

RELATORIO DE IMPACTO AMBIENTAL (RIMA)

Ley N° 294/1993 "De Evaluación de Impacto Ambiental"

PROYECTO:

Adecuación del Brazo Liguria para la navegación, margen izquierda del río Paraguay en el Paso Bermejo

PROPONENTE:

LHG Navegación S.A.

UBICACIÓN:

Distrito de Pilar, en el Departamento de Ñeembucú

EQUIPO CONSULTOR:

CONSULTORA AMBIENTAL DEL PARAGUAY
SOCIEDAD ANÓNIMA (CAPY S.A.)
Reg. CTCA E-173

Mayo 2026
Versión 00

TABLA DE CONTENIDO

1	PRESENTACIÓN	13
1.1	NOMBRE DEL PROYECTO	15
1.2	EMPRESA RESPONSABLE	15
1.3	CONSULTOR AMBIENTAL.....	15
1.4	OBJETIVOS DE LA CONSULTORÍA AMBIENTAL.....	16
1.5	ORGANIZACIÓN DEL ESTUDIO.....	16
2	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	18
2.1	ANTECEDENTES	18
2.2	DISEÑO DEL CANAL	18
2.2.1	<i>Hidrometría y nivel de referencia.....</i>	<i>18</i>
2.2.2	<i>Dimensiones de las embarcaciones.....</i>	<i>19</i>
2.2.3	<i>Dimensiones del canal y traza final.....</i>	<i>20</i>
2.2.4	<i>Volumen de dragado y excavación del canal.....</i>	<i>21</i>
2.3	OBRAS DE DISPOSICIÓN FINAL DEL MATERIAL	21
2.4	SITUACIÓN CATASTRAL.....	23
2.5	METODOLOGÍA Y TECNOLOGÍA	26
2.5.1	<i>Metodología.....</i>	<i>26</i>
2.5.2	<i>Maquinaria y equipos</i>	<i>26</i>
2.6	ZONAS DE AMARRE	28
2.7	SEÑALIZACIÓN.....	29
2.7.1	<i>Alternativas de Señalización Física</i>	<i>30</i>
2.7.2	<i>Tecnología de señalización</i>	<i>31</i>
2.7.3	<i>Ubicación</i>	<i>31</i>
2.8	SIMULACIÓN DE LA NAVEGACIÓN	32
2.9	CÓMPUTO	32
2.10	COSTOS ESTIMADOS.....	32
2.11	PLAZOS ESTIMADOS.....	33
3	MARCO INSTITUCIONAL.....	34
3.1	TRATADO DE LA CUENCA DEL PLATA Y ACUERDOS DE LA HIDROVÍA PARAGUAY – PARANÁ.....	34
3.2	MARCO INSTITUCIONAL	37
3.2.1	<i>Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADES).....</i>	<i>37</i>
3.2.2	<i>Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MOPC).....</i>	<i>38</i>
3.2.3	<i>Ministerio de Industria y Comercio (MIC)</i>	<i>38</i>
3.2.4	<i>Dirección General de Marina Mercante (DGMM) – MOPC.....</i>	<i>38</i>
3.2.5	<i>Prefectura General Naval.....</i>	<i>38</i>
3.2.6	<i>Administración Nacional de Navegación y Puertos (ANNP).....</i>	<i>39</i>
3.2.7	<i>Armada Nacional</i>	<i>39</i>
3.2.8	<i>Instituto Geográfico Militar (IGM).....</i>	<i>39</i>
3.2.9	<i>Comisión del Acuerdo de la Hidrovía (CIH).....</i>	<i>39</i>
3.2.10	<i>Asociación Latinoamericana de Integración (ALADI).....</i>	<i>40</i>
3.2.11	<i>Centro de Armadores Fluviales y Marítimos – CAFyM</i>	<i>40</i>
3.2.12	<i>Empresas de Dragado y Balizamiento (Privadas).....</i>	<i>40</i>

