerto Esperanza | 2.630 | 79,53 | – 0,46 | 79,07 |
| Fuete Coimbra | 2.562 | 78,77 | – 0,98 | 77,79 |
| Bahía Negra | 2.490 | 76,56 | – 0,29 | 76,27 |
| Puerto Casado | 2.147 | 69,42 | 0,95 | 70,37 |
| Pinasco | 2.076 | 67,80 | 0,79 | 68,59 |
| Concepción | 1.940 | 64,29 | 0,85 | 65,14 |
| Antequera | 1.828 | 60,28 | 0,36 | 60,64 |
| Rosario | 1.776 | 57,50 | 0,54 | 58,04 |
| Asunción | 1.630 | 53,20 | 0,37 | 53,57 |
| Bouvier | 1.602 | 51,24 | 0,67 | 51,91 |
| Villeta | 1.593 | 52,02 | 0,17 | 52,19 |
| Puerto Pilar | 1.329 | 45,62 | 0,31 | 45,93 |
| Corrientes | 1.208 | 41,84 | 1,18 | 43,02 |
| Empedrado | 1.140 | 39,13 | 0,82 | 39,95 |
| Bella Vista | 1.057 | 34,18 | 1,07 | 35,25 |
| Goya | 972 | 29,12 | 1,46 | 30,58 |
| Esquina | 853 | 21,47 | 1,42 | 22,89 |
| La Paz | 757 | 15,91 | 1,28 | 17,19 |
| Paraná | 601 | 9,60 | 0,68 | 10,28 |

Fuente: COINHI (2004) e Informe del Comité de Coordinación Técnica (CCT) encargado en la XXXVII Reunión del Comité Intergubernamental de la Hidrovía (CIH)

5.3.4. Criterios de Proyecto para Obras de Dragado de Apertura

Por “dragado de apertura” se entienden todos los servicios relativos a la desagregación, retiro, transporte y vertido – en ubicaciones predeterminadas – de los sedimentos del lecho del río que resulte necesario remover (“dragar”) para alcanzar la profundidad mínima y las secciones transversales oportunamente establecidas en la presente consultoría.

5.3.4.1. Dragado de Apertura en Pasos Arenosos

En principio, a efectos de los criterios de proyecto para las obras de dragado de apertura en pasos arenosos, se consideró que:

- ❑ Las obras serán realizadas mediante la utilización de dragas de succión con cortador; no obstante, podría emplearse otro tipo de dragas (aunque las mismas no fueron consideradas a efectos de la definición de los presentes criterios de proyecto, que tuvieron por objetivo definir – en líneas generales – los métodos constructivos y los equipamientos a emplear).⁵³
- ❑ El vertido de productos de dragado será efectuado, en la medida de lo posible, en el propio lecho del río.

A partir de dichas premisas, y considerando las embarcaciones de diseño adoptadas, los principales criterios recomendados son:

- ❑ Ancho del canal (en tramos rectos): 110 m (en la base del talud).
- ❑ Profundidad del canal: 3,65 m (11,97 pies).⁵⁴
- ❑ Sección transversal: Trapezoidal.
- ❑ Pendiente del talud: 1V : 3H⁵⁵
- ❑ Tolerancia:
 - Para las obras realizadas con dragas de succión con cortador:
 - ⇒ Tolerancia vertical (profundidad de dragado): Medio diámetro del cortador.⁵⁶
 - ⇒ Tolerancia horizontal (ancho de la base de la sección dragada): Un diámetro del cortador.
 - Para las obras realizadas con otro tipo de dragas:
 - ⇒ Tolerancia vertical (profundidad de dragado): 0,30 m.
 - ⇒ Tolerancia horizontal (ancho de la base de la sección dragada): 3,00 m a cada lado.

Por su parte, a efectos del trazado planimétrico del eje del canal de navegación se recomienda la adopción de criterios similares a los oportunamente establecidos por COINHI (2004):

⁵³ En determinados casos, por ejemplo cuando se trata de secciones muy anchas, las obras de dragado podrían ser realizadas mediante dragas autopropulsadas de succión en marcha (de tipo “Hopper”) o mediante dragas de succión hidráulica (de tipo “Dustpan”).

⁵⁴ Dicha profundidad corresponde a un calado de 3,05 m con una revancha bajo quilla de 0,30 m y un sobre – dragado de 0,30 m.

⁵⁵ Dicho talud es el indicado como estable para los diversos proyectos de dragado realizados en los ríos Paraná y Paraguay y, por otra parte, fue el adoptado por COINHI (2004) para los cálculos de los volúmenes dragados en pasos arenosos.

⁵⁶ Dicha tolerancia corresponde a la mitad del espesor de la “camada” o “capa” retirada en cada pase del cortador (las obras de dragado suelen ser ejecutadas en “camadas” o “capas” cuyo espesor es aproximadamente igual al diámetro de la herramienta de corte).

- ❑ El eje del canal de navegación deberá tener un trazado constituido por curvas circulares concordantes con tramos rectos intermedios. Las curvas deberán tener preferentemente radios mayores a 10 veces la eslora de la embarcación de diseño (límite por encima del cual podrán ser considerados como tramos rectilíneos, a los efectos del desplazamiento de los convoyes). El radio mínimo será de tres (3) veces la eslora del rectángulo de navegación.
- ❑ Entre curvas de sentido opuesto (con centros de giro opuesto respecto al eje del canal) deberá existir un tramo recto de longitud mínima igual a tres (3) veces la eslora del rectángulo de navegación, mientras que entre curvas de igual sentido el tramo recto deberá ser, como mínimo, igual a 1,5 veces la eslora del rectángulo de navegación.
- ❑ Para los tramos rectos se recomienda, como ya fuera indicado, un ancho de la base del canal de navegación de 110 m mientras que para los tramos en curva deberá ser adicionado, al ancho de los tramos rectos, un margen de seguridad igual a L^2 / kR (en metros) siendo “L” la eslora máxima del convoy, “R” el radio de la curva en el eje del canal y “k” = 1 para los tramos con encuentros (con cruces) y “k” = 2 para los tramos sin encuentros (sin cruces).
- ❑ Para los ensanches, la transición entre anchos diferentes deberá ser hecha en los dos márgenes siguiendo un trazado lineal, con una longitud mínima igual a siete (7) veces la diferencia entre I_1 y I_2 , siendo “ I_1 ” y “ I_2 ” los anchos a ser compatibilizados, pero no menores a una eslora de convoy.
- ❑ En los casos de tramos en curvas, las extensiones correspondientes al ancho del canal se realizarán únicamente en la margen convexa. En estos casos, la margen convexa deberá ser constituida por un arco central y dos segmentos tangentes al mismo. Estos segmentos serán de una longitud mínima de una eslora de convoy, medida desde los extremos del eje de la curva.
- ❑ El pasaje de puentes, de líneas de transmisión y de toda obra de ingeniería que obstaculice la navegación con pilas, torres u otras estructuras instaladas en el lecho del río, deberá ser hecho, preferentemente, en un tramo recto de la vía, con una extensión mínima de tres (3) esloras del convoy (una mitad para cada lado del punto de cruce).
- ❑ La distancia mínima entre las pilas o las torres (“vano” o espacio libre) deberá ser como mínimo igual a la del canal de navegación en el tramo considerado, aunque es recomendable un margen de 10 m (5 m de cada lado) con el correspondiente balizamiento.
- ❑ No se recomienda prever sobre – anchos en los tramos con restricciones (canales dragados, puentes, etc.).
- ❑ El sobrepasaje y el cruce de convoyes se permitirá EXCLUSIVAMENTE en los tramos rectos y NUNCA en los curvos.

Finalmente, a efectos de las obras de vertido de productos de dragado los principales criterios recomendados son:

- ❑ Distancia máxima de bombeo:
 - Sin uso de “Booster” = 2.000 m
 - Con uso de “Booster” = 4.000 m
- ❑ Nivel máximo de lanzamiento (por encima del nivel de agua) = 2,00 m
- ❑ Ubicación:
 - En el lecho del río (aguas abajo del sector dragado), en brazos secundarios y/o en extremos de islas (aguas abajo) y, preferentemente, en lugares donde el vertido no influya desfavorablemente en la estabilidad del canal dragado y donde tienda a mantener las secciones transversales del curso de agua y las condiciones de transporte de sedimentos debiéndose evitar, además, la disposición frente a la desembocadura de los afluentes al curso principal.

- Sólo en situaciones excepcionales se aceptará el vertido en las márgenes del río (siempre que se trate de áreas bajas, de zonas inundables con aguas altas, o de terrenos pantanosos; en todos los casos deberá tomarse en consideración el no provocar impactos ambientales y el procedimiento deberá ser debidamente autorizado por las autoridades competentes).

5.3.4.2. Dragado en Materiales Duros

En principio, a efectos del establecimiento de los criterios de proyecto, se consideró:

- Como material duro: Aquellos materiales de variada naturaleza y diverso grado de friabilidad (calizas, esquistos arcillosos, toscas, arcillita, conglomerados, etc.) que, en su mayor parte, podrán ser desagregados y removidos por procesos mecánicos; sin embargo, no debe descartarse la necesidad de derrocamientos en afloramientos aislados de excepcional dureza.
- Como roca: Aquellos materiales de naturaleza ígnea o metamórfica cuya desagregación deberá ejecutarse, necesariamente, a través de derrocamientos.

Por su parte, a efectos de las obras de desagregación y remoción, se consideró que:

- La desagregación y remoción de los materiales duros será realizada mediante la utilización de excavadoras hidráulicas o grúas excavadoras con balde almeja montadas sobre plataformas fijas equipadas con pilones (“spuds”).^{57, 58, 59}
- La desagregación de la roca compacta será realizada mediante derrocamientos, teniendo en cuenta las prescripciones ambientales (ver **Capítulo 6**); por su parte, la remoción de los fragmentos obtenidos será realizada por métodos similares a los empleados a efectos de la remoción de materiales duros.
- El transporte del material removido, hacia sus áreas de disposición final, será realizado mediante la utilización de barcazas de cubierta corrida, remolcadores y palas cargadoras; en el caso de las rocas; éstas últimas serán empleadas para cargar los fragmentos en la cubierta de la/las barcazas y para, posteriormente, descargar el material en el área prevista a tales efectos.
- Los materiales removidos serán ubicados, a efectos de su disposición final, en el lecho del río y, preferentemente, serán distribuidos a lo largo del río – a una distancia del canal de navegación no inferior a los 50 m – y en lugares donde su disposición no influya desfavorablemente en el mantenimiento de la sección transversal del curso de agua ni en el transporte de sedimentos.
- Sólo en situaciones excepcionales se aceptará el vertido en las márgenes del río (a efectos de la realización de obras de protección de márgenes; no obstante, en todos los casos

⁵⁷ Corresponde indicar que la plataforma fija restringe el alcance de la excavadora, por lo que se hace necesario un número elevado de maniobras; por otra parte, durante las tareas – dependiendo del equipo utilizado – no se tiene un buen control de la profundidad de trabajo (lo que compromete la precisión de la sección transversal).

⁵⁸ De ambos equipos, la grúa excavadora con balde almeja presenta varias ventajas sobre la excavadora hidráulica: **a)** trabaja sin mayor influencia de la variación del nivel del río, **b)** el esfuerzo del equipo durante la remoción no es transmitido a la plataforma; **c)** el sistema de cabo, en el movimiento del cubo, permite alcanzar una mejor calidad en el cumplimiento de la cota de fondo; y **d)** por cada posicionamiento de la plataforma, se tiene una mayor faja de remoción de materiales.

⁵⁹ A efectos de la remoción de ciertos materiales – como el pedregullo suelto, los conglomerados, las areniscas y los materiales calcáreos – podría emplearse otro tipo de dragas e incluso dragas de succión con cortador (aunque las mismas no fueron consideradas a efectos de la definición de los presentes criterios de proyecto, que tuvieron por objetivo definir – en líneas generales – los métodos constructivos y los equipamientos a emplear).

deberá tomarse en consideración el no provocar impactos ambientales y el procedimiento deberá ser debidamente autorizado por las autoridades competentes).

A partir de dichas premisas, y considerando las embarcaciones de diseño adoptadas, los principales criterios recomendados son:

- Ancho del canal (en tramos rectos): 110 m (en la base del talud).
- Profundidad del canal: 3,65 m (11,97 pies).⁶⁰
- Sección transversal: Trapezoidal.
- Sobre – dragado: No se considera necesario.
- Pendiente del talud: 1V : 1H.
- Tolerancia: No se considera necesaria.

5.3.5. Criterios de Proyecto para Obras de Dragado de Mantenimiento

Por “dragado de mantenimiento” se entienden todos los servicios relativos a la desagregación, retiro, transporte y vertido – en ubicaciones predeterminadas – de los materiales sedimentados y depositados en aquellos pasos que hayan sido objeto de trabajos previos de dragados de apertura y que resulten necesarios para el mantenimiento de la profundidad mínima y de las secciones transversales establecidas en la presente consultoría.

Los criterios de proyecto serán los mismos que los empleados a efectos de las obras de dragado de apertura; es decir:

- Para pasos arenosos:
 - Ancho del canal (en tramos rectos): 110 m (en la base del talud).
 - Profundidad del canal: 3,65 m (11,97 pies).
 - Sección transversal: Trapezoidal.
 - Pendiente del talud: 1V : 3H
 - Tolerancia (para obras realizadas con dragas de succión con cortador):
 - ⇒ Tolerancia vertical (profundidad de dragado) = Medio diámetro del cortador.
 - ⇒ Tolerancia horizontal (ancho de la base de la sección dragada) = Un diámetro del cortador.
 - Tolerancia (para obras realizadas con otro tipo de dragas):
 - ⇒ Tolerancia vertical (profundidad de dragado) = 0,30 m.
 - ⇒ Tolerancia horizontal (ancho de la base de la sección dragada) = 3,00 m a cada lado.
- Para pasos con materiales duros:
 - Ancho del canal (en tramos rectos): 110 m (en la base del talud).
 - Profundidad del canal: 3,65 m (11,97 pies).
 - Sección transversal: Trapezoidal.
 - Pendiente del talud: 1V : 1H.

⁶⁰ Dicha profundidad corresponde a un calado de 3,05 m con una revancha bajo quilla de 0,60 m.

5.3.6. Recomendaciones Generales

A efectos de la presente consultoría se recomienda:

- ❑ Que las obras de dragado de apertura sean ejecutadas en el sentido “aguas arriba – aguas abajo”.⁶¹
- ❑ Que siempre que, en un paso cualquiera, no fuese alcanzada la profundidad establecida para la sección del canal, se realicen las obras de dragado complementarias para alcanzar la profundidad deseada.
- ❑ Preferentemente, las obras de dragado deberán ser iniciadas en las aguas altas y a tiempo de ser concluidas antes de que el nivel de agua alcance – en cada paso – el nivel de referencia correspondiente. En tal sentido el análisis de los hidrogramas anuales típicos sugiere el período comprendido entre el 1^{ro} de Junio y el 30 de Noviembre; no obstante, el Diagnóstico Ambiental Integrado realizado por COINHI (2004) establece como restricción temporal para las obras de dragado el período comprendido entre el 1^{ro} de Noviembre y el 31 de Marzo (con el objetivo de proteger los procesos reproductivos de peces y la migración de huevos y larvas); en consecuencia – en primera instancia – el período óptimo para las obras de dragado sería el comprendido entre el 1^{ro} de Junio y el 31 de Octubre.

Asimismo, es importante aclarar que, debido a la movilidad del lecho del río Paraguay, tanto los pasos a dragar como las extensiones y volúmenes a ser dragados establecidos en el presente documento (**Sección 5.5**) deberán ser considerados como indicativos; tales parámetros deberán ser determinados, en cada oportunidad, mediante relevamientos batimétricos detallados.

Por otra parte, también corresponde indicar que:

- ❑ Una misma draga podrá realizar trabajos en varios pasos (desplazándose con el auxilio de un remolcador de apoyo).
- ❑ En caso de ser necesario, deberá ser previsto el trabajo durante los siete días de la semana (incluyendo las horas nocturnas).
- ❑ Antes del inicio de los trabajos de dragado, en cada paso se deberá efectuar un relevamiento batimétrico “inicial” que servirá de base para el cálculo de la profundidad y los volúmenes a ser dragados; dicho relevamiento deberá ser ejecutado según secciones batimétricas transversales al eje del canal de navegación proyectado, relevadas cada 50 metros (o menos) y teniendo en cuenta las variaciones del lecho del río.
- ❑ En cada paso, la posición del canal a ser dragado deberá ser materializada “in – situ” por medio de boyas provisorias distantes entre sí, como máximo, 40 m y localizadas en todos los puntos notables del trazado (inicio y fin de curvas, concordancias, cambios de ancho, etc.). La posición de dichas boyas deberá ser verificada diariamente (antes que la sección respectiva sea alcanzada por la draga).

⁶¹ En el caso de que las obras fuesen realizadas en sentido contrario y dado que los tramos dragados estarán sujetos a sedimentación debido a la resuspensión del material en el propio proceso de desagregación, deberá realizarse un relevamiento batimétrico inmediatamente después de la conclusión del dragado del paso para verificar el mantenimiento de la profundidad pre – establecida. En caso de constatare sedimentación, se deberán ejecutar obras de dragado de mantenimiento (o “repassos”) hasta obtener dichas profundidades (que deberán ser verificadas mediante nuevos relevamientos batimétricos).

- ❑ Una vez finalizados los trabajos de dragado, en cada paso se deberá efectuar un relevamiento batimétrico “final” que servirá de base para verificar la profundidad alcanzada así como para el cálculo de los volúmenes efectivamente dragados; dicho relevamiento deberá ser ejecutado según las secciones batimétricas transversales del relevamiento “inicial”.
- ❑ Siempre que no fuese alcanzada la profundidad establecida para el canal en el paso considerado, se deberán realizar dragados complementarios hasta obtener la profundidad preestablecida (lo que deberá ser verificado mediante nuevos relevamientos batimétricos).
- ❑ Las coordenadas de los puntos de vertido de productos de dragado así como los puntos de salida de las tuberías de descarga de productos de dragado deberán ser registradas en el inicio de cada turno de dragado y cada vez que sea modificado el posicionamiento del equipo de dragado. En todos los casos dicho posicionamiento deberá realizarse a través de la determinación de las coordenadas por sistema D – GPS (Sistema de Posicionamiento Global en modo Diferencial).
- ❑ Se deberá llevar un detallado diario de los trabajos realizados, con indicación de las novedades ocurridas (con precisión de 1/2 hora) y donde, particularmente, constarán (entre otras informaciones): el avance de las obras, las interrupciones y el motivo de las mismas, las modificaciones en la línea de dragado y/o de descarga, la ubicación de los puntos de vertido de productos de dragado, los abastecimientos de combustibles y las lubricaciones de los equipamientos, los niveles de referencia y las alturas del río durante la ejecución de las obras, el equipo y el personal a bordo así como sus novedades, etc.
- ❑ Se deberán adoptar las medidas necesarias para minimizar las interferencias a la navegación durante la ejecución de las obras de dragado y de vertido de productos de dragado.

5.4. Definición de los Criterios del Proyecto para la Mejora de las Ayudas a la Navegación

Por “ayudas a la navegación” se entienden todos los servicios relativos a la instalación, mantenimiento y, cuando corresponda, reubicación – en ubicaciones predeterminadas – de las facilidades necesarias a efectos de guiar – en forma segura – a los capitanes y prácticos de las embarcaciones por la vía navegable del río Paraguay en el tramo comprendido entre la desembocadura del río Pilcomayo y la localidad de Formosa.⁶²

Es así que, atendiendo a los objetivos de la presente consultoría, se considera que el mejoramiento de las ayudas a la navegación forma parte de las obras de mejoramiento del canal navegable; en consecuencia, se recomienda la realización de un relevamiento detallado de la señalización existente al momento de inicio de las obras que deberá incluir, para cada señal, el diagnóstico del estado de conservación y el análisis de su pertinencia.

A partir de dicho relevamiento se deberán proponer – y ejecutar – las obras necesarias para la mejora del sistema, tales mejoras deberán basarse en el “Reglamento Único de Balizamiento de la Hidrovía” (aprobado por el Comité Intergubernamental de la Hidrovía en el año 1994 y uno de los

⁶² Tales “ayudas a la navegación” son objetos creados por el hombre y utilizados por los capitanes y prácticos de las embarcaciones para determinar su posición o encontrar un pasaje apropiado para la navegación. El término incluye diversos tipos de señales (visibles, audibles o electrónicas) siendo las más comunes: **a)** las boyas (cuerpos flotantes sujetos por medio de un orinque al fondo del río y que sirven para marcar los canales navegables, indicar puntos de peligro o señalar la existencia de cables o cañerías submarinas), **b)** las balizas (marcas o señales fijas, en posición vertical, ubicadas en tierra o en aguas poco profundas), **c)** las luces (con características distintivas dadas por su color y/o intermitencia), y **d)** las enfilaciones (sistema de balizas alineadas, generalmente en número de dos y ubicadas una detrás de la otra, de manera que su superposición indique una línea de posición o una ruta por el eje del canal).

dos reglamentos vigentes en la República del Paraguay), en las Normas “IALA – B” y en el denominado “Sistema de Acciones a Empezar”.