3.2.13	Armadores y Navieras (Privados).....	41
3.2.14	Cámaras logísticas y de exportadores (Privado).....	41
3.2.15	Cámara Paraguay de Terminales y Puertos privados.....	41
3.2.16	Prácticos y empresas de pilotaje.....	41
4	ÁREA DE INFLUENCIA	43
4.1	ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA (AID).....	43
4.2	ÁREA DE INFLUENCIA INDIRECTA (AII).....	44
5	CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL Y SOCIAL	46
5.1	CARACTERIZACIÓN GEOGRÁFICA.....	46
5.1.1	La cuenca del río Paraguay.....	46
5.1.2	La cuenca del río Bermejo.....	48
5.1.3	Hidro vía Paraguay – Paraná (HPP).....	52
5.2	CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO FÍSICO.....	54
5.2.1	Clima.....	54
5.2.2	Geología de la zona de estudio.....	55
5.2.3	Geomorfología.....	60
5.2.4	Tipo de suelos y uso de suelo.....	62
5.3	CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL Y SEDIMENTOS.....	64
5.3.1	Marco normativo.....	65
5.3.2	Metodología de muestreo el análisis de agua superficial.....	66
5.3.3	Resultados in situ para la matriz agua superficial.....	67
5.3.4	Resultados de laboratorio de agua superficial.....	68
5.3.5	Interpretación de resultados de muestreo de aguas superficiales.....	70
5.3.6	Metodología de muestreo de sedimentos.....	71
5.3.7	Resultados de laboratorio de sedimentos.....	73
5.3.8	Interpretación de resultados de muestreos de sedimentos.....	74
5.4	ELABORACIÓN DEL MODELO HIDRODINÁMICO.....	77
5.4.1	Construcción de la grilla.....	79
5.4.2	Rugosidad del cauce.....	82
5.4.3	Otros parámetros adoptados.....	83
5.4.4	Condiciones de borde aguas arriba.....	84
5.4.5	Condiciones de borde aguas abajo.....	87
5.4.6	Batimetría del modelo.....	88
5.4.7	Calibración hidrodinámica.....	90
5.4.8	Condiciones de borde para la calibración.....	92
5.4.9	Estadísticas de bondad de ajuste.....	92
5.4.10	Resultados de la calibración hidrodinámica.....	93
5.4.11	Conclusiones de la calibración hidrodinámica.....	96
5.4.12	Validación hidrodinámica.....	98
5.4.13	Condiciones de borde para escenarios hidrodinámicos.....	101
5.5	MODELACIÓN SEDIMENTOLÓGICA.....	101
5.5.1	Caracterización del sedimento.....	102
5.5.2	Condiciones de borde.....	105
5.5.3	Paso de tiempo.....	105

5.6	CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO BIOLÓGICO	106
5.6.1	Ecorregión del Bajo Paraguay y Chaco Húmedo	106
5.6.2	Áreas Silvestres Protegidas.....	109
5.6.3	Humedales.....	111
5.6.4	Sitios RAMSAR	111
5.6.5	Paisajes en la zona de estudio	113
5.6.6	Áreas de importancia para la conservación de aves	115
5.7	LÍNEA DE BASE DE BIODIVERSIDAD	116
5.7.1	Objetivo del estudio.....	116
5.7.2	Contexto geográfico.....	116
5.7.3	Metodología de muestreo	116
5.7.4	Unidades de muestreo	118
5.7.5	Caracterización florística.....	118
5.7.6	Caracterización de macroinvertebrados.....	123
5.7.7	Caracterización faunística.....	124
5.8	CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO SOCIAL	138
5.8.1	Contexto territorial.....	138
5.8.2	Metodología para el levantamiento de datos.....	141
5.9	LÍNEA DE BASE SOCIAL	144
5.9.1	Identificación y organización social	144
5.9.2	Caracterización socioeconómica y percepción ambiental de la población encuestada	146
5.9.3	Percepción social y comunicación institucional	147
5.9.4	Percepción ambiental y sanitaria	148
5.9.5	Partes interesadas (mapa de actores).....	149
5.9.6	Consideraciones generales	151
5.10	CARACTERIZACIÓN DEL PATRIMONIO.....	153
6	ANÁLISIS DE POTENCIALES IMPACTOS	155
6.1	FACTORES AMBIENTALES	155
6.1.1	Medio físico	155
6.1.2	Medio biológico.....	156
6.1.3	Medio socioeconómico y cultural.....	156
6.2	PRINCIPALES ACTIVIDADES POTENCIALES DE CAUSAR IMPACTOS	158
6.3	IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS DE LA SITUACIÓN ACTUAL	161
6.3.1	Riesgos a la navegación	161
6.3.2	Disminución de cargas	162
6.3.3	Fraccionamiento y demoras.....	162
6.4	PASIVOS Y ACTIVOS AMBIENTALES	162
6.5	POTENCIALES IMPACTOS DURANTE LA OBRA	163
6.5.1	Impactos a la calidad del agua y los sedimentos	163
6.5.2	Impactos sobre la biodiversidad.....	166
6.5.3	Impactos y riesgos sociales	167
6.6	IDENTIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS EN LA OPERACIÓN.....	171
6.6.1	Análisis hidrodinámicos y morfodinámicos	171
6.7	VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS	172

6.7.1	Definición de naturaleza, magnitud e importancia.....	172
6.7.2	Resultados de la valoración de impactos	173
7	PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y SOCIAL (PGAS)	181
7.1	RESPONSABLES DE LA APLICACIÓN DEL PGAS	182
7.2	RESUMEN DE LOS PROGRAMAS.....	182
7.3	PROGRAMA GENERAL DEL CONTRATISTA DURANTE LA OBRA	185
7.4	PROGRAMA DE MONITOREO DEL MEDIO FÍSICO	186
7.4.1	Sub-Programa de Monitoreo hidráulico y morfodinámico	186
7.4.2	Sub-Programa de Actualización y retroalimentación del Modelo morfodinámico (Delft3D) 187	
7.4.3	Sub-Programa de Calidad de agua y sedimentos	189
7.5	PROGRAMA DE MONITOREO DE BIODIVERSIDAD	190
7.5.1	Objetivo.....	191
7.5.2	Justificación Técnica.....	191
7.5.3	Metodología de trabajo	191
7.5.4	Sitios de observación y muestreo	194
7.5.5	Cronograma de monitoreo de biodiversidad	194
7.5.6	Costo estimativo	195
7.6	PROGRAMA DE GESTIÓN SOCIAL Y CULTURAL	195
7.6.1	Sub-Programa de adquisición de terrenos y bienes afectados	196
7.6.2	Sub-Programa de comunicación.....	200
7.6.3	Sub-Programa de atención a consultas, quejas y reclamos	205
7.6.4	Sub-Programa de apoyo a pescadores	207
7.6.5	Sub-Programa de capacitación a trabajadores y obreros.....	209
7.6.6	Sub-Programa de hallazgos fortuitos del patrimonio cultural.....	210
7.7	PROGRAMA DE ADQUISICIÓN DE CERTIFICADOS DE SERVICIOS AMBIENTALES.....	217
7.7.1	Objetivo.....	217
7.7.2	Alcance.....	217
7.7.3	Medida de gestión.....	217
7.7.4	Cronograma.....	218
7.7.5	Responsable.....	218
7.7.6	Costo estimativo.....	218
8	CONCLUSIONES	219
8.1	CONCLUSIONES DEL ÁREA HIDRODINÁMICA Y MORFODINÁMICA	219
8.2	CONCLUSIONES DE CALIDAD DE AGUA Y SEDIMENTOS.....	219
8.3	CONCLUSIONES DEL ÁREA BIODIVERSIDAD.....	220
8.4	CONCLUSIONES DEL ÁREA SOCIAL	222
9	BIBLIOGRAFÍA.....	223