En principio, a efectos de los criterios de proyecto para las obras de mejoramiento de las ayudas a la navegación, se deberá asumir que las embarcaciones:

- ❑ Dispondrán del equipamiento necesario para la navegación (compás, ecosonda, radar, sistemas de comunicación VHF, proyectores lumínicos con alcance superior a 2.000 m, cartas y croquis de navegación actualizados, listado de señales, etc.).
- ❑ Dispondrán de una adecuada relación entre la potencia del remolcador de empuje y el desplazamiento del convoy.
- ❑ Serán tripuladas por personal competente.

A partir de dichas premisas, los principales criterios recomendados son:

- ❑ Se deberá reducir, al mínimo necesario e imprescindible, el empleo de boyas luminosas y, en la medida de lo posible, se deberán eliminar tales ayudas.
- ❑ Se dará preferencia a:
 - La utilización de boyas ciegas equipadas con: **a)** paneles reflectores de radar e indicadores de señalización de buen poder reflectante, y **b)** con un francobordo y una altura tal que posibiliten una buena visualización.
 - La utilización de boyas metálicas rellenas de poliuretano (aptas para funcionar aún después de ligeras embestidas).
 - El empleo de boyas tipo “IB”, “IIB”, “Missisipi” y/o “Brasil”.
 - La utilización de balizas o “señales de margen” (acordes a los criterios de diseño propuestos por COINHI, 2004) que deberán ser estandarizadas e incorporar un reflector pasivo de radar en su tope y equipos lumínicos “encapsulados” (como forma de disminuir las necesidades de mantenimiento y, consecuentemente, los costos de operación); además deberán tener instaladas, en forma bien visible, las “acciones a empezar” correspondientes y el número de kilómetro.
- ❑ Existirá tanto un programa regular de relevamiento batimétrico de la totalidad de la vía navegable como un programa regular de relevamiento detallado de los pasos objeto de las obras de dragado (de apertura y/o mantenimiento); ambos programas estarán íntimamente relacionados con un programa de implantación, mantenimiento y adecuación del sistema de ayudas a la navegación. Éste último estará orientado a:
 - Asegurar el mantenimiento de las señales en condiciones operativas (en forma continua).
 - Implementar un sistema de reposición de las señales dañadas (en un período no mayor a las 36 horas de detectada la falla).
 - Implementar un sistema de avisos a los navegantes (que indique la existencia de fallas en el sistema de ayudas a la navegación).
 - Implementar un sistema de recorrida periódica del río tendiente a verificar el estado de las ayudas a la navegación a efectos de, por un lado, reconocer los cambios en la geomorfología del río y el estado de su lecho (para detectar rápidamente los cambios en las condiciones de navegabilidad y actuar en consecuencia) y, en segundo lugar, para implementar, cuando sea necesario, planes de recambio de boyas y de mantenimiento de las señales de margen.

- Como regla general, las distancias entre las boyas deberán ser tales que permitan visualizar en la pantalla del radar (rangos de 0,75 a 1,5 millas), simultáneamente, dos (2) boyas. En particular:
 - En río abierto y en tramos rectos, donde la costa es bien visible y de fácil identificación durante el día, y con buenos ecos de radar, las distancias entre señales no deberá exceder la distancia promedio recorrida en media hora por la embarcación de diseño (convoy cargado) navegando aguas arriba.
 - En los pasos objeto de obras de dragado la densidad de las señales será tal que exista una separación de 1,0 km para pasos arenosos y de 0,5 km para pasos con materiales duros.⁶³

Finalmente corresponde indicar que:

- Los detalles del mantenimiento de las ayudas a la navegación deberán ser acordes a las características de los equipos utilizados, atendiendo a los niveles de calidad de los mismos y a los requerimientos de los fabricantes. No obstante, para los equipos flotantes, las boyas, las cadenas y demás elementos, se considera que existe suficiente experiencia en la región.

5.5. Características de las Obras

5.5.1. Dragado de Apertura en Pasos Arenosos

5.5.1.1. Caracterización de los Materiales

En términos generales, el material del lecho de la Hidrovía Paraguay – Paraná es de naturaleza arenosa (con excepción de los alrededores de las desembocaduras de algunos afluentes, especialmente el río Bermejo y la zona del Delta del Paraná, sobre el Río de la Plata, donde se forman depósitos de materiales más finos, de naturaleza limosa y arcillosa).

Dichos materiales provienen, fundamentalmente, de la erosión de los márgenes del propio valle aluvional de los ríos Paraguay y Paraná y de las areniscas, de origen eólico y fluvial, que, conformando grandes depósitos sedimentarios, cubren gran parte del Centro y Centro – Sur del continente Suramericano. Asimismo, algunos afluentes – por ejemplo el río Apa – aportan grandes volúmenes de arena que contribuyen a la formación de bancos de amplias extensiones.

A efectos de la presente consultoría se recopiló la información sobre muestras de sedimentos superficiales del lecho del río Paraguay (en el tramo comprendido entre la desembocadura del río Pilcomayo y la localidad de Formosa) obtenidas por COINHI (2004).

La **Tabla 5.5–1** resume las principales características de nueve muestras correspondientes a tres pasos (Pilar, Villeta y Travesía San Juan – San Antonio); a partir de ellas sería posible caracterizar los materiales a dragar como correspondientes a arenas finas a medias con densidad promedio variable entre 2,63 y 2,75 gr/cm³ y cuyo tamaño promedio (expresado como el Percentil 50) varía entre 0,19 y 0,41 mm, siendo la selección moderada.

⁶³ Tales distancias se asumen como indicativas.

**Tabla 5.5–1. Tramo comprendido entre la desembocadura del río Pilcomayo y la localidad de Formosa:
Resultados del análisis granulométrico de muestras superficiales del lecho del río**

| | | Paso | | |
|--|---|---------------------------------|--|------------------------------------|
| | | Pilar | Villeta | Travesía San Juan / San Antonio |
| N° Muestras | | 3 | 3 | 3 |
| Composición | % Granos (% > 2,0 mm) | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 |
| | % Arena Gruesa (2,0 > % > 0.5) | 3,0 – 27,78 | < 10,0 | < 10,0 |
| | % Arena Media (0.5 > % > 0.25) | 24,54 – 56,90 | 8,78 – 67,37 | 57,40 – 68,19 |
| | % Arena Fina (0,25 > % > 0,0625) | 15,43 – 72,18 | 24,56 – 90,69 | 22,64 – 34,80 |
| Tamaño Promedio | Percentil 50 (mm) | 0,21 – 0,41 | 0,19 – 0,34 | 0,32 – 0,35 |
| | Mz (ϕ) | 1,31 – 2,26 | 1,64 – 2,45 | 1,51 – 1,66 |
| Selección (DEst) | | Moderada | Moderada | Moderada |
| Tipo de distribución | | Negativas, Meso a leptocúrticas | Casi simétricas a positivas, Leptocúrticas | Positivas, Plati a leptocúrticas |
| Densidad promedio (gr/cm³) | | 2,6315 | 2,6910 | 2,7555 |

Fuente: COINHI (2004)

5.5.1.2. Estimación de Volúmenes

La **Tabla 5.5–2** presenta los resultados obtenidos para aquellos pasos que fueron considerados como los más “críticos” (en el estado del tramo desembocadura del río Pilcomayo – Formosa del río Paraguay observado a Setiembre – Octubre de 2010) y donde, necesariamente, resultaría imprescindible la realización de obras de dragado de apertura a efectos de asegurar una navegación continua sin necesidad de realizar fraccionamientos del tren de barcazas.

Los cálculos fueron realizados a partir del análisis de la información, sobre la profundidad actual y la longitud a ser dragada en cada paso, aportada por los diferentes actores entrevistados y suponiendo que el material a dragar es de naturaleza arenosa.

Los resultados indican un volumen mínimo de 2.154.262 m³ de materiales arenosos para un total de once (11) pasos.⁶⁴

⁶⁴ Corresponde indicar que COINHI (2004), a partir de los cálculos realizados por HS – LB – EIH (1996) y la aplicación de correcciones que contemplaron las diferencias de profundidad y ancho del canal proyectado en ambos estudios, obtuvo un volumen de dragado de apertura en materiales arenosos de 2.789.002 m³ para los pasos que, en aquel momento (2002 – 2003), dificultaban la navegación.

**Tabla 5.5–2. Tramo comprendido entre la desembocadura del río Pilcomayo y la localidad de Formosa:
Volúmenes de dragado de apertura (m³) para materiales arenosos**

| Paso | km | Longitud a dragar (m) | Ancho Actual (m) | Volumen (m ³) |
|--------------------------------|-------|-----------------------|------------------|---------------------------|
| Tipo de Material: ARENA | | | | |
| Casaccia | 1.619 | 800 | 70 | 165.290 |
| Medín | 1.608 | 300 | 100 | 32.078 |
| San Antonio | 1.604 | 600 | 70 | 158.347 |
| Cortada San Antonio | 1.605 | 1.000 | 60 | 401.540 |
| Villeta | 1.595 | 1.000 | 70 | 193.528 |
| Buey Muerto | 1.591 | 800 | 70 | 207.130 |
| Ytá Pirú | 1.585 | 800 | 70 | 181.645 |
| Guyratí | 1.581 | 800 | 70 | 233.952 |
| Santa Rosa | 1.558 | 1.000 | 80 | 176.584 |
| Lobato | 1.534 | 1.000 | 70 | 174.784 |
| Sepultura | 1.509 | 1.000 | 80 | 229.384 |
| TOTAL= | | | | 2.154.262 |

Notas: Se asume: **a)** una profundidad mínima a ser garantizada tal que permita un calado de 3,05 m (10 pies) con las correspondientes “revancha bajo quilla” y “sobre – dragados”; **b)** un “nivel de referencia” correspondiente a una persistencia anual de 10 % del año de 10 años de período de recurrencia; y **c)** un ancho de canal en tramos rectos = 110 m.

5.5.1.3. Equipamiento

Para atender el normal desarrollo de las obras de dragado en materiales arenosos, el equipamiento a disponer a efectos del dragado en cada paso incluirá:

- Una draga de succión con cortador.
- Un remolcador de apoyo (para el traslado de la draga y de la embarcación de alojamiento del personal).
- Una mula marina (para el movimiento de las tuberías flotantes).
- Dos pontones de apoyo: uno destinado a las reparaciones generales y otro destinado al comedor y al alojamiento del personal.
- Una lancha de apoyo destinada tanto a las tareas de transporte de personal como de piezas y accesorios.
- Una lancha de apoyo destinada a las tareas de relevamiento batimétrico que, a su vez, deberá contar con el apoyo de un bote con motor fuera de borda (mínimo 45 HP)
- Equipamiento completo para relevamientos topo – batimétricos (sistema D – GPS; ecosonda hidrográfica digital; teodolito, nivel o estación total; etc.).
- Un barco autopropulsado para transporte de combustible.

5.5.2. Dragado de Apertura en Pasos con Materiales Duros

5.5.2.1. Caracterización de los Materiales

HS – LB – EIH (1996), para el tramo del río Paraguay comprendido entre la desembocadura del río Pilcomayo y la localidad de Formosa, menciona la existencia de materiales duros en los tramos del río correspondientes a los pasos Restinga Villeta, Ytá Pirú y Guyratí; corresponde destacar que dichos autores no realizaron trabajos de relevamiento geofísico en tales pasos y que, a efectos del cálculo de volúmenes de dragado, los mismos fueron considerados como compuestos, exclusivamente, por materiales arenosos (criterio que también fue adoptado por COINHI, 2004).

No obstante, durante las entrevistas realizadas en el marco de la presente consultoría, que incluyeron a capitanes de diversas empresas (Panchita G SA, Transbarge de Navegación SA y UABL Paraguay SA), a miembros de la Sociedad de Capitanes y Prácticos de la Zona Sur del Río Paraguay, y a funcionarios gubernamentales (Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones – MOPC; Gerencia de Navegación e Hidrografía – GNH; Administración Nacional de Navegación y Puertos – ANNP) también se hizo mención a la presencia de materiales duros en dichos pasos.

5.5.2.2. Estimación de Volúmenes

A efectos de la estimación de los volúmenes correspondientes a las obras de dragado de apertura en materiales duros y/o rocas se consideraron – exclusivamente – aquellos pasos para los cuales se ha mencionado la posible presencia de dichos materiales (Restinga Villeta, Ytá Pirú y Guyratí) y se calculó el volumen a dragar considerando las correspondientes “revancha bajo quilla” y “sobre – dragados” (Tabla 5.5–3).

Tabla 5.5–3. Tramo comprendido entre la desembocadura del río Pilcomayo y la localidad de Formosa: Volumen de dragado de apertura (m³) para pasos con potencial presencia de materiales duros y/o rocas

| Paso | km | Longitud a dragar (m) | Ancho Actual (m) | Volumen (m ³) |
|--|-------|-----------------------|------------------|---------------------------|
| Tipo de Material: Duro y/o Roca | | | | |
| Villeta | 1.595 | 1.000 | 70 | 237.876 |
| Ytá Pirú | 1.585 | 800 | 70 | 217.124 |
| Guyratí | 1.581 | 800 | 70 | 269.431 |
| TOTAL= | | | | 724.431 |

Notas: Se asume: **a)** una profundidad mínima a ser garantizada tal que permita un calado de 3,05 m (10 pies) con las correspondientes “revancha bajo quilla” y “sobre – dragados”. **b)** un “nivel de referencia” correspondiente a una persistencia anual de 10 % del año de 10 años de período de recurrencia; y **c)** un ancho de canal = 110 m.

Para el caso de que, efectivamente, se compruebe la presencia de materiales duros y/o rocas en los pasos antes considerados el volumen a dragar sería superior al volumen a dragar si los materiales fueran exclusivamente arenosos (dado el mayor valor de revancha “bajo – quilla”); dicha diferencia sería de 115.306 m³ (Tabla 5.5–4) y dicho volumen podría asumirse como correspondiente – íntegramente – a materiales duros y/o rocas.

Tabla 5.5–4. Pasos Villeta, Ytá Pirú y Guyratí:
Diferencia en el volumen total de dragado de apertura (m³) según tipo material a dragar

| Paso | km | Volumen total a dragar(m ³) en el caso de | |
|---------------------|-------|--|------------------|
| | | Materiales arenosos | Materiales duros |
| Villeta | 1.595 | 193.528 | 237.876 |
| Ytá Pirú | 1.585 | 181.645 | 217.124 |
| Guyratí | 1.581 | 233.952 | 269.431 |
| TOTAL = | | 609.125 | 724.431 |
| DIFERENCIA = | | 115.306 | |

Notas: Se asume: **a)** una profundidad mínima a ser garantizada tal que permita un calado de 3,05 m (10 pies) con las correspondientes “revancha bajo quilla” y “sobre – dragados”. **b)** un “nivel de referencia” correspondiente a una persistencia anual de 10 % del año de 10 años de período de recurrencia; y **c)** un ancho de canal = 110 m.

Por otra parte, es posible suponer que en el volumen estimado como “materiales arenosos” también existiría una cierta participación de “materiales duros” y/o “rocas”. Ante la falta de información técnica, se asumió que: **a)** dicha participación será en proporciones similares a las observadas por CSI Ingenieros SA (2009) para el tramo comprendido entre las desembocaduras de los ríos Pilcomayo y Apa; es decir, aproximadamente, del 30 % (unos 182.738 m³), y **b)** la no existencia de “rocas”.

En consecuencia, para los pasos Villeta, Ytá Pirú y Guyratí se estima un volumen de dragado equivalente a 426.388 m³ de materiales arenosos y 298.044 m³ de “materiales duros” (Tabla 5.5–5).

Tabla 5.5–5. Pasos Villeta, Ytá Pirú y Guyratí:
Estimación tentativa del volumen de dragado de apertura (m³) según tipo de material

| Paso | km | Estimación del Volumen a dragar(m ³) según tipo de material | |
|------------------|-------|---|------------------|
| | | Materiales arenosos | Materiales duros |
| Villeta | 1.595 | 135.470 | 102.406 |
| Ytá Pirú | 1.585 | 127.152 | 89.973 |
| Guyratí | 1.581 | 163.766 | 105.665 |
| Subtotal= | | 426.388 | 298.044 |
| TOTAL = | | 724.431 | |

Notas: Se asume: **a)** una profundidad mínima a ser garantizada tal que permita un calado de 3,05 m (10 pies) con las correspondientes “revancha bajo quilla” y “sobre – dragados”. **b)** un “nivel de referencia” correspondiente a una persistencia anual de 10 % del año de 10 años de período de recurrencia; **c)** un ancho de canal = 110 m; y **d)** ver texto a efectos de los criterios asumidos para cuantificar la participación de cada tipo de material.

5.5.2.3. Equipamiento

Para atender el normal desarrollo de las obras, el equipamiento a disponer a efectos del dragado en los pasos de material duro incluirá:

- ❑ Para la desagregación de los materiales:
 - En caso de rocas (donde serán necesarios derrocamientos):
 - ⇒ Perforadores rotativos con extensiones (destinados a la perforación de barrenos) y compresores de aire montados sobre plataformas fijas con pilones (“spuds”).
 - En caso de materiales duros:
 - ⇒ Excavadoras hidráulicas o grúas excavadoras con balde almeja montadas sobre plataformas fijas equipadas con pilones (“spuds”).
- ❑ Para la remoción de los materiales:
 - Retroexcavadoras o grúas excavadoras con balde almeja montadas sobre plataformas fijas equipadas con pilones (“spuds”).
- ❑ Para el transporte de los materiales hacia los sitios de disposición final:
 - Barcazas de cubierta corrida.
 - Pala cargadora.

A ellos se debe agregar:

- ❑ Un remolcador de apoyo o una mula marina.
- ❑ Dos pontones de apoyo: uno destinado a reparaciones generales y otro destinado al comedor y al alojamiento del personal.
- ❑ Dos lanchas de apoyo: una destinada tanto a las tareas de transporte de personal como de piezas y accesorios y otra destinada a tareas de relevamiento batimétrico (que, a su vez, deberá contar con el apoyo de un bote con motor fuera de borda – mínimo 45 HP)
- ❑ Equipamiento completo para relevamientos topo – batimétricos (sistema D – GPS; ecosonda hidrográfica digital; teodolito, nivel o estación total; etc.).
- ❑ Un barco autopulsado para transporte de combustible.

5.5.3. Dragado de Mantenimiento

5.5.3.1. Caracterización de los Materiales

Como ya fuera indicado, en términos generales el material del lecho de la Hidrovía Paraguay – Paraná es de naturaleza arenosa (con excepción de los alrededores de las desembocaduras de algunos afluentes, especialmente el río Bermejo y la zona del Delta del Paraná, sobre el Río de la Plata, donde se forman depósitos de materiales más finos, de naturaleza limosa y arcillosa).

Dicho material proviene, fundamentalmente, de la erosión de los márgenes del propio valle aluvional de los ríos Paraguay y Paraná y de las areniscas, de origen eólico y fluvial, que, conformando grandes depósitos sedimentarios, cubren gran parte del Centro y Centro – Sur del continente Suramericano. Asimismo, algunos afluentes – por ejemplo el río Apa – aportan grandes volúmenes de arena que contribuyen a la formación de los bancos de amplias extensiones.

Estos materiales arenosos son transportados como “carga de fondo” y, principalmente, por migración de dunas subácueas. Corresponde indicar, además, que el transporte como “carga en suspensión” también es importante a lo largo de toda la Hidrovía; no obstante, dicho transporte

tiene un carácter de “transporte en tránsito” por lo que su influencia en la conformación del lecho es muy reducida ya que dicho modo de transporte se refiere al material más fino que, generalmente, no encuentra las condiciones necesarias para sedimentar (excepto en algunos tramos particulares y en la zona del Delta del Paraná).

En consecuencia, las obras de dragado de mantenimiento se referirán, fundamentalmente, a materiales de naturaleza arenosa.

5.5.3.2. Estimación de Volúmenes

A efectos de la estimación de los volúmenes correspondientes a las obras de dragado de mantenimiento necesarias para garantizar la navegabilidad del río Paraguay en el tramo comprendido entre la desembocadura del río Pilcomayo y la localidad de Formosa, se consideraron valores de referencia similares a los adoptados por CSI Ingenieros (2009) y, en consecuencia, se consideró un valor mínimo variable entre el 20 y el 40 % del volumen total del dragado de apertura.

En consecuencia, se obtiene un volumen de dragado de mantenimiento (materiales arenosos) variable entre:

- ❑ 430.852 y 861.705 m³ (considerando un volumen total de dragado de apertura de 2.154.262 m³ de materiales arenosos).
- ❑ 453.914 y 907.827 m³ (considerando un volumen total de dragado de apertura de 2.269.568 m³ correspondiente a 1.926.218 m³ de materiales arenosos + 228.044 m³ de materiales duros).