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. DIMENSIONES DEL TIPO DE BARCAZA	19
TABLA 2. RELACIÓN ENTRE EL CALADO Y LA CARGA ÚTIL SEGÚN EL TIPO DE BARCAZA	19
TABLA 3. DISEÑO DE LA ADECUACIÓN DEL BRAZO LIGURIA EN UN CANAL NAVEGABLE (SERMAN & ASOCIADOS)	21
TABLA 4. CARACTERÍSTICAS DE LOS RECINTOS DE DISPOSICIÓN DE MATERIAL	22
TABLA 5. INMUEBLES Y PADRONES EN EL ÁREA DE INTERÉS	23
TABLA 6. TRAMOS-ÁREAS DE MUESTREO, IDENTIFICADOS COMO PUNTOS	64
TABLA 7. RESULTADOS IN SITU	67
TABLA 8. RESULTADOS LABORATORIALES PARA LA MATRIZ DE AGUAS SUPERFICIALES	69
TABLA 9. RESULTADOS DE LABORATORIO DE LOS PARÁMETROS EN SEDIMENTOS	73
TABLA 10. NIVELES CONSIDERADOS POR LA RESOLUCIÓN OPDS N°263/2019-REP. ARG.	76
TABLA 11. REFERENCIA DE LA FIGURA 31.	79
TABLA 12. CARACTERÍSTICAS DEL DOMINIO DEL MODELO	80
TABLA 13. CARACTERÍSTICAS DE LA GRILLA	81
TABLA 14. DISTANCIAS DE PROPAGACIÓN Y ESTACIONES DE REFERENCIA SELECCIONADAS	84
TABLA 15. ESCENARIOS HIDRODINÁMICOS CON SUS RESPECTIVOS CAUDALES (NO TRANSITADOS)	87
TABLA 16. DATOS DE MEDICIÓN EN CAMPO PARA LAS SECCIONES 11 Y 12	92
TABLA 17. MÉTRICAS DE DESEMPEÑO (MAE, RMSE, KGE) DE LA SECCIÓN 1B	94
TABLA 18. MÉTRICAS DE DESEMPEÑO (MAE, RMSE, KGE) DE LA SECCIÓN 2A	95
TABLA 19. MÉTRICAS DE DESEMPEÑO (MAE, RMSE, KGE) DE LA SECCIÓN 11A	96
TABLA 20. MÉTRICAS DE DESEMPEÑO ESTADÍSTICO PARA LA FASE DE VALIDACIÓN HIDRODINÁMICA (N=0.025)	100
TABLA 21. RESULTADOS DE CAUDALES TRANSITADOS MEDIANTE MODELACIÓN EN SSA	101
TABLA 22. LISTADO ESTRATO ARBÓREO	120
TABLA 23. MACROINVERTEBRADOS REGISTRADOS	123
TABLA 24. ESPECIES ENCONTRADAS EN LA ZONA DE ESTUDIO Y ALREDEDORES	125
TABLA 25. ESPECIES CATEGORIZADAS ENCONTRADAS EN LA ZONA DE ESTUDIO	127
TABLA 26. ESPECIES MIGRADORAS EN LA ZONA DE ESTUDIO EN EL RIO PARAGUAY	129
TABLA 27. ESPECIES COMERCIALES EN LA ZONA DE ESTUDIO	130
TABLA 28. LISTADO DE AVES	136
TABLA 29. DEPARTAMENTO DE ÑEEMBUCÚ. POBLACIÓN POR DISTRITO 2022 – 2025	139
TABLA 30. MAPA DE ACTORES IDENTIFICADOS	150
TABLA 31. FACTORES DEL MEDIO FÍSICO CONSIDERADOS	155
TABLA 32. FACTORES DEL MEDIO BIOLÓGICO CONSIDERADOS	156
TABLA 33. FACTORES DEL MEDIO SOCIOECONÓMICO CONSIDERADOS	157
TABLA 34. PASIVOS Y ACTIVOS AMBIENTALES	162
TABLA 35. ESCALA DE IMPACTO/PROBABILIDAD VS RIESGO	163
TABLA 36. MATRIZ DE RIESGOS AMBIENTALES SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA Y SEDIMENTOS EN LAS DISTINTAS ETAPAS DE PROYECTO	164
TABLA 37. MATRIZ DE RIESGOS PARA LA EMPRESA BASADA EN LOS RESULTADOS	166
TABLA 38. IMPACTOS SOCIOECONÓMICOS IDENTIFICADOS	168
TABLA 39. CRITERIOS DE VALORACIÓN DE IMPACTOS	172
TABLA 40. VALORACIÓN DE IMPACTOS EN LA SITUACIÓN ACTUAL – PASIVOS AMBIENTALES Y SOCIOECONÓMICOS	173
TABLA 41. VALORACIÓN DE IMPACTOS DURANTE LA OBRA	175
TABLA 42. VALORACIÓN DE IMPACTOS DURANTE LA OBRA	177
TABLA 43. COMPARACIÓN DE LAS TRES ETAPAS ANALIZADAS	179
TABLA 44. RESUMEN DE IMPACTOS POR ETAPA	180
TABLA 45. RESUMEN DE PROGRAMAS	182
TABLA 46. REFERENCIA D ELLOS PROGRAMAS DEL CONTRATISTA	185