No obstante, corresponde indicar que si bien los volúmenes de dragado de mantenimiento están relacionados a la profundidad de corte (en forma inversamente proporcional) y a los volúmenes de dragado de apertura (en forma directamente proporcional), no todos los pasos que hayan estado sujetos a obras de dragado de apertura evolucionarán en forma similar y, por otra parte, los volúmenes de materiales sedimentados y depositados, en un año dado, dependerán de un gran número de variables estando relacionados, entre otros factores, con las variaciones espacio – temporales de las tasas de aporte de sedimentos y de las fuerzas hidráulicas (dadas por las relaciones de nivel y caudal). De allí que es de esperar una variación espacio – temporal del volumen correspondiente a las obras de dragado de mantenimiento y, consecuentemente, la dificultad – e imprecisión – de los volúmenes estimados para dichas obras.

5.5.3.3. Equipamiento

Para atender el normal desarrollo de las obras correspondientes al dragado de mantenimiento, y atendiendo a las características de los materiales a dragar, se entiende que el equipamiento a disponer será el mismo que el considerado a efectos del dragado de apertura en pasos arenosos (ver **Sección 5.5.1.3**).

5.5.4. Mejora de las Ayudas a la Navegación

5.5.4.1. Ayudas Necesarias

- Boyas ciegas:
 - Metálicas y rellenas de poliuretano.
 - Tipo “IB”, “IIB”, “Missisipi” y/o “Brasil”.
 - Equipadas con paneles reflectores de radar e indicadores de señalización de buen poder reflectante.
 - Con un francobordo y una altura tal que posibiliten una buena visualización.
- Balizas o “señales de margen” (acordes a los criterios de diseño propuestos por COINHI, 2004) que deberán ser estandarizadas e incorporar un reflector pasivo de radar en su tope y equipos lumínicos “encapsulados” (como forma de disminuir las necesidades de mantenimiento y, consecuentemente, los costos de operación); además deberán tener instaladas, en forma bien visible, las “acciones a emprender” correspondientes y el número de kilómetro.
- Sistemas de avisos a los navegantes.⁶⁵
- Cartas náuticas y derroteros.^{66, 67}

5.5.4.2. Estimación de Cantidades

La **Tabla 5.5–6** sintetiza los proyectos de mejoramiento de las ayudas a la navegación propuestos por Asociación HidroService – Louis Berger – Estudio de Ingeniería Hidráulica (HS – LB – EIH, 1996), el Consorcio de Integración Hidroviaria (COINHI, 2004) y los aportados a efectos de la presente consultoría por la Administración Nacional de Navegación y Puertos (ANNP) del Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MOPC) de la República del Paraguay y por la Sociedad de Capitanes y Prácticos de la Zona Sur del Río Paraguay.

Tabla 5.5–6 Tramo comprendido entre la desembocadura del río Pilcomayo y la localidad de Formosa: Resumen de las principales propuestas de mejora de las ayudas a la navegación

| Elemento | Tipo | HS – LB – EIH (1996) | COINHI (2004) | ANNP | Prácticos de la Zona Sur |
|----------|----------|----------------------|---------------|------|--------------------------|
| Boya | Luminosa | 39 | --- | --- | --- |
| | Ciega | 60 | 18 | 16 | 11 |
| Baliza | Luminosa | 52 | --- | --- | --- |
| | Ciega | 38 | 52 | 26 | 32 |

⁶⁵ Los “avisos a los navegantes” son publicaciones o comunicaciones radiales que brindan al navegante información de utilidad relacionada con el estado del río y las modificaciones de las “ayudas a la navegación” así como sobre los peligros para la navegación y, de una manera más general, toda aquella información que afecta a las cartas y demás publicaciones náuticas.

⁶⁶ La “carta náutica” es un elemento esencial para la navegación y consiste en una representación, a escala, de las aguas navegables y las regiones terrestres adjuntas que, normalmente, indica las profundidades del agua y la naturaleza del fondo, incluyendo otros detalles tales como la ubicación de los puertos, los peligros a la navegación y las ayudas a la navegación.

⁶⁷ Un “derrotero” es un conjunto de instrucciones, dadas por escrito, que están orientadas a facilitar la navegación.

A efectos de las estimaciones a realizar en el marco de la presente consultoría se considerará el proyecto oportunamente realizado por el Consorcio de Integración Hidroviaria (COINHI, 2004) que, por otra parte, presenta buena consistencia con los presentados por Administración Nacional de Navegación y Puertos (ANNP) y por la Sociedad de Capitanes y Prácticos de la Zona Sur del Río Paraguay.

5.5.4.3. Equipamiento

Para atender la implantación y permanente mantenimiento de las ayudas a la navegación, el equipamiento a disponer incluirá:

- Buque Balizador (con capacidad para transportar hasta 10 boyas livianas).
- Chata de apoyo, mula marina o lancha auxiliar.
- Taller de mantenimiento (metal – mecánica).

5.5.5. Otras Obras a Considerar

Finalmente, corresponde indicar que se considera que forman parte de las obras de mejora de la navegabilidad:

- El establecimiento y recuperación (cuando corresponda) así como el mantenimiento de las escalas limnimétricas del río Paraguay en el tramo comprendido entre la desembocadura del río Pilcomayo y la localidad de Formosa (incluyendo los trabajos geodésicos y topográficos necesarios para la comprobación de ceros).
- La remoción de cascos hundidos (de cualquier tipo). En tal sentido, se ha identificado su presencia en las siguientes ubicaciones (aproximadas):
 - Aguas abajo de la progresiva km 1.626
 - Aguas arriba de la progresiva km 1.620
 - Aguas arriba de la progresiva km 1.595
 - Aguas abajo de la progresiva km 1.560
 - Proximidades de la progresiva km 1.449
- La implementación de zonas de amarre con las facilidades mínimas necesarias a tales efectos. La ubicación de dichas zonas deberá ser objeto de estudios específicos y las mismas podrán ser diseñadas de acuerdo a las especificaciones generales establecidas por COINHI (2004) quien previó la existencia de dos (2) zonas de amarre ubicadas en proximidades de las progresivas km 1.599 – 1.613 (Pilcomayo) y 1.450 – 1.460 (Formosa).

6. CONSIDERACIONES AMBIENTALES DE APLICACIÓN A LAS OBRAS

6.1. Descripción General del Medio Receptor

Como fuera descrito por CSI Ingenieros SA (2009):

- ❑ El río Paraguay nace en la localidad brasileña de Sete Lagoas, Diamantino, Mato Grosso, cerca de la ciudad de Barra do Bugris.
- ❑ Posee una longitud total de algo más de 2.600 km, de los cuales: **a)** 1.308 km discurren por territorio brasileño, **b)** 57 km conforman la frontera entre la República Federativa de Brasil y la República de Bolivia, **c)** 328 km conforman la frontera entre la República Federativa del Brasil y la República del Paraguay, **d)** 554 km discurren exclusivamente en jurisdicción de la República del Paraguay, y **e)** 390 km conforman la frontera entre la República Argentina y la República del Paraguay.
- ❑ El caudal medio anual es del orden de los 4.500 m³/s y, salvo en épocas de bajantes excepcionales, resulta navegable en todo su curso desde el puerto de Corumbá (República Federativa de Brasil) hacia el Sur.
- ❑ La planicie de inundación presenta un ancho variable: **a)** 1,0 a 15,0 km al Norte del río Apa, **b)** 5,0 a 15,0 km en el tramo comprendido entre la desembocadura del río Apa y Asunción (siendo inundable, en general, sólo la margen derecha u Oeste), y **c)** 10,0 a 15,0 km al Sur de Asunción (donde las crecidas se desarrollan en ambas orillas).
- ❑ El ancho medio del cauce principal es variable a lo largo del río: **a)** hasta la desembocadura del río Apa es de 120 a 600 m (aunque dentro del "Pantanal" se tienen anchos aún menores, variando entre 40 y 200 m), **b)** al Sur de la desembocadura del río Apa se ensancha, y **c)** al Sur de Asunción, hasta su confluencia con el río Paraná, el ancho promedio es de 700 m (variando entre 260 y 2.700 m).
- ❑ Está conformado por tramos o sectores de características distintivas:
 - Alto Río Paraguay: Es el tramo comprendido entre las nacientes y la confluencia del río Apa, donde:
 - ⇒ La pendiente media es de 3,1 cm/km y la profundidad varía entre 4,0 y 10,0 m, salvo en los "bajos" y "pasos" donde se reduce a 1,50 m. No obstante, en la zona llamada "Fecho dos Morros", la pendiente del río pasa a ser de 1,3 a 2,3 cm/km y la velocidad de la corriente se reduce considerablemente.
 - ⇒ Se reconocen dos áreas geográficas bien definidas: **a)** el "Planalto" (que representa la parte superior de la cuenca por encima de los 200 m de altitud) y **b)** el "Pantanal" (que representa la parte inferior de la cuenca por debajo de los 200 m de altitud) y que se caracteriza por su baja capacidad de drenaje (quedando sujeta, casi en su totalidad, a inundaciones periódicas).
 - Medio Río Paraguay: Es el tramo comprendido entre la confluencia con el río Apa y Punta Itá Pyré (ubicada 47 km al Sur de Asunción), caracterizado por una pendiente de 6 cm/km y por ser un río relativamente profundo (con zonas de hasta 8,0 m), con presencia de numerosos bancos de arena y afloramientos rocosos y con un valle ancho que, durante las crecientes, se expande unos 10,0 km.
 - Bajo Río Paraguay: Es el tramo comprendido entre Punta Itá Pyré y la confluencia con el río Paraná, caracterizado por una pendiente de 5 cm/km y por constituir un río meandroso conformado por un canal principal único acompañado por una serie de "lagos" adyacentes y una planicie fluvial reducida.

- Posee numerosas especies que ameritan interés para su conservación. En particular, la ictiofauna está compuesta por un gran número de especies agrupadas en muy pocos órdenes, fundamentalmente *Characiformes* y *Siluriformes*, variando su riqueza específica de acuerdo al sector del río.

A modo de ejemplo, para el “Alto Río Paraguay” se han enumerado alrededor de 400 especies (Paiva, 1984),⁶⁸ mientras para el “Bajo Río Paraguay” se han determinado unas 140 especies (Menni et al., 1992).⁶⁹

Tales especies ocupan diversos nichos tróficos (carnívoros, frugívoros, granívoros, detritívoros, herbívoros, etc.) y hábitats del río (pozones, veriles, áreas litorales, lagunas aluviales, correderas, cauces secundarios, etc.). Muchas de ellas han permitido el desarrollo de importantes pesquerías y una gran diversificación de técnicas de captura (redes, trasmallos, anzuelos, trampas, etc.) que, según la estación del año, se traducen en un uso casi exhaustivo del cauce del río (Welcomme, 1979).⁷⁰ La pesquería representa, en algunos casos, el medio principal de subsistencia de los pobladores ribereños.

Por otra parte, la mayoría de las especies poseen hábitos migratorios – siempre potamodromicos – siendo las más reconocidas el dorado, el pacú, la boga, el surubí, el bagre cucharón, el manguruyú, los armados, el sábalo, etc. Otras especies se clasifican como forrajeras (Ringuelet, 1975)⁷¹ y son requeridas para su venta como carnada; a diferencia de la mayoría de las especies migratorias, su captura se realiza en áreas litorales vegetadas y en las lagunas de la planicie de inundación (Paiva, 1984).

- La vegetación corresponde a las diversas comunidades que caracterizan las planicies de inundación que, globalmente, son consideradas como macro – humedales o como un complejo de humedales de muy alta diversidad biológica consecuencia de la gran heterogeneidad de condiciones ambientales ya que, en muy cortas distancias, el modelado fluvial determina la formación de varios niveles de terrazas con numerosas geoformas que incluyen todas las porciones del gradiente topográfico: desde las más altas (los albardones) hasta las más deprimidas (el propio cauce fluvial o una extensa variedad de lagunas).

Sobre los albardones aparecen bosques en galería adaptados, según su posición topográfica, a diferentes niveles de inundación; dichos bosques presentan una gran riqueza específica en sus numerosos estratos horizontales.

Por debajo de la línea de albardones, existe una amplia gama de comunidades herbáceas ajustadas a niveles crecientes de saturación hídrica: desde comunidades de vegetación flotante y ambientes permanentemente inundados hasta comunidades de áreas de encharcamiento temporario.

- Tanto el río Paraguay como el río Paraná están indisolublemente ligados a la actividad humana: las poblaciones aborígenes utilizaron a dichos ríos como lugares de asentamiento, como fuente de alimentos y como medio de transporte y, posteriormente, las primeras corrientes colonizadoras penetraron por dichas vías.

En el río Paraguay, la navegación comercial data de la época pre – independencia (1811) cuando existía una importante navegación tanto hacia el Norte (hasta la zona de Fuerte

⁶⁸ Paiva M. P. 1984. Aproveitamento de recursos faunísticos do Pantanal do Matto Grosso: pesquisas necessárias e desenvolvimento de sistemas de produção mais adequados a região. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária EMBRAPA. Documentos 7. Brasília, Brasil. 71 pgs.

⁶⁹ Menni, R. C.; Miquelarena, A. M.; López, H. L.; Casciotta, J. R.; Almirón, A. E. y Protogino, L. C. 1992. Fish fauna and environments of the Pilcomayo-Paraguay basins in Formosa, Argentina. *Hydrobiologia*, 245: 129 – 146.

⁷⁰ Welcomme, R. 1979. Fisheries ecology of floodplain rivers. Longman, New York. 317 pgs.

⁷¹ Ringuelet, R. A. 1975. Zoogeografía y Ecología de los peces de aguas continentales de América del Sur. *Ecosur* 2(3): 1–131.

Olimpo) como hacia el Sur (desde la ciudad de Asunción del Paraguay). A partir de 1870, se establecieron los primeros puertos (Guaraní, Sastre, Casado y Pinasco) que exportaban tanino en buques de la Empresa Mihanovich (de nacionalidad argentina) que por muchos años mantuvo el monopolio de la navegación en el Alto Paraguay. Asimismo, corresponde indicar el transporte de los productos de la industria cementera establecida en la localidad de Vallemí (VALLEMI SA), el aprovisionamiento de las poblaciones ubicadas al Norte (hasta la localidad de Bahía Negra y extendiéndose, incluso, hasta las localidades de Corumbá y Cuyabá) así como el tráfico comercial entre las ciudades de Asunción y Buenos Aires.

Según Koutoudjian (2007) el área de influencia directa de la Hidrovía Paraguay – Paraná:

- Alcanza, aproximadamente, una superficie de 3.500.000 km² y una población de 50.000.000 de habitantes (al año 2005) y alcanzaría los 65.000.000 de habitantes (al año 2025).
- Es un área fuertemente urbanizada donde el porcentaje de población rural representa tan sólo el 16,14 % (si bien dicho indicador presenta diferencias significativas entre las distintas unidades territoriales) y donde los indicadores demográficos permiten constatar importantes diferencias de desarrollo relativo que evidencian la existencia de realidades socio – económicas diversas que han persistido a través del tiempo y que podrían ser mejoradas a través de iniciativas como la correspondiente al presente estudio.
- Alcanzó, al año 2005, un Producto Bruto Interno (PBI) regional que, según datos de la Comisión Económica para América Latina (CEPAL) expresados en dólares del año 2000 y a precios constantes de mercado, representó el 33,9 % de la suma de los PBI de los cinco países (Argentina, Brasil, Bolivia, Paraguay y Uruguay). Por su parte, el PBI por habitante presenta un amplio rango de variación: desde US\$ 782,64 por habitante para el departamento de Chuquisaca (Bolivia) hasta US\$ 7.504,98 por habitante para la provincia de Santa Fe (Argentina), con un valor promedio de US\$ 4.378 por habitante.
- Muestra un dinamismo considerable del comercio exterior, particularmente durante la década de los 90's y en años posteriores (entre 1996 y 2005) cuando el valor de las exportaciones se incrementó en más de un 190 %; por su parte, las importaciones han demostrado comportamientos más erráticos ya que son altamente sensibles a las variaciones de los tipos de cambio y a las crisis recesivas.
- La actividad agrícola y agro – industrial es la principal actividad económica con un especial crecimiento de la producción de soja, de creciente protagonismo y liderazgo tanto en cuanto a los volúmenes como a la superficie ocupada. En segundo lugar, se ubican el maíz y la caña de azúcar (que también son productos relevantes) y en tercer lugar se ubican cultivos como el trigo, el arroz, el girasol, el sorgo y los cítricos.
- La actividad pecuaria, si bien no genera flujos significativos al transporte fluvial, es otra actividad de particular importancia.
- Es una importante área de producción de hidrocarburos, gas natural y productos minerales tales como el hierro, el manganeso y los calcáreos. En particular, el transporte de mineral de hierro ocupa el segundo lugar en importancia en el volumen de cargas movilizado por el sistema fluvial de la Hidrovía Paraguay – Paraná.

El tramo objeto de la presente consultoría es parte del sector del río Paraguay que se desarrolla bajo la jurisdicción compartida por la República del Paraguay y la República Argentina (**Figura 2.3–1**) y, más específicamente, corresponde al tramo comprendido entre la desembocadura del río Pilcomayo (km 1.618) y la localidad de Formosa (km 1.448).

El río Paraguay, conjuntamente con el río Paraná, al cual vierte sus aguas por la margen derecha, conforma una de las principales arterias fluviales de la región: la denominada Hidrovía Paraguay – Paraná. Dicha Hidrovía constituye el sistema fluvial troncal de la Cuenca del Plata (**Figura 3.1–1, Tablas 3.1–1 y 3.1–2**) y representa un claro corredor de integración regional, de especial importancia para las Repúblicas del Paraguay y de Bolivia, para quienes representa una alternativa que atenúa los efectos de mediterraneidad y que les permite realizar una parte considerable de su comercio exterior con los países de la región y con el resto del mundo.

En efecto, la vía navegable constituida por ambos ríos es, mayoritariamente, operada por convoyes que navegan aguas abajo, con carga acorde al calado permitido por las condiciones de nivel del río, transportando graneles sólidos (soja y subproductos, trigo, mineral de hierro y manganeso, clínker, materiales calcáreos, cemento) y líquidos (petróleo y derivados, aceites) entre puertos del SW brasileño (Corumbá y Ladario), del Oeste boliviano (Terminal Aguirre) y del propio Paraguay (Vallemí y otros puertos menores) con puertos de Argentina, Uruguay y el propio Paraguay (Villeta).

Tales convoyes están conformados por un conjunto de barcasas acopladas entre sí, formando “trenes de barcasas” accionados por una unidad de empuje (remolcador) en la que se concentran los sistemas de maniobra y propulsión así como la tripulación.

Las dimensiones de dichos convoyes están definidas, principalmente, por las barcasas que los integran:

- ❑ Barcasas “jumbo ensanchadas”: 16,67 m de manga, 60 m de eslora y 2.600 t de capacidad de carga que conforman trenes de 3 barcasas de manga (50 m) y 4 barcasas de fondo (240 m).
- ❑ Barcasas “Missisipi”: 10,66 m de manga, 60 m de eslora y 1.500 t de capacidad de carga que conforman trenes de 5 barcasas de manga (53,3 m) y 4 barcasas de fondo (240 m).

Considerando que las unidades de empuje (remolcadores) alcanzan esloras de 50 m, se llega a una eslora total del convoy de 290 m; no obstante el Reglamento N° 7 del Acuerdo de Santa Cruz de la Sierra, modificado por el Acta Bilateral entre las Repúblicas Argentina y del Paraguay (de fecha 13 de Abril del 2000), otorga, para el tramo objeto de la presente consultoría, una tolerancia del 20 % en la manga y del 10 % en la eslora permitiendo así alcanzar 60 m de manga y 319 m de eslora.

Al presente, en virtud del Artículo VIII del “Acuerdo para la Regularización, Canalización, Dragado, Balizamiento y Mantenimiento del río Paraguay”, que fuera suscrito por los gobiernos de la República Argentina y del Paraguay el 15 de Julio de 1969,⁷² los gastos que demande la ejecución de trabajos de regularización, corrección del curso, dragado, profundización y mantenimiento del río en el tramo comprendido entre la desembocadura del río Pilcomayo y la localidad de Formosa serán asumidos, por partes iguales, por los gobiernos de la República Argentina y de la República del Paraguay.

Asimismo, según el Artículo X, la instalación y mantenimiento del balizamiento y la señalización de ayudas a la navegación del río Paraguay, entre Confluencia y Pilcomayo, se encuentra a cargo – exclusivamente – de la República Argentina.

Como ya fuera indicado en el tramo del río Paraguay objeto de la presente consultoría (comprendido entre la desembocadura del río Pilcomayo y la localidad de Formosa) se han realizado obras de dragado que han sido desarrolladas tanto por la por la Administración Nacional

⁷² Dicho Acuerdo fue aprobado y ratificado en la República del Paraguay por Ley N° 117/1969 y en la República Argentina por Ley N° 18.435/1969.

de Navegación y Puertos (ANNP) de la República del Paraguay como por la actual Dirección Nacional de Vías Navegables (DNVN) de la Subsecretaría de Puertos y Vías Navegables (SSPyVN) de la República Argentina (ver **Tabla 3.3–2**). No obstante, dichas obras no son realizadas de forma regular y los volúmenes son muy variables ya que las mismas no sólo dependen de las condiciones morfológicas e hidrológicas de la vía navegable sino que también de diversos aspectos vinculados a la disponibilidad de equipos y de recursos económicos.

En cuanto a las ayudas a la navegación, de acuerdo a COINHI (2004) y a las entrevistas realizadas en el marco de la presente consultoría, buena parte de las señales de margen (balizas) se encuentran dañadas, cubiertas por la vegetación y, en general, no se visualizan fácilmente (ya que no poseen una buena reflexión de la luz). En cuanto a las boyas, la gran mayoría faltan.

HS – LB – EIH (1996) identificaron, para el tramo comprendido entre las ciudad de Santa Fe (río Paraná, km 590) y Corumbá (río Paraguay, km 2.770), alrededor de 250 pasos con problemas diversos y de diferente magnitud de los cuales unos 92 constituían pasos particularmente difíciles. Para el tramo objeto de la presente consultoría, comprendido entre la desembocadura del río Pilcomayo y la localidad de Formosa, identificaron un total de 33 pasos (13 % del número total de pasos identificados, ver **Tabla 5.2–1**) de los cuales unos 10 fueron considerados como particularmente difíciles (30 % de los pasos identificados para el tramo, ver **Tabla 5.2–2**).

Finalmente corresponde indicar que:

- ❑ Si bien existe una tendencia al mantenimiento – a través del tiempo – de la ubicación de los principales “pasos”, la migración natural de los bancos de arena y las variaciones temporales de las fuerzas hidráulicas determinan una cierta variación espacial en la ubicación de los pasos y, por lo tanto, del canal navegable.
- ❑ La presencia de los pasos críticos y/o los bajos niveles del agua no permiten un funcionamiento eficiente de los grandes convoyes, obligando a la adopción de prácticas de “desarme” y “arme” de los mismos.

Estas dificultades operativas y restricciones a la navegación implican sobrecostos para las economías de las empresas involucradas (no solo las empresas navieras sino que también las relacionadas a la producción y otros rubros diversos) ya que las demoras en la navegación provocan atrasos en la entrega de la carga y en las transferencias de los trasbordos.

6.2. Descripción General de las Obras

Las obras para el mejoramiento del canal navegable “Pilcomayo – Formosa” del Río Paraguay – para una embarcación de diseño (convoy tipo incluyendo el remolcador) con una manga de 50 m + 20 % (60 m) y una eslora de 290 m + 10 % (319 m) y una profundidad mínima a ser garantizada equivalente a un calado de 3,05 m (10 pies), con las revanchas bajo quilla y los sobredragados correspondientes, y referidos a un “nivel de agua de referencia” definido como el nivel relativo a las persistencias medias anuales de los niveles de agua correspondientes al 10 % del año seco con período de recurrencia de 10 años – requieren, básicamente, un conjunto de obras que incluyen:

- ❑ Obras de Dragado de Apertura:
Involucran a un total de once (11) pasos (Casaccia, Medín, San Antonio, Cortada San Antonio, Villeta, Buey Muerto, Ytá Pirú, Guyratí, Santa Rosa, Lobato y Sepultura) y ascienden a un volumen mínimo estimado en:
 - 2.154.262 m³ de materiales arenosos (asumiendo que los materiales a dragar estarán conformados – exclusivamente – por dichos materiales).

- 2.269.569 m³ de los cuales (bajo los supuestos considerados a efectos de la presente consultoría): 1.971.525 m³ corresponderían a materiales arenosos y 298.044 m³ corresponderían a “materiales duros” (materiales de variada naturaleza y diverso grado de friabilidad que, en su mayor parte, podrán ser disgregados y removidos por procesos mecánicos) y/o “roca” (materiales de naturaleza ígnea o metamórfica cuya disgregación deberá ejecutarse a través de derrocamientos)
- Obras de Dragado de Mantenimiento:
Ascienden a volúmenes mínimos estimados entre:
 - 430.852 y 861.705 m³ considerando un volumen total de dragado de apertura de 2.154.262 m³ de materiales arenosos.
 - 453.914 y 907.827 m³ (considerando un volumen total de dragado de apertura de 2.269.568 m³ (correspondientes a 1.971.525 m³ de materiales arenosos y 298.044 m³ de “materiales duros” y/o “roca”).
- Obras para la Mejora de las Ayudas a la Navegación que incluyen:
 - Todos los servicios relativos a la instalación, mantenimiento y, cuando corresponda, reubicación – en ubicaciones predeterminadas – de las facilidades necesarias (señales de margen y boyas) a efectos de guiar – en forma segura – a los capitanes y prácticos de las embarcaciones por la vía navegable del río Paraguay en el tramo comprendido entre las desembocaduras del río Pilcomayo y la localidad de Formosa.
 - La recuperación (cuando corresponda) y el mantenimiento de las escalas limnimétricas del tramo en consideración.
 - La implementación de zonas de amarre con las facilidades mínimas necesarias a tales efectos; la ubicación de dichas zonas deberá ser objeto de estudios específicos y las mismas podrán ser diseñadas de acuerdo a las especificaciones generales establecidas por COINHI (2004).
 - La remoción de cascos hundidos (cuando sea necesario).

Con respecto a las obras de dragado corresponde indicar:

- Tanto los dragados de apertura como los de mantenimiento serán realizados, básicamente, mediante la utilización de dragas de succión con cortador y el vertido de productos de dragado será efectuado en el propio lecho del río (aguas abajo) mediante el empleo de cañerías que conduzcan los materiales hacia lugares donde su vertido no influya desfavorablemente en la estabilidad del canal y tienda a mantener las secciones transversales del curso de agua y las condiciones de transporte de sedimentos.
- En caso de ser necesaria: **a)** la disgregación y remoción de materiales duros será realizada mediante la utilización de excavadoras hidráulicas o grúas excavadoras con balde almeja montadas sobre plataformas fijas equipadas con pilones (“spuds”), y **b)** la disgregación de la roca compacta será realizada mediante derrocamiento. En ambos casos, el transporte del material removido, hacia sus áreas de disposición final, será realizado mediante barcas de cubierta corrida, remolcadores y palas cargadoras.
- El vertido de productos de dragado será efectuado en el propio lecho del río y sólo en situaciones excepcionales se aceptará el vertido en las márgenes del río (a efectos de la realización de obras de protección de márgenes; no obstante, en tales casos deberá tomarse en consideración el no provocar impactos ambientales).

6.3. Requerimientos Legales de Carácter Ambiental

6.3.1. República del Paraguay

En la República del Paraguay la Ley N° 799/1995, conocida como “Ley de Pesca”, establece, en su Artículo 4°, que “toda obra que pueda alterar el régimen hidrológico o hidrobiológico deberá contar con una evaluación del impacto ambiental que contemple las medidas y acciones adecuadas para mitigar los impactos ambientales y el cumplimiento de otras exigencias legales pertinentes; en particular, las medidas para la preservación del hábitat y el movimiento migratorio de los peces” y, en su Artículo 6°, que “las Subsecretarías de Estado de Recursos Naturales y Medio Ambiente y de Ganadería, dependientes del Ministerio de Agricultura y Ganadería, serán las responsables de la aplicación de dicha Ley y sus reglamentos”.

Asimismo, la Ley N° 3.239/2007, conocida como “Ley de Recursos Hídricos”, tiene por objeto “regular la gestión sustentable e integral de todas las aguas y los territorios que la producen, cualquiera sea su ubicación, su estado físico o su ocurrencia natural dentro del territorio paraguayo, con el fin de hacerla social, económica y ambientalmente sustentable para las personas que habitan el territorio de la República del Paraguay”. Dicha Ley establece:

- Artículo 2°: Todas las relaciones jurídico – administrativas y la planificación en torno a la gestión del agua y las actividades conexas a ella serán interpretadas y, eventualmente, integradas en función a la Política Nacional de los Recursos Hídricos y a la Política Ambiental Nacional.
- Artículo 3°: La gestión integral y sustentable de los recursos hídricos del Paraguay se regirá por los siguientes principios:
 - Las aguas superficiales y subterráneas son propiedad de dominio público del Estado y su dominio es inalienable e imprescriptible.
 - El acceso al agua para la satisfacción de las necesidades básicas es un derecho humano y debe ser garantizado por el Estado, en cantidad y calidad adecuada.
 - Los recursos hídricos poseen usos y funciones múltiples y tal característica deberá ser adecuadamente atendida, respetando el ciclo hidrológico y favoreciendo siempre, en primera instancia, el uso para consumo de la población.
 - La cuenca hidrográfica es la unidad básica de gestión de los recursos hídricos.
 - El agua es un bien natural condicionante de la supervivencia de todo ser vivo y los ecosistemas que los acogen.
 - Los recursos hídricos son un bien finito y vulnerable.
 - Los recursos hídricos poseen un valor social, ambiental y económico.
 - La gestión de los recursos hídricos debe darse en el marco del desarrollo sustentable, debe ser descentralizada, participativa y con perspectiva de género.
 - El Estado paraguayo posee la función intransferible e indelegable de la propiedad y guarda de los recursos hídricos nacionales.
- Artículo 7°: El uso y el aprovechamiento de los recursos hídricos serán regulados por el Estado, dentro del marco de la Ley, en función de la soberanía de la Nación y atendiendo los intereses sanitarios, sociales, ambientales y económicos del país, privilegiando la sustentabilidad de los recursos y respetando la prelación de usos de los mismos.
- Artículo 8°: La gestión de los recursos hídricos compartidos con otros países, se regirá y/o normará por los tratados, convenios y acuerdos internacionales aprobados y ratificados por el Congreso Nacional y que se encuentren en vigencia.

- Artículo 27°: Corresponderá a la Secretaría del Ambiente (SEAM), en coordinación con el Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social (MSPBS), la determinación de: **a)** los niveles de calidad que deberán tener las aguas superficiales, subterráneas y atmosféricas, y **b)** los niveles de calidad, a los que deberán ajustarse los vertidos que se realicen desde fuentes móviles o fijas a cuerpos receptores de agua.
- Artículo 28°: Previo a su realización, todas las obras o actividades relacionadas con la utilización de los recursos hídricos deberán someterse al procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental previsto en la Ley N° 294/1993 (Ley de Evaluación de Impacto Ambiental) y sus reglamentaciones.

En cuanto al marco legal de la Evaluación de Impacto Ambiental, el mismo se encuentra establecido en la Ley N° 294/1993 que, en su Artículo 1°, declara obligatoria la Evaluación de Impacto Ambiental entendiendo como “impacto ambiental” a “toda modificación del medio ambiente provocada por obras o actividades humanas que tengan, como consecuencia positiva o negativa, directa o indirecta, afectar la vida en general, la biodiversidad, la calidad o una cantidad significativa de los recursos naturales o ambientales y su aprovechamiento, el bienestar, la salud, la seguridad personal, los hábitos y costumbres, el patrimonio cultural o los medios de vida legítimos”, y como “Evaluación de Impacto Ambiental” al “estudio científico que permita identificar, prever y estimar impactos ambientales, en toda obra o actividad proyectada o en ejecución”.

Dicha Ley establece el contenido mínimo de toda “Evaluación de Impacto Ambiental” (Artículo 3°)⁷³ así como el procedimiento a seguir a efectos de la obtención de la denominada “Declaración de Impacto Ambiental” que constituye el documento que otorga la licencia para iniciar o proseguir la obra o actividad que ejecute el proyecto evaluado, bajo la obligación del cumplimiento del Plan de Gestión Ambiental y sin perjuicio de exigírsele una nueva Evaluación de Impacto Ambiental en caso de modificaciones significativas del proyecto, de ocurrencia de efectos no previstos, de ampliaciones posteriores o de potenciación de los efectos negativos por cualquier causa subsecuente (Artículo 11°).

En cuanto al Decreto Reglamentario (Decreto N° 14.281/1996), el mismo establece diversas definiciones (tales como evaluación de impacto ambiental, impacto ambiental, estudio de impacto ambiental, plan de gestión ambiental, relatorio de impacto ambiental, declaración de impacto

⁷³ Dicho contenido mínimo incluye (Artículo 3°): **a)** una descripción del tipo de obra o naturaleza de la actividad proyectada, con mención de sus propietarios y responsables; su localización; sus magnitudes; su proceso de instalación, operación y mantenimiento; tipos de materia prima e insumos a utilizar; las etapas y el cronograma de ejecución; número y caracterización de la fuerza de trabajo a emplear; **b)** una estimación de la significación socio – económica del proyecto, su vinculación con las políticas gubernamentales, municipales y/o departamentales y su adecuación a una política de desarrollo sustentable, así como a las regulaciones territoriales, urbanísticas y técnicas; **c)** los límites del área geográfica a ser afectada, con una descripción física, biológica, socio – económica y cultural detallada, tanto cuantitativa como cualitativamente, del área de influencia directa de las obras o actividades y un inventario ambiental de la misma, de tal modo que contribuya a caracterizar su estado previo a las transformaciones proyectadas, con especial atención en la determinación de las cuencas hidrográficas; **d)** los análisis indispensables para determinar los posibles impactos y los riesgos de las obras o actividades durante cada etapa de su ejecución y luego de finalizada, y sus efectos positivos o negativos, directos o indirectos, permanentes o temporales, reversibles o irreversibles, continuos o discontinuos, regulares o irregulares, acumulativos o sinérgicos, de corto, mediano o largo plazo; **e)** un Plan de Gestión Ambiental que contendrá la descripción de las medidas protectoras, correctoras o de mitigación de impactos negativos que se prevén en el proyecto; de las compensaciones e indemnizaciones previstas; de los métodos e instrumentos de vigilancia, monitoreo y control que se utilizarán, así como las demás previsiones que se agreguen en las reglamentaciones; **f)** una relación de las alternativas técnicas del proyecto y de las de su localización, así como una estimación de las circunstancias que se darían si el mismo no se realizase; y **g)** un relatorio en el cual se resumirá la información detallada de la Evaluación de Impacto Ambiental y las conclusiones del documento. El mismo deberá redactarse en términos fácilmente comprensibles, con empleo de medios de comunicación visual y otras técnicas didácticas y no deberá exceder de la quinta parte del Estudio de Impacto Ambiental.

ambiental, entre otras)⁷⁴ así como las actividades que requieren la evaluación ambiental y los detalles del procedimiento administrativo que se inicia con la presentación del denominado “Cuestionario Ambiental Básico”⁷⁵ a partir del cual la Dirección de Ordenamiento Ambiental (DOA) dictaminará sobre la necesidad de realizar o no una Evaluación de Impacto Ambiental, emitiendo, en caso de corresponder tal evaluación, los denominados “Términos de Referencia” de la misma.⁷⁶

Corresponde indicar que, con relación a la evaluación de impactos ambientales con efectos transfronterizos, dicho Decreto Reglamentario establece:

- Artículo 29º: En relación con los países limítrofes y del MERCOSUR:
 - Cuando el proyecto tenga repercusiones sobre el ambiente de otro país, el Gobierno pondrá en su conocimiento tanto el contenido del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) como el de la Declaratoria de Impacto Ambiental (DIA).
 - Cuando en el estudio se advierta que el proyecto produce efectos transfronterizos, el Ministerio de Relaciones Exteriores intervendrá en el procedimiento de su competencia, manteniendo al respecto las necesarias relaciones con los Estados que puedan ser afectados.
- Artículo 30º: Con el fin de lograr la mayor difusión posible en los intercambios de información y consulta entre los distintos Estados y una solución amistosa en los casos de controversias, se seguirán, de acuerdo con el derecho comunitario y, en su caso, con el derecho internacional, las técnicas que sean más adecuadas, según las diferentes actividades y componentes ambientales y según las legislaciones sectoriales aplicables en cada país.

⁷⁴ **Evaluación de Impacto Ambiental (EvlA):** Es un instrumento de política ambiental, formado por un conjunto de procedimientos capaces de asegurar, desde el inicio del proceso, un examen sistemático de los impactos ambientales de una acción propuesta (proyecto, programa, plan o política) y de sus alternativas.

Impacto Ambiental (IA): Es toda alteración de las propiedades físicas, químicas y biológicas del medio ambiente, causada por cualquier forma de materia o energía resultante de las actividades humanas que directa o indirectamente afectan: **a)** la salud, la seguridad y el bienestar de la población, **b)** las actividades socioeconómicas, **c)** los ecosistemas, **d)** las condiciones estéticas y sanitarias del medio ambiente, y **e)** la calidad de los recursos naturales.

Estudio de Impacto Ambiental (EIA): Es uno de los instrumentos del proceso de evaluación de impacto ambiental, consistente en un documento técnico – científico de análisis de los métodos, procesos, obras y actividades capaces de causar significativa degradación ambiental, puesto a consideración de la autoridad competente con el propósito de decidir sobre la Declaración de Impacto Ambiental (DIA).

Plan de Gestión Ambiental (PGA): Es una parte del proceso de Evaluación de Impacto Ambiental (EvlA), y su respectivo Relatorio de Impacto Ambiental (RIMA), que contiene los programas de acompañamiento de las evoluciones de los impactos ambientales positivos y negativos causados por el emprendimiento (en las fases de planeamiento, implantación, operación y desactivación cuando fuera el caso). Deberá presentar los métodos e instrumentos de vigilancia, monitoreo y control que se utilizarán y las medidas mitigadoras y/o compensatorias de los impactos negativos.

Relatorio de Impacto Ambiental (RIMA): Es un instrumento del proceso de evaluación de impacto ambiental (EvlA), que debe ser presentado en forma de documento escrito, de manera sencilla y comprensible por la comunidad, con empleo de medios de comunicación visual y otras técnicas didácticas. Deberá contener el resumen del estudio de impacto ambiental (EIA), aclarando sus conclusiones y será presentado separado de éste.

Declaración de Impacto Ambiental (DIA): Es el pronunciamiento de la autoridad administrativa en el que, de conformidad con la Ley N° 294/1993, se determina la conveniencia o no de realizar la actividad proyectada, respecto a los efectos ambientales previsibles, y, en caso afirmativo, las condiciones que deben establecerse en orden a la adecuada protección del medio ambiente y los recursos naturales.

⁷⁵ Dicho “Cuestionario Ambiental Básico” deberá contener: **a)** la identificación del proyecto (nombre del proyecto y del proponente, ubicación en un mapa o croquis a escala que permita definir la forma de los linderos, los accidentes topográficos y los accesos, y anexando documentos que demuestran el derecho en el cual se fundamenta la solicitud y las correspondientes autorizaciones o declaraciones de interés); **b)** la descripción del proyecto (objetivo y otros proyectos asociados, tipo de actividad, alternativas de localización o tecnológicas consideradas, inversión total, tecnologías y procesos a aplicar, etapas y actividades del proyecto incluyendo información sobre la producción de desechos y la generación de ruidos); **c)** la descripción del área a ocupar e intervenir; **d)** una declaración jurada, firmada, del titular del emprendimiento que garantice la veracidad de las informaciones brindadas; y **e)** otras informaciones consideradas de interés.

⁷⁶ **Términos de Referencia (TOR):** Es un documento que comprende las exigencias de contenido de los Estudios de Impacto Ambiental (EIA) y su respectivo Relatorio de Impacto Ambiental (RIMA).

A este fin, podrán establecerse comités o comisiones bilaterales o mixtos, compuestos por expertos representantes de los países afectados por la actividad proyectada, y a través de los cuales se canalizarán las actuaciones de los Estudios de Impacto Ambiental (EIA).

Finalmente, corresponde mencionar a la Ley N° 1.561/2000 que crea el Sistema Nacional del Ambiente (SISNAM), el Consejo Nacional del Ambiente (CONAM) y la Secretaría del Ambiente (SEAM) como organismos responsables de la elaboración, la normalización, la coordinación, la ejecución y la fiscalización de la política y gestión ambiental en la República del Paraguay.

En particular:

- El Artículo 14° otorga a la SEAM el carácter de autoridad de aplicación de las leyes N° 294/1993 (Ley de Evaluación de Impacto Ambiental) y N° 799/1995 (Ley de Pesca) así como todas aquellas disposiciones legales (leyes, decretos, acuerdos internacionales, ordenanzas, resoluciones, etc.) que legislen en materia ambiental.
- El Artículo 23° establece, como funciones específicas de la Dirección General de Control de la Calidad Ambiental y de los Recursos Naturales, el coordinar, supervisar, evaluar y ejecutar, de modo compartido con los gobiernos departamentales y las municipalidades, las actividades de evaluación de los estudios sobre los impactos ambientales y consecuentes autorizaciones.