TABLA 47. CRONOGRAMA Y PRESUPUESTO DE LOS ESTUDIOS HIDRODINÁMICOS Y MORFODINÁMICOS	188
TABLA 48. CRONOGRAMA DE MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA Y SEDIMENTOS.....	189
TABLA 49. PRESUPUESTO DE MONITOREO POR CAMPAÑA	190
TABLA 50. PRESUPUESTO DE MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA Y SEDIMENTOS	190
TABLA 51. MONITOREO DE BIODIVERSIDAD PRIMER AÑO	194
TABLA 52. MONITOREO DE BIODIVERSIDAD TERCER AÑO	195
TABLA 53. PRESUPUESTO DE MONITOREO DE BIODIVERSIDAD	195
TABLA 54. CRONOGRAMA DEL PROGRAMA.....	198
TABLA 55. CRONOGRAMA DEL PROGRAMA DE COMUNICACIÓN	204
TABLA 56. CRONOGRAMA DEL PROGRAMA DE ATENCIÓN A CONSULTAS, QUEJAS Y RECLAMOS	206
TABLA 57. INDICADORES DE CONSULTAS, QUEJAS Y RECLAMOS Y DE SATISFACCIÓN COMUNITARIA	207
TABLA 58. CUANTIFICACIÓN DE COSTOS DEL PROGRAMA DE APOYO A PESADORES	209
TABLA 59. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DEL PROGRAMA DE CAPACITACIÓN	210
TABLA 60. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DEL PROGRAMA.....	218