6.3.2. República Argentina

En la República Argentina, el Artículo N° 41 de la Constitución de la Nación, conforme a las modificaciones sancionadas el 22 de Agosto de 1994, establece que: **a)** “Todos los habitantes gozan del derecho a un ambiente sano, equilibrado, apto para el desarrollo humano y para que las actividades productivas satisfagan las necesidades presentes sin comprometer las de las generaciones futuras, y tienen el deber de preservarlo. El daño ambiental generará prioritariamente la obligación de recomponer, según lo establezca la ley”; **b)** “Las autoridades proveerán a la protección de este derecho, a la utilización racional de los recursos naturales, a la preservación del patrimonio natural y cultural y de la diversidad biológica, y a la información y educación ambientales”; y **c)** “Corresponde a la Nación dictar las normas que contengan los presupuestos mínimos de protección y a las provincias las necesarias para complementarlas, sin que aquéllas alteren las jurisdicciones locales”. Adicionalmente el Artículo N° 43 establece que: **a)** “Toda persona puede interponer acción expedita y rápida de amparo, siempre que no exista otro medio judicial más idóneo, contra todo acto u omisión de autoridades públicas o de particulares, que en forma actual o inminente lesione, restrinja, altere o amenace, con arbitrariedad o ilegalidad manifiesta, derechos y garantías reconocidos por esta Constitución, un tratado o una ley. En el caso, el juez podrá declarar la inconstitucionalidad de la norma en que se funde el acto u omisión lesiva”; y **b)** “Podrán interponer esta acción contra cualquier forma de discriminación y en lo relativo a los derechos que protegen al ambiente, a la competencia, al usuario y al consumidor, así como a los derechos de incidencia colectiva en general, el afectado, el defensor del pueblo y las asociaciones que propendan a esos fines, registradas conforme a la ley, la que determinará los requisitos y formas de su organización.”

Por su parte, la Ley N° 25.675, publicada en el Boletín Oficial del 28 de Noviembre de 2002 y conocida como “Ley General del Ambiente”,⁷⁷ establece “los presupuestos mínimos para el logro de una gestión sustentable y adecuada del ambiente, la preservación y protección de la diversidad

⁷⁷ Por Decreto N° 481/2003, publicado en el Boletín Oficial del 06 de Marzo de 2003, se designó como “Autoridad de Aplicación” de la Ley N° 25.675 a la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable del Ministerio de Desarrollo Social.

biológica y la implementación del desarrollo sustentable” (Artículo 1°)⁷⁸ y que “la política ambiental nacional deberá cumplir los siguientes objetivos: **a)** asegurar la preservación, conservación, recuperación y mejoramiento de la calidad de los recursos ambientales, tanto naturales como culturales, en la realización de las diferentes actividades antrópicas; **b)** promover el mejoramiento de la calidad de vida de las generaciones presentes y futuras, en forma prioritaria; **c)** fomentar la participación social en los procesos de toma de decisión; **d)** promover el uso racional y sustentable de los recursos naturales; **e)** mantener el equilibrio y dinámica de los sistemas ecológicos; **f)** asegurar la conservación de la diversidad biológica; **g)** prevenir los efectos nocivos o peligrosos que las actividades antrópicas generan sobre el ambiente para posibilitar la sustentabilidad ecológica, económica y social del desarrollo; **h)** promover cambios en los valores y conductas sociales que posibiliten el desarrollo sustentable, a través de una educación ambiental, tanto en el sistema formal como en el no formal; **i)** organizar e integrar la información ambiental y asegurar el libre acceso de la población a la misma; **j)** establecer un sistema federal de coordinación interjurisdiccional, para la implementación de políticas ambientales de escala nacional y regional; y **k)** establecer procedimientos y mecanismos adecuados para la minimización de riesgos ambientales, para la prevención y mitigación de emergencias ambientales y para la recomposición de los daños causados por la contaminación ambiental” (Artículo 2°).

El Artículo 8° establece los “instrumentos de la política y la gestión ambiental” que serán los siguientes: **a)** el ordenamiento ambiental del territorio, **b)** la evaluación de impacto ambiental, **c)** el sistema de control sobre el desarrollo de las actividades antrópicas, **d)** la educación ambiental, **e)** el sistema de diagnóstico e información ambiental, y **f)** el régimen económico de promoción del desarrollo sustentable”.

En particular, con respecto a la Evaluación de Impacto Ambiental, se establece que: **a)** “toda obra o actividad que, en el territorio de la Nación, sea susceptible de degradar el ambiente, alguno de sus componentes, o afectar la calidad de vida de la población, en forma significativa, estará sujeta a un procedimiento de evaluación de impacto ambiental, previo a su ejecución” (Artículo 11°); **b)** “las personas físicas o jurídicas darán inicio al procedimiento con la presentación de una declaración jurada, en la que se manifieste si las obras o actividades afectarán el ambiente. Las autoridades competentes determinarán la presentación de un Estudio de Impacto Ambiental, cuyos requerimientos estarán detallados en ley particular y, en consecuencia, deberán realizar una evaluación de impacto ambiental y emitir una declaración de impacto ambiental en la que se manifieste la aprobación o rechazo de los estudios presentados” (Artículo 12°); y **c)** “los Estudios de Impacto Ambiental deberán contener, como mínimo, una descripción detallada del proyecto de la obra o actividad a realizar, la identificación de las consecuencias sobre el ambiente y las acciones destinadas a mitigar los efectos negativos” (Artículo 13°). Asimismo corresponde mencionar los Artículos 19° a 21° que establecen mecanismos de participación ciudadana. En efecto, según los mismos: **a)** “toda persona tiene derecho a ser consultada y a opinar en procedimientos administrativos que se relacionen con la preservación y protección del ambiente, que sean de incidencia general o particular, y de alcance general” (Artículo 19°); **b)** “las autoridades deberán institucionalizar procedimientos de consultas o audiencias públicas como instancias obligatorias para la autorización de aquellas actividades que puedan generar efectos negativos y significativos sobre el ambiente. La opinión u objeción de los participantes no será vinculante para las autoridades convocantes; pero en caso de que éstas presenten opinión contraria a los resultados alcanzados en la audiencia o consulta pública deberán fundamentarla y hacerla pública”

⁷⁸ Según el Artículo 6° entiende por “presupuesto mínimo”, tal como es establecido en el Artículo 41° de la Constitución, “a toda norma que concede una tutela ambiental uniforme o común para todo el territorio nacional, y tiene por objeto imponer condiciones necesarias para asegurar la protección ambiental”, dicha norma, en su contenido, “debe prever las condiciones necesarias para garantizar la dinámica de los sistemas ecológicos, mantener su capacidad de carga y, en general, asegurar la preservación ambiental y el desarrollo sustentable”.

(Artículo 20°); y **c)** “la participación ciudadana deberá asegurarse, principalmente, en los procedimientos de evaluación de impacto ambiental y en los planes y programas de ordenamiento ambiental del territorio, en particular, en las etapas de planificación y evaluación de resultados” (Artículo 21°).

Asimismo, la Ley N° 25.688, publicada en el Boletín Oficial del 03 de Enero de 2003 y conocida como “Régimen de Gestión Ambiental de las Aguas”, tiene por objetivo establecer “los presupuestos mínimos ambientales, para la preservación de las aguas, su aprovechamiento y uso racional” (Artículo 1°) entendiendo por “agua” a “aquella que forma parte del conjunto de los cursos y cuerpos de aguas naturales o artificiales, superficiales y subterráneas, así como a las contenidas en los acuíferos, ríos subterráneos y las atmosféricas” (Artículo 2°) y por “utilización de las aguas” “...el estancamiento, modificación en el flujo o la profundización de las aguas superficiales, la toma de sustancias sólidas o en disolución de las aguas superficiales, siempre que tal acción afecte el estado o calidad de las aguas o su escurrimiento; la colocación, introducción o vertido de sustancias en aguas superficiales, siempre que tal acción afecte el estado o calidad de las aguas o su escurrimiento; ... las acciones aptas para provocar, permanentemente o en una medida significativa, alteraciones de las propiedades físicas, químicas o biológicas del agua” (Artículo 5°). Dicha Ley establece que “la autoridad nacional de aplicación deberá: **a)** determinar los límites máximos de contaminación aceptables para las aguas de acuerdo a los distintos usos; **b)** definir las directrices para la recarga y protección de los acuíferos; **c)** fijar los parámetros y estándares ambientales de calidad de las aguas; y **d)** elaborar y actualizar el plan nacional para la preservación, aprovechamiento y uso racional de las aguas, que deberá, como sus actualizaciones, ser aprobado por ley del Congreso de la Nación” (Artículo 7°).

Por su parte, en el ámbito de la Provincia de Formosa, con costas sobre el tramo del río Paraguay objeto de la presente consultoría, el Artículo 38° de la Constitución Provincial establece, según las modificaciones sancionadas el 08 de Julio de 2003, que “todos los habitantes tienen derecho a vivir en un medio ambiente adecuado para el desarrollo de la persona humana, así como el deber de conservarlo” siendo “obligación de los poderes públicos proteger el medio ambiente y los recursos naturales, promoviendo la utilización racional de los mismos, ya que de ellos dependen el desarrollo y la supervivencia humana” y que “para ello se dictarán normas que aseguren: **a)** el mantenimiento de los procesos ecológicos esenciales, la preservación de la diversidad genética, y la protección, recuperación y mejoramiento del medio ambiente; **b)** la compatibilidad de la planificación económica, social y urbanística de la Provincia con la protección de los recursos naturales, culturales y del patrimonio histórico y paisajístico; **c)** la absoluta prohibición de realizar pruebas nucleares, y el almacenamiento de uranio o cualquier otro mineral radiactivo y de sus desechos, salvo los utilizados en investigación, salud y los relacionados con el desarrollo industrial, cuya normativa se ajustará a lo establecido por los organismos competentes; **d)** el correcto uso y la comercialización adecuados de biocidas, agroquímicos y otros productos que puedan dañar el medio ambiente; **e)** la protección de la flora y la fauna silvestre, así como su restauración; **f)** el adecuado manejo de las aguas, tanto superficiales como subterráneas, protegiéndolas de todo tipo de contaminación o degradación, sea química o física; **g)** la prevención y control de la degradación de los suelos; **h)** el derecho de gozar de un aire puro, libre de contaminantes gaseosos, térmicos o acústicos; **i)** la concientización social de los principios ecológicos; **j)** la firma de acuerdos con la Nación, provincias o países limítrofes cuando se trate de recursos naturales compartidos; y **k)** la implementación de medidas adecuadas tendientes a la preservación de la capa de ozono.

Es así que la Ley N° 1.060, sancionada el 28 de Octubre de 1993 y promulgada el 26 de Noviembre de 1993, establece la “Política Ambiental y Ecológica de la Provincia” y regula “las políticas de manejo de la atmósfera, el agua, el suelo, la fauna, la flora y las áreas protegidas y los recursos paisajísticos” (Artículo 19°) siendo su autoridad de aplicación “la Subsecretaría de Recursos Naturales y Ecología del Ministerio de Asuntos Agropecuarios y Recursos Naturales de la

Provincia o el Ministerio que se cree en el futuro con competencia específica en materia de ambiente y recursos naturales” (Artículo 20°)⁷⁹.

En efecto, dicha Ley declara que:

- ❑ El ambiente es un “patrimonio común de todas las generaciones” y que “conservar, proteger y mejorar su calidad” así como “el acceso al uso racional de los recursos naturales renovables” es “sustento de la integridad territorial” y “deber de las generaciones presentes y futuras” (Artículo 1°).
- ❑ “Mantener los procesos ecológicos esenciales, los sistemas naturales, preservar la diversidad genética, la recuperación, mejoramiento, protección y conservación del ambiente y el uso racional de los recursos naturales es responsabilidad del Estado, la sociedad y el individuo” (Artículo 2°).
- ❑ “La planificación y ejecución de proyectos y actividades de desarrollo social y económico deben, como requisito previo, prever y evaluar el impacto ambiental y observar las disposiciones que se dicten en materia de protección ambiental” (Artículo 4°).
- ❑ “Dictar la política ambiental es responsabilidad del Estado Provincial e implica sustentar y mantener los siguientes objetivos: **a)** protección y saneamiento del ambiente; **b)** sostén del mejoramiento de la calidad de vida; y **c)** resguardo del derecho a la existencia de vida” (Artículo 6°).
- ❑ “La protección del ambiente consiste en: **a)** regular las conductas de los habitantes a fin de proteger el ambiente, lograr la utilización de los recursos naturales renovables con la concepción del desarrollo sustentable; **b)** prevenir daños al ambiente y minimizar el impacto de las actividades humanas; **c)** promover la recuperación de los ambientes degradados, en particular aquellos sujetos a riesgo de deterioro irreversible; **d)** propiciar que los costos y beneficios de la protección ambiental sean distribuidos con justicia social: los costos deben ser soportados en primer término y en su mayor medida por los contaminadores, por quienes sean responsables por el impacto ambiental; **e)** establecer bases para el ordenamiento territorial y la planificación en el manejo y fiscalización del uso de los recursos naturales; **f)** propiciar la educación ambiental y la conciencia ciudadana para la protección del ambiente dentro de un marco de aprovechamiento racional; y **g)** propender a la creación de un sistema de información sumaria de carácter provincial, regional, nacional e internacional” (Artículo 7°).

En particular, la Ley en consideración establece que para todo proyecto de transporte fluvial “es obligatorio realizar el Estudio de Factibilidad Ambiental Previo” (Artículo 28°). Dichos estudios “sólo serán válidos cuando sean elaborados por instituciones públicas o privadas debidamente registradas y calificadas” siendo “de libre acceso al conocimiento público” y “su costo parte del presupuesto de la obra” (Artículo 29°); los mismos deberán ser “exigidos”, “aprobados” y “reglados”

⁷⁹ Actualmente dicha “autoridad de aplicación” es la Subsecretaría de Recursos Naturales, Ordenamiento y Calidad Ambiental del Ministerio de la Producción y Ambiente a la que corresponde (entre otros): **a)** “intervenir en la planificación, manejo y uso sustentable de los recursos naturales y gestión de la calidad ambiental en la totalidad de las cadenas productivas, dentro de pautas de ordenamiento territorial, a los fines de su protección, preservación y recomposición, observando la generación de empleo e inclusión social en forma tal de agregar valor y colaborar al desarrollo integral provincial”; **b)** “participar e intervenir en el diseño de las políticas de cuencas hídricas provinciales, nacionales o internacionales, promoviendo y coordinando las acciones de tipo integral que tales políticas impliquen, con especial referencia a la administración de las mismas y lo relativo al uso y preservación del recurso agua (con énfasis en la articulación entre los objetivos de producción, desarrollo y sustentabilidad ambiental)”; y **c)** “articular con otras áreas provinciales, o de otras jurisdicciones municipales, provinciales o nacionales, las políticas, programas, medidas o acciones que coadyuven a la preservación sustentable de los recursos naturales y gestión de la calidad ambiental en forma tal de hacer más eficaces y eficientes las políticas provinciales” (Decreto N° 721/28 del 11 de Diciembre de 2008).

por la autoridad de aplicación provincial (Artículos 30° y 31°) y, previo a su aprobación, “se deberá convocar a audiencias públicas” (Artículo 133°).⁸⁰

6.3.3. Síntesis

Por ser el tramo objeto de la presente consultoría un tramo de jurisdicción compartida entre la República del Paraguay y la República Argentina, se entiende que, en cumplimiento de los requerimientos establecidos por la legislación ambiental de ambos países, el contratista de las obras, previo al inicio de las mismas, deberá someterlas al procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental previsto tanto en la legislación paraguaya (Ley N° 294/1993 – Ley de Evaluación de Impacto Ambiental – reglamentada por Decreto N° 1.428/1996) como en la legislación argentina de carácter nacional (Ley Nacional N° 25.675 – Ley General del Ambiente) y provincial (Ley de la Provincia de Formosa N° 1.060 – Política Ambiental y Ecológica de la Provincia – reglamentada por Decreto Provincial N° 557/1998).

Cabe agregar, además, que tanto la República del Paraguay como la República Argentina, así como la República Federativa del Brasil y la República Oriental del Uruguay, son signatarios del “Acuerdo Marco sobre Medio Ambiente del MERCOSUR”, suscripto en la ciudad de Asunción, República del Paraguay, el 22 de Junio de 2001, cuyo objeto es “el desarrollo sustentable y la protección del medio ambiente, mediante la articulación de las dimensiones económicas, sociales y ambientales, contribuyendo a una mejor calidad del ambiente y de la vida de la población” (Artículo 4°).

Por el mismo los países signatarios acuerdan: **a)** “reafirmar su compromiso con los principios enunciados en la Declaración de Río de Janeiro sobre Medio Ambiente y Desarrollo de 1992” (Artículo 1°); **b)** “analizar la posibilidad de instrumentar la aplicación de aquellos principios de la Declaración de Río de Janeiro sobre Medio Ambiente y Desarrollo de 1992, que no hayan sido objeto de tratados internacionales” (Artículo 2°); **c)** orientar sus acciones para alcanzar el objeto del Acuerdo e implementar sus disposiciones” (Artículo 3°) mediante: **1)** la “promoción de la protección del medio ambiente y del aprovechamiento más eficaz de los recursos disponibles mediante la coordinación de políticas sectoriales, sobre la base de los principios de gradualidad, flexibilidad y equilibrio; incorporación del componente ambiental en las políticas sectoriales e inclusión de las consideraciones ambientales en la toma de decisiones que se adopten en el ámbito del MERCOSUR, para el fortalecimiento de la integración”; **2)** la “promoción del desarrollo sustentable por medio del apoyo recíproco entre los sectores ambientales y económicos, evitando la adopción de medidas que restrinjan o distorsionen, de manera arbitraria o injustificada, la libre circulación de bienes y servicios en el ámbito del MERCOSUR”; **3)** el “tratamiento prioritario e integral de las causas y las fuentes de los problemas ambientales”; **4)** la “promoción de una efectiva participación de la sociedad civil en el tratamiento de las cuestiones ambientales”; y **5)** el “fomento a la internalización de los costos ambientales mediante el uso de instrumentos económicos y regulatorios de gestión”.

Es así que los Estados Partes: **a)** “cooperarán en el cumplimiento de los acuerdos internacionales que contemplen materia ambiental de los cuales sean parte” y que dicha cooperación “podrá incluir, cuando se estime conveniente, la adopción de políticas comunes para la protección del medio ambiente, la conservación de los recursos naturales, la promoción del desarrollo sustentable, la presentación de comunicaciones conjuntas sobre temas de interés común y el intercambio de información sobre las posiciones nacionales en foros ambientales internacionales” (Artículo 5°); **b)**

⁸⁰ Dichas audiencias públicas deberán realizarse según el procedimiento aprobado por Decreto N° 557/1998 (sancionado el 20 de Abril de 1998 y publicado el 22 de Abril de 1998).

“profundizarán el análisis de los problemas ambientales de la subregión con la participación de los organismos nacionales competentes y de las organizaciones de la sociedad civil” (Artículo 6°),⁸¹ y **c)** “acordarán pautas de trabajo que contemplen las áreas temáticas previstas como Anexo al Acuerdo, las cuales son de carácter enunciativo y serán desarrolladas en consonancia con la agenda de trabajo ambiental del MERCOSUR” (Artículo 7°).⁸²

6.4. Identificación, Caracterización y Valoración de los Potenciales Impactos Ambientales – Medidas de Mitigación y Plan de Gestión Ambiental

Los estudios realizados por HS – LB – EIH (1996), Taylor – Golder – Consular – Connal (1997) y COINHI (2004) han contribuido a la identificación, caracterización y valoración de los potenciales impactos ambientales que podrían ocurrir con motivo de las obras de dragado en la Hidrovía Paraguay – Paraná.

En un informe previo (CSI Ingenieros SA, 2009) se han detallado – y caracterizado – los potenciales impactos asociados a las obras de dragado por lo que, a efectos del presente informe, sólo se presenta la **Tabla 6.4–1** que sintetiza los mismos y presenta las medidas de mitigación y las principales acciones a implementar en el marco del “Plan de Gestión Ambiental”:

- **Medidas de Mitigación:**
 - Adecuada selección de las áreas de vertido de productos de dragado: Dicho vertido se realizará en el propio lecho del río y sólo en situaciones excepcionales se aceptará el vertido en las márgenes del río (a efectos de la realización de obras de protección de márgenes; no obstante, en tales casos deberá tomarse en consideración el no

⁸¹ A tales efectos, deberán implementar, entre otras, las siguientes acciones: **a)** “incrementar el intercambio de información sobre leyes, reglamentos, procedimientos, políticas y prácticas ambientales así como sus aspectos sociales, culturales, económicos y de salud, en particular, aquellos que puedan afectar al comercio o las condiciones de competitividad en el ámbito del MERCOSUR”; **b)** “incentivar políticas e instrumentos nacionales en materia ambiental, buscando optimizar la gestión del medio ambiente”; **c)** “buscar la armonización de las legislaciones ambientales, considerando las diferentes realidades ambientales, sociales y económicas de los países del MERCOSUR”; **d)** “identificar fuentes de financiamiento para el desarrollo de las capacidades de los Estados Partes, a efectos de contribuir con la implementación del Acuerdo”; **e)** “contribuir a la promoción de condiciones de trabajo ambientalmente saludables y seguras para que, en el marco de un desarrollo sustentable, se posibilite mejorar la calidad de vida, el bienestar social y la generación de empleo”; **f)** “contribuir para que los demás foros e instancias del MERCOSUR consideren adecuada y oportunamente los aspectos ambientales pertinentes”; **g)** “promover la adopción de políticas, procesos productivos y servicios no degradantes del medio ambiente”; **h)** “incentivar la investigación científica y el desarrollo de tecnologías limpias”; **i)** promover el uso de instrumentos económicos de apoyo a la ejecución de las políticas para la promoción del desarrollo sustentable y la protección del medio ambiente”; **j)** “estimular la armonización de las directrices legales e institucionales, con el objeto de prevenir, controlar y mitigar los impactos ambientales en los Estados Partes, con especial referencia a las áreas fronterizas”; **k)** “brindar, en forma oportuna, información sobre desastres y emergencias ambientales que puedan afectar a los demás Estados Partes, y cuando fuere posible, apoyo técnico y operativo”; **l)** “promover la educación ambiental formal y no formal y fomentar conocimientos, hábitos de conducta e integración de valores orientados a las transformaciones necesarias para alcanzar el desarrollo sustentable en el ámbito del MERCOSUR”; **m)** “considerar los aspectos culturales, cuando corresponda, en los procesos de toma de decisión en materia ambiental”; y **n)** “desarrollar acuerdos sectoriales, en temas específicos, conforme sea necesario para la consecución del objeto del Acuerdo”.

⁸² Dichas áreas temáticas son: **a)** la gestión sustentable de los recursos naturales (fauna y flora silvestres, bosques, áreas protegidas, diversidad biológica, bioseguridad, recursos hídricos, recursos ictícolas y acuícolas, conservación del suelo), **b)** la calidad de vida y el planeamiento ambiental (saneamiento básico y agua potable, residuos urbanos e industriales, residuos peligrosos, sustancias y productos peligrosos, protección de la atmósfera / calidad del aire, planificación del uso del suelo, transporte urbano, fuentes renovables y/o alternativas de energía), **c)** los instrumentos de política ambiental (legislación ambiental, instrumentos económicos, educación, información y comunicación ambiental, instrumentos de control ambiental, evaluación de impacto ambiental, contabilidad ambiental, gerenciamiento ambiental de empresas, tecnologías ambientales (investigación, procesos y productos), sistemas de información, emergencias ambientales, valoración de productos y servicios ambientales) y **d)** las actividades productivas ambientalmente sustentables (ecoturismo, agropecuaria sustentable, gestión ambiental empresarial, manejo forestal sustentable, pesca sustentable).

- provocar impactos ambientales). En ningún caso se podrán obstruir desembocaduras de arroyos y/o ríos tributarios (el vertido deberá realizarse aguas abajo de dichas desembocaduras y convenientemente apartados de las mismas).
- Adecuada selección del momento en el que se realizarán las obras de dragado y de vertido de productos de dragado teniendo en cuenta para ello los ciclos de cría y reproducción de especies acuáticas (en especial: los peces).
 - Adecuada selección del equipamiento y de las técnicas a emplear a efectos de las obras de dragado y de vertido de productos de dragado.
 - Minimización de ruidos.
 - Revisión periódica del estado de funcionamiento de los motores de las embarcaciones, de las dragas y de todo tipo de equipos utilizados en las obras.
 - Adecuada selección de los sitios para la instalación de obradores (en caso de ser necesarios).
 - Inventario de la ubicación de tomas de agua y emisarios subacuáticos.
 - Inventario de los potenciales sitios de valor escénico, paisajístico y/o natural y, en especial, de la ubicación de “áreas protegidas”.
- Acciones del “Plan de Gestión Ambiental”:⁸³
- Implementación de un “**Plan de Manejo de los Pasos a Dragar**” que incluirá, para cada paso a dragar, información referida a: **a)** la descripción de las condiciones actuales de navegación, **b)** la descripción de las obras a desarrollar y la ubicación precisa de las áreas objeto de actividades de dragado y de disposición final de productos de dragado, **c)** el relevamiento ambiental de las áreas afectadas por las obras (es decir, las áreas afectadas por las obras de dragado y de vertido de productos de dragado), **d)** la identificación, cuando corresponda, de los sitios con restricciones especiales (sitios de interés histórico o arqueológico, sitios con presencia de tomas de agua para uso urbano o industrial o con presencia de ductos de vertido de efluentes), y **e)** la identificación de las restricciones temporales y/o espaciales para la realización de las obras.

Con respecto a tales restricciones temporales, corresponde indicar que, de acuerdo a las consideraciones establecidas por COINHI (2004),⁸⁴ salvo justificación expresa, el período óptimo para la realización de las obras de dragado sería el comprendido entre el 1° de Junio y el 31 de Octubre de cada año quedando absolutamente prohibido el realizar obras de dragado entre el 1° de Noviembre y el 15 de Marzo de cada año.

Asimismo, se deberá: **a)** considerar como estrictamente prohibido el disponer los productos de dragado en las desembocaduras de riachos, arroyos y ríos o sobre vegetación costera; **b)** considerar como estrictamente el disponer los productos de dragado fuera de los sitios expresamente indicados en los planos de obras (a menos que el Estudio de Impacto Ambiental haya aportado información adicional que permitiera recomendar la modificación de dicho criterio y, en consecuencia, la selección de otro sitio de vertido); y **c)** respetar – estrictamente – la condición de dejar un pelo de agua (mínimo) de 0,70 m por sobre el sitio de vertido, así como la condición de no refular el material de dragado sobre la vegetación costera.

⁸³ Las acciones a implementar en el marco del “Plan de Gestión Ambiental” incluyen una serie de “Planes” y “Programas” que son detalladamente descriptos tanto por COINHI (2004) como por el informe elaborado por CSI Ingenieros (2009).

⁸⁴ A partir de estudios referidos a los períodos reproductivos de peces y a la migración de huevos y larvas.

- Implementación de un “**Programa de Monitoreo de Procesos de Erosión y Sedimentación**” cuyo objetivo básico será: **a)** la identificación y seguimiento temporal de las posibles áreas sujetas a procesos de erosión y/o sedimentación en el cauce, las islas y/o los márgenes del río Paraguay, **b)** el seguimiento temporal de las condiciones batimétricas en cada una de las áreas objeto de actividades de dragado y/o de vertido de productos de dragado, y **c)** el establecimiento de recomendaciones para la planificación y el desarrollo de futuros "Planes de Relevamientos". Dicho “programa” constará de cinco etapas básicas: **a)** recopilación de antecedentes, **b)** análisis de los antecedentes recopilados, **c)** elaboración del “Plan de Relevamientos”, **d)** desarrollo del “Plan de Relevamientos” y **e)** identificación, evaluación y seguimiento de procesos de erosión y/o sedimentación.
- Implementación de un “**Programa de Evaluación de la Calidad de Aguas**” cuyo objetivo básico será la caracterización y evaluación de la calidad del agua en cada una de las áreas que serán objeto de actividades de dragado y/o de vertido de productos de dragado. Dicho “programa” constará de cinco etapas básicas: **a)** recopilación de Antecedentes, **b)** elaboración del “Plan de Muestreo de Calidad del Agua”, **c)** desarrollo del “Plan de Muestreo de Calidad del Agua”, **d)** análisis de laboratorio, y **e)** evaluación de la “Calidad del Agua”.
- Un “**Programa de Evaluación de la Calidad de Sedimentos**” cuyos objetivos básicos serán: **a)** la caracterización de las propiedades físicas y químicas de la sección horizontal y vertical de cada una de las áreas que serán objeto de actividades de dragado, **b)** la caracterización de las propiedades biológicas de la sección horizontal de cada una de las áreas que serán objeto de actividades de dragado, **c)** la caracterización de las propiedades físicas, químicas y biológicas de la sección horizontal de cada una de las áreas que serán objeto de actividades de vertido de productos de dragado, y **d)** la evaluación de la calidad de los sedimentos presentes en cada una de las áreas que serán objeto de actividades de dragado y de vertido de productos de dragado. Dicho “programa” constará de seis etapas básicas: **a)** recopilación de antecedentes, **b)** elaboración del “Plan de Muestreo de Calidad de Sedimentos”, **c)** análisis de los antecedentes recopilados, **d)** desarrollo del “Plan de Muestreo de Calidad de Sedimentos”, **e)** análisis de laboratorio, y **f)** evaluación de la “Calidad de Sedimentos”.
- Un “**Programa de Monitoreo de la Vegetación Costera**” cuyo objetivo básico será: **a)** determinar las potenciales alteraciones a la vegetación costera fruto de las obras correspondientes a la mejora de la navegabilidad, y **b)** en caso de corresponder, determinar la importancia de las mismas y adoptar las correspondientes medidas de mitigación.
- Un “**Programa de Comunicación Social**” cuyo objetivo básico será definir la estrategia de Comunicación Social para las obras de mejora de la navegabilidad del tramo “Pilcomayo – Formosa” del río Paraguay a efectos de favorecer el entorno social y mediático para la ejecución de las obras y así lograr la comprensión y aceptación del proyecto de mejora de la navegabilidad mediante la difusión de información oportuna – clara, precisa y concisa – y la creación – y fortalecimiento – de relaciones adecuadas con los públicos de interés. Dicho Programa deberá: **a)** ser llevado a cabo desde el momento en que se tome la decisión de ejecutar el Proyecto, **b)** acompañar tanto el proceso de inicio de las obras como la realización de las mismas, y **c)** involucrar tanto a autoridades nacionales y locales como a los organismos o empresas relacionados a las obras, a los medios de comunicación, a las organizaciones no gubernamentales (ONG’s), a las universidades e institutos técnicos de nivel terciario, a las asociaciones profesionales, empresariales y gremiales y a los representantes de los sectores

- industria y comercio, a los líderes de opinión y a la población en general (con particular énfasis en las poblaciones y comunidades ribereñas así como en las asociaciones y grupos de pescadores). COINHI (2004) estableció las bases y criterios fundamentales del programa, la estrategia de comunicación del proyecto, y las acciones a desarrollar.
- Un “**Plan de Comunicaciones con la Autoridad Marítima**” que tendrá por objetivo establecer un mecanismo – rápido y eficiente – para el intercambio de información entre la Autoridad Marítima y el contratista de las obras; de esta forma se buscará: **a)** brindar – a través de las estaciones costeras, los servicios de radiodifusión para la Seguridad de la Navegación y los Avisos a los Navegantes – información permanentemente actualizada sobre los movimientos de las embarcaciones del contratista de las obras y sobre las áreas en las que, efectivamente, se encuentre realizando obras de dragado o de vertido de productos de dragado; **b)** prevenir la ocurrencia de accidentes (tales como varaduras, colisiones y abordajes); y **c)** actuar en forma rápida y efectiva en caso de ocurrir cualquier tipo de acontecimiento que requiere la intervención de la Autoridad Marítima (sean estos emergencias o accidentes de cualquier naturaleza, incidentes de contaminación o acciones de búsqueda y rescate).
 - Un “**Plan de Contingencias**” que tendrá por objetivo hacer frente a los posibles incidentes de contaminación que se produzcan a bordo de las dragas y demás embarcaciones bajo la responsabilidad del contratista de las obras para la mejora de la navegabilidad.
 - Un “**Plan de Manejo de Residuos**” que tendrá por objetivo minimizar la descarga de residuos líquidos y sólidos en el medio acuático y la consecuente contaminación del mismo.
 - Un “**Programa de Educación Ambiental y de Conducta del Personal**” que tendrá por objetivos: **a)** concientizar sobre la necesidad de preservar y mejorar la calidad ambiental, **b)** dar a conocer los efectos de las operaciones de dragado y mantenimiento sobre los ecosistemas acuáticos y ribereños en general y sobre las áreas de dragado en particular, **c)** brindar conocimientos básicos de salud y educación y sobre las costumbres sanitarias y culturales de la población ribereña, y **d)** establecer reglas de conducta ambiental y social a seguir tanto a bordo de las embarcaciones como en el contacto con la población.
 - Un “**Programa de Salud Ocupacional**” en el marco del cual se desarrollarán tanto “Acciones de Promoción” como “Acciones de Prevención” (de enfermedades y de riesgos).
 - Un “**Programa de Recreación y Convivencia**” que velará por la adecuada convivencia y recreación del personal asignado a las obras para el mejoramiento de la navegabilidad.

Tabla 6.4–1. Identificación, caracterización y valoración de los potenciales impactos ambientales asociados a las obras de dragado y mantenimiento del río Paraguay (Tramo Pilcomayo – Formosa)

| Medio | Impacto | Fase de Ocurrencia | | | | Valoración y Caracterización | | | | | | Medidas de Mitigación | Acciones a Implementar |
|--------|--|--------------------|---------------|----------------------|-----------------------|------------------------------|------------|-------------------------|------------|------------------------------|----------------------------|---|--|
| | | Apertura | Mantenimiento | Vertido de productos | Instalación de Ayudas | Signo | Ocurrencia | Momento | Duración | Reversibilidad | Probabilidad de ocurrencia | | |
| Físico | Modificación de las condiciones batimétricas, hidrodinámicas y sedimentológicas del área de dragado y de vertido de productos de dragado | ✓ | ✓ | ✓ | | Negativo | Directo | A corto plazo | Temporal | Reversible (Recuperable) | Alta | --- | --- |
| | Inducción de procesos de erosión y/o sedimentación en el área de influencia de las obras de dragado y/o de vertido de productos de dragado | ✓ | ✓ | ✓ | | Negativo | Directo | A mediano o largo plazo | Permanente | Irreversible (Irrecuperable) | Media a Baja | Adecuada selección de las áreas de vertido de productos de dragado | Programa de Monitoreo de Procesos de Erosión y Sedimentación |
| | Bloqueo de las bocas de salida de arroyos | | | ✓ | | Negativo | Directo | A corto plazo | Temporal | Reversible (Recuperable) | Baja | Adecuada selección de las áreas de vertido de productos de dragado (aguas abajo de desembocaduras y convenientemente apartados de las mismas) | --- |

| Medio | Impacto | Fase de Ocurrencia | | | | Valoración y Caracterización | | | | | | Medidas de Mitigación | Acciones a Implementar |
|--------|--|--------------------|---------------|----------------------|-----------------------|------------------------------|------------|---------------|------------|------------------------------|----------------------------|--|--|
| | | Apertura | Mantenimiento | Vertido de productos | Instalación de Ayudas | Signo | Ocurrencia | Momento | Duración | Reversibilidad | Probabilidad de ocurrencia | | |
| Físico | Modificación de las condiciones sedimentológicas en términos de las características y calidad de los sedimentos del área de dragado y de vertido de productos de dragado | ✓ | ✓ | ✓ | | Negativo | Directo | A corto plazo | Permanente | Irreversible (Irrecuperable) | Baja | Adecuada selección de las áreas de vertido de productos de dragado. | Programa de Evaluación de la Calidad de los Sedimentos |
| | Modificación de la calidad del agua debido al incremento de la turbiedad y del contenido en sólidos suspendidos en el área de dragado y de vertido de productos de dragado pudiendo implicar la potencial creación de “plumas turbias” y la potencial reducción de la capa fótica, de la actividad fotosintética y de la producción primaria | ✓ | ✓ | ✓ | | Negativo | Directo | A corto plazo | Temporal | Reversible (Recuperable) | Baja | Adecuada selección del equipamiento y de las técnicas a emplear a efectos de las obras de dragado y de vertido de productos de dragado | Programa de Evaluación de la Calidad del Agua |
| | Potencial afectación de la calidad del agua por liberación de la materia orgánica atrapada en los sedimentos pudiendo provocar un abatimiento de los niveles de oxígeno y un aumento en los niveles de nutrientes disponibles favoreciendo el aumento de la producción fitoplanctónica | ✓ | ✓ | ✓ | | Negativo | Directo | A corto plazo | Temporal | Reversible (Recuperable) | Muy Baja | Adecuada selección del equipamiento y de las técnicas a emplear a efectos de las obras de dragado y de vertido de productos de dragado | Programa de Evaluación de la Calidad del Agua y los Sedimentos |

| Medio | Impacto | Fase de Ocurrencia | | | | Valoración y Caracterización | | | | | | Medidas de Mitigación | Acciones a Implementar |
|--------|--|--------------------|---------------|----------------------|-----------------------|------------------------------|------------|---------------|----------|--------------------------|----------------------------|--|--|
| | | Apertura | Mantenimiento | Vertido de productos | Instalación de Ayudas | Signo | Ocurrencia | Momento | Duración | Reversibilidad | Probabilidad de ocurrencia | | |
| Físico | Potencial afectación de la calidad del agua debido a la ocurrencia de procesos de desorción con liberación de contaminantes desde el sedimento y potencial incorporación a la columna de agua y/o a la biota | ✓ | ✓ | ✓ | | Negativo | Indirecto | A corto plazo | Temporal | Reversible (Recuperable) | Baja | Adecuada selección del equipamiento y de las técnicas a emplear a efectos de las obras de dragado y de vertido de productos de dragado | Programa de Evaluación de la Calidad del Agua y los Sedimentos |
| | Potencial afectación de la calidad del agua por descargas accidentales de residuos de las dragas y demás equipos afectados a las obras | ✓ | ✓ | ✓ | | Negativo | Directo | A corto plazo | Temporal | Reversible (Recuperable) | Baja | --- | Programas de Manejo de Residuos Plan de Contingencias |
| | Potencial afectación a la calidad del aire como consecuencia de las emisiones sonoras y de gases de combustión | ✓ | ✓ | ✓ | | Negativo | Directo | A corto plazo | Temporal | Reversible (Recuperable) | Media | Revisión periódica del estado de funcionamiento de los motores de las embarcaciones, las dragas y todo tipo de equipos utilizados en las obras | --- |

| Medio | Impacto | Fase de Ocurrencia | | | | Valoración y Caracterización | | | | | | Medidas de Mitigación | Acciones a Implementar |
|-----------|--|--------------------|---------------|----------------------|-----------------------|------------------------------|------------|---------------|------------|------------------------------|----------------------------|---|--|
| | | Apertura | Mantenimiento | Vertido de productos | Instalación de Ayudas | Signo | Ocurrencia | Momento | Duración | Reversibilidad | Probabilidad de ocurrencia | | |
| Biológico | Potenciales impactos sobre la fauna y flora acuática dados por destrucción y/o pérdida localizada de hábitats (sustrato) y de la fauna asociada (bentos) en las áreas directamente afectadas a las obras y/o al vertido de productos de dragado; expulsión de la ictiofauna (temporaria); y potenciales afectaciones por incorporación de contaminantes liberados a la columna de agua | ✓ | ✓ | ✓ | | Negativo | Directo | A corto plazo | Temporal | Reversible (Recuperable) | Baja | Adecuada selección del momento en el que se realizarán las obras de dragado y de vertido de productos de dragado teniendo en cuenta para ello los ciclos de cría y reproducción de especies acuáticas (en especial: los peces). | Programa de Evaluación de la Calidad del Agua y los Sedimentos |
| | Disturbios a la fauna y flora terrestre y/o alteración de hábitats terrestres | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | Negativo | Directo | A corto plazo | Permanente | Irreversible (Irrecuperable) | Alta | Minimización de ruidos. Adecuada selección del momento en el que se realizarán las obras de dragado y de vertido de productos de dragado teniendo en cuenta los ciclos de cría, reproducción y migración de aves. Adecuada selección tanto de los sitios para la instalación de obradores (en caso de ser necesarios) | Programa de Monitoreo de Vegetación Costera |

| Medio | Impacto | Fase de Ocurrencia | | | | Valoración y Caracterización | | | | | | Medidas de Mitigación | Acciones a Implementar |
|-----------|--|--------------------|---------------|----------------------|-----------------------|------------------------------|------------|---------------|------------|------------------------------|----------------------------|--|--|
| | | Apertura | Mantenimiento | Vertido de productos | Instalación de Ayudas | Signo | Ocurrencia | Momento | Duración | Reversibilidad | Probabilidad de ocurrencia | | |
| Antrópico | Potencial afectación a la calidad de vida de la población residente en las proximidades del área de dragado y/o de vertido de productos de dragado | ✓ | ✓ | ✓ | | Negativo | Directo | A corto plazo | Temporal | Reversible (Recuperable) | Baja | Minimización de ruidos. | Programas de "Comunicación Social", de "Educación Ambiental y Conducta del Personal", y de "Salud Ocupacional" |
| | Potencial afectación a actividades recreativas y/o comerciales, así como a la navegación | ✓ | ✓ | ✓ | | Negativo | Directo | A corto plazo | Temporal | Reversible (Recuperable) | Baja | Adecuada selección tanto de los sitios para la instalación de obradores (en caso de ser necesarios) como de los sitios para el vertido de productos de dragado | Programas de "Comunicación Social" y de "Comunicación con las Autoridades Marítimas" |
| | Potencial afectación a obras de infraestructura (tomas de agua, emisarios subacuáticos, etc.) | ✓ | ✓ | ✓ | | Negativo | Directo | A corto plazo | Temporal | Reversible (Recuperable) | Media | | Identificación de la ubicación de tomas de agua y emisarios subacuáticos |
| | Potencial afectación a sitios (subacuáticos) de interés histórico y/o arqueológico | ✓ | ✓ | ✓ | | Negativo | Directo | A corto plazo | Permanente | Irreversible (Irrecuperable) | Baja | | Plan de Manejo de los Pasos a Dragar |

| Medio | Impacto | Fase de Ocurrencia | | | | Valoración y Caracterización | | | | | | Medidas de Mitigación | Acciones a Implementar |
|-----------|--|--------------------|---------------|----------------------|-----------------------|------------------------------|------------|---------------|----------|--------------------------|----------------------------|--|---|
| | | Apertura | Mantenimiento | Vertido de productos | Instalación de Ayudas | Signo | Ocurrencia | Momento | Duración | Reversibilidad | Probabilidad de ocurrencia | | |
| Antrópico | Potencial afectación a sitios de alto valor escénico, paisajístico y/o natural | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | Negativo | Directo | A corto plazo | Temporal | Reversible (Recuperable) | Baja | Adecuada selección de los sitios para el vertido de productos de dragado | Inventario de los potenciales sitios de valor escénico, paisajístico y/o natural y, en especial, inventario de las “áreas protegidas” |

7. COSTOS, CRONOGRAMA Y FLUJO FINANCIERO DE LAS OBRAS PARA LA MEJORA DE LAS CONDICIONES DE NAVEGACIÓN

7.1. Consideraciones Generales

La estimación del costo de las obras para el mejoramiento del canal navegable “Pilcomayo – Formosa” del río Paraguay requirió, en primer lugar, la formulación de un listado de rubros con sus respectivas cantidades de obra. Dicho listado tuvo en cuenta, por un lado, los componentes más importantes y, por otro, ciertos componentes particulares que no permiten su incorporación en otros rubros.

Las cantidades de obra se obtuvieron a partir de los criterios técnicos y ambientales oportunamente establecidos (ver **Capítulos 5 y 6**); no obstante, corresponde indicar que existen grados de aproximación diferentes.

En particular, los rubros correspondientes a “obras de dragado”, cuyas dimensiones dependen de la realización de trabajos de campo y detalladas investigaciones respecto a la naturaleza de los materiales (que deberán ser efectuadas en oportunidad de prepararse el anteproyecto y/o proyecto ejecutivo), han sido estimados sobre la base de los principales antecedentes (HS – LB – EIH, 1996; COINHI, 2004) y la información proporcionada por los organismos públicos (Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones – MOPC, Administración Nacional de Navegación y Puertos – ANNP), las empresas de navegación (Panchita G, Transbarga y UABL) y la Sociedad de Capitanes y Prácticos de la Zona Sur del río Paraguay.

Los rubros se agruparon considerando las actividades necesarias para la apertura del canal navegable y las necesarias para el mantenimiento del mismo y considerando dos actividades principales:

□ **Actividades para la Apertura del Canal Navegable:**

- Actividades previas al inicio de las Obras:
 - ⇒ Relevamiento batimétrico de detalle y estudios de suelos.
 - ⇒ Elaboración del Proyecto Ejecutivo.
 - ⇒ Elaboración, presentación y tramitación del correspondiente Estudio de Impacto Ambiental y acorde a los requerimientos legales tanto de la República del Paraguay como de la República Argentina.
- Obras Iniciales:
 - ⇒ Movilización general.
 - ⇒ Obras de mantenimiento y/o instalación de escalas limnimétricas.
 - ⇒ Adquisición del equipamiento para trabajos de campo (Plan de Gestión Ambiental).
 - ⇒ Implementación del Plan de Gestión Ambiental:
 - Programa de Comunicación Social.
- Implementación de las actividades relacionadas al Plan de Gestión Ambiental:
 - ⇒ Plan de Comunicaciones con la Autoridad Marítima.
 - ⇒ Programa de Educación Ambiental y de Conducta del Personal.
 - ⇒ Programa de Salud Ocupacional.
 - ⇒ Programa de Recreación y Convivencia.

- Obras de Mejora de las Ayudas a la Navegación:
 - ⇒ Obras de Señalización:
 - Instalación de balizas (señales de margen).
 - Movilización (costos de operación de una embarcación).
 - ⇒ Implementación del Plan de Gestión Ambiental (actividades específicas):
 - Plan de Monitoreo de la Vegetación Costera.
 - Plan de Manejo de Residuos.
 - ⇒ Otras Mejoras:
 - Implantación de zonas de amarre.
 - Remoción de cascos hundidos.
- Obras de Dragado de Apertura:
 - ⇒ Dragado de materiales arenosos.
 - ⇒ Dragado de materiales duros.
 - ⇒ Derrocamientos (en caso de ser necesarios).
 - ⇒ Implementación del Plan de Gestión Ambiental (actividades específicas):
 - Programa de Evaluación de la Calidad del Agua.
 - Programa de Evaluación de la Calidad de Sedimentos.
 - Plan de Contingencias.
 - Plan de Manejo de Residuos.
 - ⇒ Obras de señalización:
 - Instalación de boyas ciegas (pasos dragados).
 - Movilización (costos de operación de un buque balizador).
- **Actividades para el Mantenimiento del Canal Navegable:**
 - Obras de Dragado.
 - Mantenimiento de las Ayudas a la Navegación:
 - ⇒ Mantenimiento de balizas (señales de margen).
 - ⇒ Mantenimiento de boyas ciegas.
 - Implementación del Plan de Gestión Ambiental (actividades específicas):
 - ⇒ Programa de Monitoreo de Procesos de Erosión y Sedimentación.
 - ⇒ Plan de Monitoreo de la Vegetación Costera.
 - ⇒ Programa de Evaluación de la Calidad del Agua.
 - ⇒ Programa de Evaluación de la Calidad de Sedimentos.
 - ⇒ Plan de Contingencias.
 - ⇒ Plan de Manejo de Residuos.

La determinación de los costos unitarios se efectuó sobre la base de ponderaciones de precios locales e internacionales; éstos últimos se adoptaron para aquellas partes de la obra que no son de ejecución común en la República del Paraguay.

Los costos de dragado – rubro de mayor incidencia en el costo total de las obras – fueron validados mediante consultas efectuadas a empresas de dragado que operan en la región. A dichas

estimaciones debe agregarse el costo de la movilización, la instalación, el desmantelamiento y la desmovilización de los equipos (que involucra una significativa cantidad de equipos auxiliares que requieren de servicios de transporte y remolque de elevado costo). Los costos globales para la movilización – desmovilización de los equipos también surgen de las consultas realizadas a las empresas de dragado.

Los valores adoptados incluyen todos los costos referidos a materiales, mano de obra con cargas sociales, utilización de equipos, transportes, gastos indirectos, generales e imprevistos y un margen de beneficios, pero no incluyen impuestos directos (IVA).

7.2. Síntesis de las Obras a Realizar

7.2.1. Actividades previas al inicio de las Obras

Previo al inicio de las obras se deberá:

- Elaborar el correspondiente proyecto ejecutivo (para lo cual deberán realizarse relevamientos batimétricos y geotécnicos de detalle así como un relevamiento de las necesidades en materia de mejoramiento de las ayudas a la navegación).
- Elaborar, presentar y tramitar, ante las autoridades competentes y acorde a los requerimientos legales tanto de la República del Paraguay como de la República Argentina, el correspondiente Estudio de Impacto Ambiental.

7.2.2. Obras Iniciales

Estas obras, a desarrollarse paralelamente a la movilización general, incluirán:

- Obras de recuperación y/o mantenimiento de escalas limnimétricas.
- La adquisición del equipamiento para la implementación de los trabajos de campo requeridos por el Plan de Gestión Ambiental (PGA).
- El inicio de las actividades tendientes a la implementación del Plan de Gestión Ambiental (PGA) y, en particular, las referidas al “Programa de Comunicación Social”.

7.2.3. Implementación de actividades relacionadas al Plan de Gestión Ambiental

Previo al inicio de las obras, propiamente dichas, se entiende que deberán implementarse las actividades necesarias a efectos de cumplir con los planes y programas establecidos en el Plan de Gestión Ambiental (PGA) y, en particular, las siguientes:

- Plan de Comunicaciones con la Autoridad Marítima.
- Programa de Educación Ambiental y de Conducta del Personal.
- Programa de Salud Ocupacional.
- Programa de Recreación y Convivencia.

7.2.4. Obras de Mejora de las Ayudas a la Navegación

A efectos de las obras de mejora de las ayudas a la navegación se consideró que, en un primer momento, las mismas corresponderán a las siguientes obras:

- ❑ Instalación de balizas (“señales de margen”).
- ❑ Implantación de zonas de amarre.
- ❑ Remoción de cascos hundidos.

Para el desarrollo de las mismas y, en particular, a efectos de la instalación de balizas (“señales de margen”) deberán implementarse las actividades previstas en el Plan de Gestión Ambiental (PGA) con respecto al “Plan de Monitoreo de la Vegetación Costera” y al “Plan de Manejo de Residuos”.

A efectos de la determinación de los costos correspondientes se asumió, conforme al proyecto oportunamente realizado por el Consorcio de Integración Hidroviaria (COINHI, 2004), la instalación de un total de 57 “señales de margen” (las 52 previstas en el proyecto antes indicado más un 10 % adicional) y 20 “boyas ciegas” (las 18 previstas en el proyecto antes indicado más un 10 % adicional); todas ellas equipadas, de acuerdo a las especificaciones oportunamente establecidas y con sus correspondientes pantallas reflectoras de radar.

Con relación a la remoción de cascos hundidos se asumió la remoción de los cinco (5) oportunamente identificados (ver **Sección 5.5.5**).

Con relación a la implantación de zonas de amarre, si bien a partir del mejoramiento de las condiciones de navegación las mismas podrían no ser necesarias, se asumió – de acuerdo a lo establecido por el Consorcio de Integración Hidroviaria (COINHI, 2004) – la implantación de dos (2) zonas de amarre ubicadas en las proximidades de la desembocadura del río Pilcomayo y de la localidad de Formosa.

7.2.5. Obras de Dragado de Apertura

A efectos de las obras de dragado de apertura se consideraron los siguientes escenarios:

- ❑ **Escenario “de mínima”:** Implica la realización de obras de dragado a efectos de asegurar una navegación continua sin necesidad de realizar fraccionamientos del tren de barcazas.

A tales efectos se asumió: **a)** la realización de obras de dragado en un total de once (11) pasos (Casaccia, Medín, San Antonio, Cortada San Antonio, Villeta, Buey Muerto, Ytá Pirú, Guyratí, Santa Rosa, Lobato y Sepultura), y **b)** que la totalidad del material a dragar correspondería a materiales arenosos.

Bajo estas consideraciones el volumen de dragado de apertura ascendería a 2.154.262 m³ de materiales arenosos.

- ❑ **Escenario “de máxima”:** Implica considerar la existencia de materiales duros en tres (3) de los once (11) pasos previamente considerados (Villeta, Ytá Pirú y Guyratí).

Ante la falta de información técnica, se asumió que la participación de “materiales duros” en el volumen total a dragar sería en proporciones similares a las observadas por CSI Ingenieros SA (2009) para el tramo comprendido entre las desembocaduras de los ríos Pilcomayo y Apa; es decir, aproximadamente, del 30 %. Bajo estas consideraciones el volumen de dragado de apertura ascendería a 2.269.569 m³ de los cuales 1.971.525 m³ correspondería a materiales arenosos y 298.044 m³ a “materiales duros” (materiales de variada naturaleza y diverso grado de friabilidad que, en su mayor parte, podrán ser disgregados y removidos por procesos mecánicos) siendo a destacar que, ante la falta de evidencias, no se consideró la posible existencia de existencia de “rocas” (materiales de naturaleza ígnea o metamórfica cuya desagregación debería ejecutarse, necesariamente, a través de derrocamientos).

La **Tabla 7.2–1** presenta los costos unitarios estimados a efectos de las obras de dragado de apertura (en dólares estadounidenses correspondientes a Setiembre del 2010 sin incluir impuestos directos); se asume que los mismos incluyen los costos correspondientes a las tareas de

relevamiento para el control de las obras y del personal afectado a las tareas asociadas a la implementación del Plan de Gestión Ambiental (muestreo de calidad de agua y sedimentos).

Tabla 7.2–1. Costos de dragado de apertura por tipo de material

| Dragado de Apertura | |
|---------------------------------|---------------------------------------|
| Tipo de Material ⁽¹⁾ | Dólares/m ³ ⁽²⁾ |
| Arenas | 4 |
| Materiales duros | 14 |
| Rocas | 125 |

Notas:

- 1) Se entiende por: **a)** “Arena”: materiales de granulometría comprendida, mayoritariamente, entre 2,0 y 0,063 mm, **b)** “Material duro”: materiales de variada naturaleza que, en su mayor parte, podrán ser disgregados y removidos por procesos mecánicos, y **c)** “Roca”: materiales de naturaleza ígnea o metamórfica cuya disgregación deberá ejecutarse a través de derrocamientos.
- 2) Dólares estadounidenses de Setiembre de 2010, sin impuestos.

Con respecto a los programas de evaluación de calidad del agua y los sedimentos:

- ❑ Se consideró la realización de análisis tendientes a la caracterización química y biológica de los sedimentos. En efecto, si bien, en virtud de la Resolución N° 344 del Consejo Nacional de Medio Ambiente de la República Federativa del Brasil, los materiales a dragar podrían ser catalogados como “limpios” (por lo que, en consecuencia, sólo sería necesaria su caracterización física o análisis granulométrico) se entendió que las autoridades argentinas solicitarán la realización de dichos análisis (tal como lo solicitan para el tramo actualmente concesionado a Hidrovía SA).
- ❑ Se asumió – para cada paso – un promedio de diez (10) muestras de sedimentos y doce (12) muestras de agua destinadas a la determinación de su composición granulométrica y su contenido en metales pesados (Arsénico, Cadmio, Cinc, Cobre, Cromo, Mercurio, Níquel, Plata y Plomo), hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs), bifenilos policlorinados (PCBs) y pesticidas (DDTs).

Finalmente, con respecto a las obras de mejora de las ayudas a la navegación, que incluirán la instalación de balizas (señales de margen) y boyas ciegas, en conformidad a los criterios técnicos oportunamente establecidos (CSI Ingenieros SA, 2009), se asumieron las cantidades consideradas en el proyecto del Consorcio de Integración Hidroviaria (COINHI, 2004; ver **5.5.4.2**) más un 10 % adicional.

7.2.6. Obras de Dragado de Mantenimiento

Como ya fuera indicado (ver **Sección 5.5.3.2**), a efectos de las obras de dragado de mantenimiento se asumió que las mismas corresponden a un valor mínimo variable entre el 20 y el 40 % del volumen total del dragado de apertura; en consecuencia, a efectos de la estimación de los costos se asumió un dragado de mantenimiento equivalente al 40 % del volumen total de dragado de apertura correspondiente a cada escenario.

El volumen así obtenido asciende a:

- 861.705 m³ para el escenario “de mínima” (en el que se considera un volumen total de dragado de apertura de 2.154.262 m³).
- 907.827 m³ para el escenario “de máxima” (en el que se considera un volumen total de dragado de apertura de 2.269.569 m³).

El costo considerado a efectos de las obras de dragado de mantenimiento (en dólares americanos a Setiembre de 2010, sin incluir impuestos directos) se estimó en US\$ 3,5/m³ (ya que es posible suponer un mayor rendimiento de las dragas).

Finalmente, corresponde indicar que a efectos del mantenimiento de las ayudas a la navegación, se asumió, conforme a lo establecido por COINHI (2004), que deberá ser reemplazado – anualmente – un 20 % del total de elementos instalados.

7.3. Presupuesto Estimado

La **Tabla 7.3–1** resume los volúmenes y el costo estimado para las obras de dragado de apertura y mantenimiento propiamente dichas, así como el costo total estimado de las obras; los presupuestos detallados se presentan en las **Tablas 7.3–2 y 7.3–3**.

Tabla 7.3–1. Costos de las obras (apertura y mantenimiento): Resumen por escenario

| Obra | Escenario | Volumen (m ³) | | | Costo de las obras de dragado (US\$) | Costo total de las obras (US\$) |
|--------------------------|-------------|---------------------------|------------------|-------|--------------------------------------|---------------------------------|
| | | Materiales arenosos | Materiales duros | Rocas | | |
| Dragado de Apertura | “de mínima” | 2.154.262 | --- | --- | 8.617.048 | 11.800.548 |
| | “de máxima” | 1.971.525 | 298.044 | --- | 12.058.716 | 15.498.216 |
| Dragado de Mantenimiento | “de mínima” | 861.705 | --- | --- | 3.015.968 | 3.401.348 |
| | “de máxima” | 907.827 | --- | --- | 3.177.395 | 3.562.775 |

Nota: Dólares estadounidenses de Setiembre de 2010, sin impuestos

Tabla 7.3–2. Costos de las obras de dragado (apertura y mantenimiento): Escenario de Mínima

| N° | RUBRO | Unidad | Cantidad | Costo en US\$ | | |
|----------|--|---------|----------|---------------|----------|------------------|
| | | | | Unitario | Subtotal | Total del Sector |
| 1 | Actividades previas al inicio de las obras | | | | | 610.000 |
| 1.1 | Relevamiento batimétrico de detalle y estudios de suelos | Global | --- | 220.000 | 220.000 | |
| 1.2 | Elaboración del Proyecto Ejecutivo | Global | --- | 200.000 | 200.000 | |
| 1.3 | Elaboración, presentación y seguimiento del EIA (Paraguay y Argentina) | Global | --- | 190.000 | 190.000 | |
| 2 | Obras Iniciales | | | | | 633.000 |
| 2.1 | Movilización general | Global | --- | 550.000 | 550.000 | |
| 2.2 | Mantenimiento y/o instalación de escalas limnimétricas | Global | --- | 5.000 | 5.000 | |
| 2.3 | Adquisición del equipamiento para trabajos de campo (Plan de Gestión Ambiental) | Set | 5 | 6.000 | 30.000 | |
| 2.4 | Implementación del Plan de Gestión Ambiental | | | | | |
| 2.4.1 | Programa de Comunicación Social | Global | --- | 48.000 | 48.000 | |
| 3 | Implementación de las actividades relacionadas al Plan de Gestión Ambiental | | | | | 70.000 |
| 3.1 | Plan de Comunicaciones con la Autoridad Marítima. | Global | --- | 10.000 | 10.000 | |
| 3.2 | Programa de Educación Ambiental y de Conducta del Personal. | Global | --- | 15.000 | 15.000 | |
| 3.3 | Programa de Salud Ocupacional. | Global | --- | 35.000 | 35.000 | |
| 3.4 | Programa de Recreación y Convivencia. | Global | --- | 10.000 | 10.000 | |
| 4 | Obras de Mejora de las Ayudas a la Navegación | | | | | 1.286.100 |
| 4.1 | Mejoramiento de las señales de margen | | | | | |
| 4.1.1 | Movilización (Embarcación) | Mensual | 5 | 6.000 | 30.000 | |
| 4.1.2 | Instalación de balizas (señales de margen) | Baliza | 52 + 10% | 300 | 17.100 | |

| N° | RUBRO | Unidad | Cantidad | Costo en US\$ | | |
|--------------------------------|--|----------------|-----------|---------------|-----------|-------------------|
| | | | | Unitario | Subtotal | Total del Sector |
| 4.2 | Implementación del Plan de Gestión Ambiental (actividades específicas) | | | | | |
| 4.2.1 | Plan de Monitoreo de la Vegetación Costera | Global | --- | 12.000 | 12.000 | |
| 4.2.2 | Plan de Manejo de Residuos | Global | --- | 12.000 | 12.000 | |
| 4.3 | Otras mejoras | | | | | |
| 4.3.1 | Implantación de zonas de amarre | Zona | 2 | 7.500 | 15.000 | |
| 4.3.2 | Remoción de cascos hundidos | Casco | 5 | 240.000 | 1.200.000 | |
| 5 | Dragado de Apertura | | | | | 9.201.448 |
| 5.1 | Obras de Dragado | | | | | |
| 5.1.1 | Dragado de materiales arenosos | m ³ | 2.154.262 | 4,0 | 8.617.048 | |
| 5.1.2 | Dragado de materiales duros | m ³ | 0 | 14,0 | 0 | |
| 5.1.3 | Derrocamientos | m ³ | 0 | 125,0 | 0 | |
| 5.2 | Implementación del Plan de Gestión Ambiental (actividades específicas) | | | | | |
| 5.2.1 | Evaluación Calidad del Agua | Muestra | 120 | 900 | 108.000 | |
| 5.2.2 | Evaluación Calidad de Sedimentos | Muestra | 100 | 1.600 | 160.000 | |
| 5.2.3 | Plan de Contingencias | Mensual | 10 | 4.800 | 48.000 | |
| 5.2.4 | Plan de Manejo de Residuos | Mensual | 10 | 3.200 | 32.000 | |
| 5.3 | Obras de balizamiento del canal navegable | | | | | |
| 5.3.1 | Movilización (Buque balizador) | Meses | 12 | 18.000 | 216.000 | |
| 5.3.2 | Instalación de boyas ciegas | Boya | 18 + 10% | 1.020 | 20.400 | |
| TOTAL OBRAS DE APERTURA | | | | | | 11.800.548 |

| N° | RUBRO | Unidad | Cantidad | Costo en US\$ | | |
|----------|--|----------------|----------|---------------|-----------|------------------|
| | | | | Unitario | Subtotal | Total del Sector |
| 6 | TOTAL ANUAL POR OBRAS DE MANTENIMIENTO | | | | | 3.401.348 |
| 6.1 | Obras de Dragado | m ³ | 861.705 | 3,5 | 3.015.968 | |
| 6.2 | Mantenimiento de las Ayudas a la Navegación | | | | | |
| 6.2.1 | Movilización | Mensual | 12 | 5.000 | 60.000 | |
| 6.2.2 | Mantenimiento de balizas | Señal | 11 | 300 | 3.300 | |
| 6.2.3 | Mantenimiento de boyas ciegas | Boya | 4 | 1.020 | 4.080 | |
| 6.3 | Implementación del Plan de Gestión Ambiental (actividades específicas) | | | | | |
| 6.3.1 | Monitoreo de Vegetación Costera | Global | --- | | | |
| 6.3.2 | Evaluación de la Calidad del Agua | Global | 120 | 900 | 108.000 | |
| 6.3.3 | Evaluación de la Calidad de Sedimentos | Global | 100 | 1.600 | 160.000 | |
| 6.3.4 | Monitoreo de Procesos de Erosión y Sedimentación | Global | --- | 10.000 | 10.000 | |
| 6.3.5 | Plan de Contingencias | Mensual | 5 | 4.800 | 24.000 | |
| 6.3.6 | Plan de Manejo de Residuos. | Mensual | 5 | 3.200 | 16.000 | |

Tabla 7.3–3. Costos de las obras de dragado (apertura y mantenimiento): Escenario de Máxima

| N° | RUBRO | Unidad | Cantidad | Costo en US\$ | | |
|----------|--|---------|----------|---------------|----------|------------------|
| | | | | Unitario | Subtotal | Total del Sector |
| 1 | Actividades previas al inicio de las obras | | | | | 710.000 |
| 1.1 | Relevamiento batimétrico de detalle y estudios de suelos | Global | --- | 220.000 | 220.000 | |
| 1.2 | Elaboración del Proyecto Ejecutivo | Global | --- | 250.000 | 250.000 | |
| 1.3 | Elaboración, presentación y seguimiento del EIA (Paraguay y Argentina) | Global | --- | 240.000 | 240.000 | |
| 2 | Obras Iniciales | | | | | 789.000 |
| 2.1 | Movilización general | Global | --- | 700.000 | 700.000 | |
| 2.2 | Mantenimiento y/o instalación de escalas limnimétricas | Global | --- | 5.000 | 5.000 | |
| 2.3 | Adquisición del equipamiento para trabajos de campo (Plan de Gestión Ambiental) | Set | 5 | 6.000 | 30.000 | |
| 2.4 | Implementación del Plan de Gestión Ambiental | | | | | |
| 2.4.1 | Programa de Comunicación Social | Global | --- | 48.000 | 48.000 | |
| 3 | Implementación de las actividades relacionadas al Plan de Gestión Ambiental | | | | | 70.000 |
| 3.1 | Plan de Comunicaciones con la Autoridad Marítima. | Global | --- | 10.000 | 10.000 | |
| 3.2 | Programa de Educación Ambiental y de Conducta del Personal. | Global | --- | 15.000 | 15.000 | |
| 3.3 | Programa de Salud Ocupacional. | Global | --- | 35.000 | 35.000 | |
| 3.4 | Programa de Recreación y Convivencia. | Global | --- | 10.000 | 10.000 | |
| 4 | Obras de Mejora de las Ayudas a la Navegación | | | | | 1.286.100 |
| 4.1 | Mejoramiento de las señales de margen | | | | | |
| 4.1.1 | Movilización (Embarcación) | Mensual | 5 | 6.000 | 30.000 | |
| 4.1.2 | Instalación de balizas (señales de margen) | Baliza | 52 + 10% | 300 | 17.100 | |

| N° | RUBRO | Unidad | Cantidad | Costo en US\$ | | |
|--------------------------------|--|----------------|-----------|---------------|-----------|-------------------|
| | | | | Unitario | Subtotal | Total del Sector |
| 4.2 | Implementación del Plan de Gestión Ambiental (actividades específicas) | | | | | |
| 4.2.1 | Plan de Monitoreo de la Vegetación Costera | Global | --- | 12.000 | 12.000 | |
| 4.2.2 | Plan de Manejo de Residuos | Global | --- | 12.000 | 12.000 | |
| 4.3 | Otras mejoras | | | | | |
| 4.3.1 | Implantación de zonas de amarre | Zona | 2 | 7.500 | 15.000 | |
| 4.3.2 | Remoción de cascos hundidos | Casco | 5 | 240.000 | 1.200.000 | |
| 5 | Dragado de Apertura | | | | | 12.643.116 |
| 5.1 | Obras de Dragado | | | | | |
| 5.1.1 | Dragado de materiales arenosos | m ³ | 1.971.525 | 4,0 | 7.886.100 | |
| 5.1.2 | Dragado de materiales duros | m ³ | 298.044 | 14,0 | 4.172.616 | |
| 5.1.3 | Derrocamientos | m ³ | 0 | 125,0 | 0 | |
| 5.2 | Implementación del Plan de Gestión Ambiental (actividades específicas) | | | | | |
| 5.2.1 | Evaluación Calidad del Agua | Muestra | 120 | 900 | 108.000 | |
| 5.2.2 | Evaluación Calidad de Sedimentos | Muestra | 100 | 1.600 | 160.000 | |
| 5.2.3 | Plan de Contingencias | Mensual | 10 | 4.800 | 48.000 | |
| 5.2.4 | Plan de Manejo de Residuos | Mensual | 10 | 3.200 | 32.000 | |
| 5.3 | Obras de balizamiento del canal navegable | | | | | |
| 5.3.1 | Movilización (Buque balizador) | Meses | 12 | 18.000 | 216.000 | |
| 5.3.2 | Instalación de boyas ciegas | Boya | 18 + 10% | 1.020 | 20.400 | |
| TOTAL OBRAS DE APERTURA | | | | | | 15.498.216 |

| N° | RUBRO | Unidad | Cantidad | Costo en US\$ | | |
|----------|--|----------------|----------|---------------|-----------|------------------|
| | | | | Unitario | Subtotal | Total del Sector |
| 6 | TOTAL ANUAL POR OBRAS DE MANTENIMIENTO | | | | | 3.562.775 |
| 6.1 | Obras de Dragado | m ³ | 907.827 | 3,5 | 3.177.395 | |
| 6.2 | Mantenimiento de las Ayudas a la Navegación | | | | | |
| 6.2.1 | Movilización | Mensual | 12 | 5.000 | 60.000 | |
| 6.2.2 | Mantenimiento de balizas | Señal | 11 | 300 | 3.300 | |
| 6.2.3 | Mantenimiento de boyas ciegas | Boya | 4 | 1.020 | 4.080 | |
| 6.3 | Implementación del Plan de Gestión Ambiental (actividades específicas) | | | | | |
| 6.3.1 | Monitoreo de Vegetación Costera | Global | --- | | | |
| 6.3.2 | Evaluación de la Calidad del Agua | Global | 120 | 900 | 108.000 | |
| 6.3.3 | Evaluación de la Calidad de Sedimentos | Global | 100 | 1.600 | 160.000 | |
| 6.3.4 | Monitoreo de Procesos de Erosión y Sedimentación | Global | --- | 10.000 | 10.000 | |
| 6.3.5 | Plan de Contingencias | Mensual | 5 | 4.800 | 24.000 | |
| 6.3.6 | Plan de Manejo de Residuos. | Mensual | 5 | 3.200 | 16.000 | |

7.4. Cronograma

En la preparación del cronograma de las obras, se procedió a reordenar los rubros de una manera distinta a la utilizada a efectos del presupuesto: se unificaron aquellos elementos cuya ejecución estaba comprendida en procedimientos comunes e inseparables o que, por su escasa incidencia, podían ser asimilados a otros componentes.

El plazo total para la ejecución de las actividades previas al inicio de las obras se estimó en unos 12 meses (dejando constancia que el mismo depende de las autoridades ambientales paraguayas y argentinas).

Por su parte, para cada uno de los escenarios considerados, el plazo asignado a las obras de dragado de apertura y/o de mantenimiento tuvo en cuenta los siguientes rendimientos (conforme a lo oportunamente establecido por COINHI, 2004):

- Dragado de Apertura:
 - Materiales arenosos ⇒ 600 a 750 m³/h ⇒ 9.600 a 12.000 m³/día
 - Materiales duros ⇒ 300 m³/h ⇒ 4.800 m³/día
 - Derrocamiento ⇒ 60 m³/h ⇒ 960 m³/día

- Dragado de Mantenimiento:⁸⁵
 - Materiales arenosos ⇒ 1.000 a 1.200 m³/h ⇒ 16.000 a 19.200 m³/día

En todos los casos se asumieron 16 hs efectivas de trabajo diario, 25 días de trabajo al mes y que las demoras por factores externos (clima, ajustes de proyecto, demora de proveedores, problemas laborales, etc.) tendrán una incidencia “moderada”.

Considerando las restricciones ambientales, fruto del Diagnóstico Ambiental Integrado realizado por COINHI (2004), se asumió que las obras de dragado en gran escala se deberían realizar en el período comprendido entre el 1° de Junio y el 31 de Octubre (es decir, durante 5 meses al año).

Con estos supuestos, se estimaron los plazos de ejecución correspondientes a cada obra (apertura y mantenimiento), a cada escenario (“de mínima” o “de máxima”) y cada tipo de material (arena o “duro”) determinándose el equipamiento necesario a efectos de cumplir con las obras en el plazo estipulado por las restricciones ambientales (**Tablas 7.4–1 y 7.4–2**).

⁸⁵ Para las obras de dragado de mantenimiento se consideró una productividad mayor que para las obras de dragado de apertura y ello toma en cuenta, principalmente, que el sedimento a ser removido durante las obras de dragado de apertura posee un tamaño de grano y un grado de consolidación mayor que el sedimento a ser dragado durante las obras de dragado de mantenimiento.

Tabla 7.4–1. Obras de dragado de apertura: Estimación de plazos por escenario y tipo de material

| Escenario | Tipo de material | Volumen a dragar (m ³) | Equipos de dragado | | Tiempo efectivo de dragado (meses) |
|-----------|------------------|------------------------------------|--|----------|------------------------------------|
| | | | Rendimiento mensual por equipo (m ³) | Cantidad | |
| de Mínima | Arenas | 2.154.262 | 270.000 | 2 | 4 |
| de Máxima | Arenas | 1.971.525 | 270.000 | 2 | 3,7 |
| | Duros | 298.044 | 120.000 | 1 | 2,5 |
| | Rocas | --- | 24.000 | --- | --- |

Nota: Se asumen actividades durante 16 hs diarias, 25 días al mes y 5 meses al año.1

Tabla 7.4–2. Obras de dragado de mantenimiento: Estimación de plazos por escenario

| Tipo de material | Escenario | Volumen (m ³) | Equipos de dragado | | Tiempo efectivo de dragado (meses) |
|------------------|-----------|---------------------------|--|---------------------|------------------------------------|
| | | | Rendimiento mensual por equipo (m ³) | Cantidad de equipos | |
| Arenas | de Mínima | 861.705 | 440.000 | 1 | 1,9 |
| | de Máxima | 907.827 | | | 2,0 |

- Los resultados indican que, a efectos de cumplir con las obras de dragado en el plazo estipulado por las restricciones ambientales, se necesitará:
 - Para las obras de dragado de apertura:
 - ⇒ Asumiendo el escenario “de mínima”: Dos (2) equipos asignados al dragado de materiales arenosos.
 - ⇒ Asumiendo el escenario “de máxima”: Tres (3) equipos: uno asignado al dragado de materiales duros y dos (2) asignados al dragado de materiales arenosos.
 - Para las obras de dragado de mantenimiento:
 - ⇒ Un único equipo (asignado a las obras de dragado de materiales arenosos).

7.5. Flujo Financiero

La **Tabla 7.5–1** presenta el calendario mensual de inversiones correspondiente a cada uno de los escenarios considerados; para su elaboración se estimaron los porcentajes de avance mensual por rubros del Cronograma y, con dichos porcentajes, se determinó el flujo mensual del costo de las obras.

Tabla 7.5–1. Obras para el mejoramiento del canal navegable “Pilcomayo – Formosa” del Río Paraguay: Calendario Mensual de Inversiones

ESCENARIO DE MÍNIMA - CRONOGRAMA DE INVERSIONES

En dólares USA de Setiembre de 2010

| | Mes 1 | Mes 2 | Mes 3 | Mes 4 | Mes 5 | Mes 6 | Mes 7 | Mes 8 | Mes 9 | Mes 10 | Mes 11 | Mes 12 | Mes 13 | Mes 14 | Mes 15 | Mes 16 | Mes 17 | Mes 18 | Mes 19 | Mes 20 |
|---|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Actividades previas al inicio de las obras | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Relevamiento batimétrico de detalle y estudios de suelos | 50.000 | 100.000 | 70.000 | | | | | | | | | | | | | | | | | 220.000 |
| Elaboración del Proyecto Ejecutivo | | 50.000 | 50.000 | 50.000 | 50.000 | | | | | | | | | | | | | | | 200.000 |
| Elaboración y presentación del EIA (Paraguay y Argentina) | | | 25.000 | 25.000 | 50.000 | 50.000 | | | | | | | | | | | | | | 150.000 |
| Seguimiento del EIA (Paraguay y Argentina) | | | | | | | | | 10.000 | 10.000 | 10.000 | 10.000 | | | | | | | | 40.000 |
| Obras Iniciales | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Movilización general. Mantenimiento e Instalación de Reglas | | | | | | | | | | | 150.000 | 105.000 | 150.000 | 150.000 | | | | | | 555.000 |
| Obras de Mejora de las Ayudas a la Navegación (Señales de Margen) | | | | | | | | | | | | | 15.700 | 15.700 | 15.700 | | | | | 47.100 |
| Implantación de zonas de amarre | | | | | | | | | | | | | 7.500 | 7.500 | | | | | | 15.000 |
| Remoción de cascos hundidos | | | | | | | | | | | | | 300.000 | 300.000 | 300.000 | 300.000 | | | | 1.200.000 |
| Implementación de las actividades relacionadas al Plan de Gestión Ambiental | | | | | | | | | | 25.000 | 24.500 | 24.500 | 24.500 | 24.500 | 24.500 | 24.500 | | | | 172.000 |
| Obras de Dragado | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dragado de materiales arenosos | | | | | | | | | | | | | | | 2.154.262 | 2.154.262 | 2.154.262 | 2.154.262 | | 8.617.048 |
| Dragado de materiales duros | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 |
| Derrocamientos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 |
| Obras de balizamiento del canal navegable | | | | | | | | | | | | | | | 10.000 | 56.600 | 56.600 | 56.600 | 56.600 | 236.400 |
| Implementación del Plan de Gestión Ambiental (actividades específicas): | | | | | | | | | | | | | | | 87.000 | 87.000 | 87.000 | 87.000 | | 348.000 |
| Total Mensual | 50.000 | 150.000 | 145.000 | 75.000 | 100.000 | 50.000 | 0 | 0 | 10.000 | 10.000 | 185.000 | 139.500 | 190.200 | 497.700 | 2.598.962 | 2.622.362 | 2.622.362 | 2.297.862 | 56.600 | 0 |
| Total Acumulado | 50.000 | 200.000 | 345.000 | 420.000 | 520.000 | 570.000 | 570.000 | 570.000 | 580.000 | 590.000 | 775.000 | 914.500 | 1.104.700 | 1.602.400 | 4.201.362 | 6.823.724 | 9.446.086 | 11.743.948 | 11.800.548 | 11.800.548 |

ESCENARIO DE MÍNIMA: FINALIZACION DE LAS ACTIVIDADES PARA EL DRAGADO DE APERTURA = MES 19 DESDE EL INICIO DE LA CONCESION (salvo períodos de veda ambiental)

NOTA: A PARTIR DEL MES 19 COMIENZA EL PERÍODO COMPLETO DE MANTENIMIENTO EN EL QUE SE INVERTIRÁN USD 3.400.000 ANUALES

ESCENARIO DE MAXIMA - CRONOGRAMA DE INVERSIONES

En dólares USA de Setiembre de 2010

| | Mes 1 | Mes 2 | Mes 3 | Mes 4 | Mes 5 | Mes 6 | Mes 7 | Mes 8 | Mes 9 | Mes 10 | Mes 11 | Mes 12 | Mes 13 | Mes 14 | Mes 15 | Mes 16 | Mes 17 | Mes 18 | Mes 19 | Mes 20 |
|---|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Actividades previas al inicio de las obras | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Relevamiento batimétrico de detalle y estudios de suelos | 50.000 | 100.000 | 70.000 | | | | | | | | | | | | | | | | | 220.000 |
| Elaboración del Proyecto Ejecutivo | | 50.000 | 50.000 | 75.000 | 75.000 | | | | | | | | | | | | | | | 250.000 |
| Elaboración y presentación del EIA (Paraguay y Argentina) | | | 50.000 | 50.000 | 50.000 | 50.000 | | | | | | | | | | | | | | 200.000 |
| Seguimiento del EIA (Paraguay y Argentina) | | | | | | | | | 10.000 | 10.000 | 10.000 | 10.000 | | | | | | | | 40.000 |
| Obras Iniciales | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Movilización general. Mantenimiento e Instalación de Reglas | | | | | | | | | | | 200.000 | 205.000 | 150.000 | 150.000 | | | | | | 705.000 |
| Obras de Mejora de las Ayudas a la Navegación (Señales de Margen) | | | | | | | | | | | | | 15.700 | 15.700 | 15.700 | | | | | 47.100 |
| Implantación de zonas de amarre | | | | | | | | | | | | | 7.500 | 7.500 | | | | | | 15.000 |
| Remoción de cascos hundidos | | | | | | | | | | | | | 300.000 | 300.000 | 300.000 | 300.000 | | | | 1.200.000 |
| Implementación de las actividades relacionadas al Plan de Gestión Ambiental | | | | | | | | | | 20.000 | 29.000 | 29.000 | 29.000 | 29.000 | 21.000 | 21.000 | | | | 178.000 |
| Obras de Dragado | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dragado de materiales arenosos | | | | | | | | | | | | | | | 1.971.525 | 1.971.525 | 1.971.525 | 1.971.525 | | 7.886.100 |
| Dragado de materiales duros | | | | | | | | | | | | | | | | 2.086.308 | 2.086.308 | | | 4.172.616 |
| Derrocamientos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 |
| Obras de balizamiento del canal navegable | | | | | | | | | | | | | | | 10.000 | 56.600 | 56.600 | 56.600 | 56.600 | 236.400 |
| Implementación del Plan de Gestión Ambiental (actividades específicas): | | | | | | | | | | | | | | | 87.000 | 87.000 | 87.000 | 87.000 | | 348.000 |
| Total Mensual | 50.000 | 150.000 | 170.000 | 125.000 | 125.000 | 50.000 | 0 | 0 | 10.000 | 10.000 | 230.000 | 244.000 | 194.700 | 502.200 | 2.420.725 | 4.522.433 | 4.522.433 | 2.115.125 | 56.600 | 0 |
| Total Acumulado | 50.000 | 200.000 | 370.000 | 495.000 | 620.000 | 670.000 | 670.000 | 670.000 | 680.000 | 690.000 | 920.000 | 1.164.000 | 1.358.700 | 1.860.900 | 4.281.625 | 8.804.058 | 13.326.491 | 15.441.616 | 15.498.216 | 15.498.216 |

ESCENARIO DE MAXIMA: FINALIZACION DE LAS ACTIVIDADES PARA EL DRAGADO DE APERTURA = MES 19 DESDE EL INICIO DE LA CONCESION (salvo períodos de veda ambiental)

NOTA: A PARTIR DEL MES 19 COMIENZA EL PERÍODO COMPLETO DE MANTENIMIENTO EN EL QUE SE INVERTIRÁN USD 3.563000 ANUALES