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. EMBARCACIONES AMARRADAS EN EL PASO BERMEJO	13
FIGURA 2. CONVOYES FRACCIONAN LAS BARCAZAS PARA FRANQUEAR EL RÍO EN EL PASO BERMEJO	14
FIGURA 3. TRAZA FINAL DEL CANAL DE NAVEGACIÓN EN EL BRAZO LIGURIA (SERMAN & ASOCIADOS S.A., 11/2025, REV. B.).....	20
FIGURA 4. DIAGRAMA DE REFULADO O FORMA DE RELLENO DE LOS MATERIALES DE DRAGADO	22
FIGURA 5. UBICACIÓN DE LAS ZONAS DE DISPOSICIÓN DE MATERIAL (SERMAN & ASOCIADOS S.A., 11/2025, REV. B.)..	23
FIGURA 6. PADRONES CATASTRALES EN EL ÁREA DE INTERÉS (SERMAN & ASOCIADOS S.A., 04/2026, REV. B.)...	24
FIGURA 7. DIAGRAMA DE UN DRAGA DE SUCCIÓN CON CORTADOR O CSD.....	27
FIGURA 8. ESQUEMA DE UNA DRAGA DE SUCCIÓN CON TOLVA - TSHD	28
FIGURA 9. UBICACIÓN DE LAS ZONAS DE AMARRE EN RECTÁNGULO ROJO CON RELLENO AMARILLO (SERMAN & ASOCIADOS S.A., 11/2025, REV. B.).....	29
FIGURA 10. LÍNEA DE TIEMPO DESCRIPTIVA DEL TRATADO DE LA CUENCA DEL PLATA Y LOS ACUERDOS DE LA HIDROVÍA PARAGUAY-PARANÁ	34
FIGURA 11. LAS GRANDES REGIONES DEL PARAGUAY	43
FIGURA 12. ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA: EL BRAZO LIGURIA Y LA ISLA YBYCUÍ.....	44
FIGURA 13. MAPA DE INFLUENCIA INDIRECTA 1.000 M DEL POLÍGONO DE ZONA DE INTERVENCIÓN DIRECTA	45
FIGURA 14. MAPA DE LA CUENCA DEL PLATA EN SUDAMÉRICA Y EL PASO BERMEJO	46
FIGURA 15. MAPA DE LA CUENCA ALTA Y BAJA DEL RÍO DE PARAGUAY	48
FIGURA 16. CUENCA EL RÍO BERMEJO	49
FIGURA 17. CRÍTICA SITUACIÓN EN EL PASO BERMEJO	51
FIGURA 18. NECESIDAD DE DRAGADO EN PASO BERMEJO.....	52
FIGURA 19. HIDROVÍA PARAGUAY PARANÁ (HPP)	53
FIGURA 20. TEMPERATURA MEDIA MENSUAL, MÁXIMA EXTREMA Y MÍNIMA EXTREMA EN PILAR, EN EL AÑO 2024	55
FIGURA 21. PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL EN PILAR, EN EL AÑO 2024.....	55
FIGURA 22. TRANSGRESIÓN MARINA EN SUDAMÉRICA Y FORMACIONES SEDIMENTARIAS	56
FIGURA 23. MAPA GEOLÓGICO DEL PARAGUAY Y COLUMNA ESTRATIGRÁFICA. FUENTE: VICEMINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA DEL MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y COMUNICACIONES (MOPC)	57
FIGURA 24. MAPA GEOLÓGICO DEL DEPARTAMENTO DE ÑEEMBUCÚ	57
FIGURA 25. ACERCAMIENTO DE LA HOJA GEOLÓGICA SG-21 ESCALA 1.000.000 ASUNCIÓN.....	58
FIGURA 26. BOSQUEJO GEOLÓGICO DE LOS ESTEROS DE ÑEEMBUCÚ	60
FIGURA 27. ABANICOS ALUVIALES DEL CHACO	61
FIGURA 28. MAPA DE TAXONOMÍA DE SUELOS EN LA ZONA	62
FIGURA 29. CLASIFICACIÓN DE USO DE SUELO EN LA ZONA DEL PROYECTO	63
FIGURA 30. MAPA DE TRAMOS-ÁREAS DE MUESTREO	64
FIGURA 31. CUADRÍCULA ESCALONADA DE DELFT3D-FLOW (DELTARES, 2017).....	79
FIGURA 32. CUADRÍCULA ESCALONADA, VISTA 3D (IZQUIERDA) Y VISTA SUPERIOR (DERECHA).....	80
FIGURA 33. GRILLA DESARROLLADA PARA EL MODELO HIDRODINÁMICO/MORFODINÁMICO.....	81
FIGURA 34. MAPA DE RUGOSIDADES EN LA PLANICIE DE INUNDACIÓN	82
FIGURA 35. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD AL PASO DE TIEMPO EN CONDICIONES DE ESTADO ESTACIONARIO EN UN PUNTO..	83
FIGURA 36. ESQUEMA DE DISTANCIAS DESDE ESTACIONES HIDROLÓGICAS DE REFERENCIA HASTA EL DOMINIO DEL MODELO	84
FIGURA 37. CURVA DE DURACIÓN DE CAUDALES - ESTACIÓN EL COLORADO (RÍO BERMEJO).....	85
FIGURA 38. HIDROGRAMA ANUAL - ESTACIÓN EL COLORADO (RÍO BERMEJO).....	85
FIGURA 39. CURVA DE DURACIÓN DE CAUDALES - ESTACIÓN FORMOSA (RÍO PARAGUAY)	86
FIGURA 40. HIDROGRAMA ANUAL - ESTACIÓN FORMOSA (RÍO PARAGUAY).....	86
FIGURA 41. HIDROGRAMAS ANUALES (FORMOSA EN ROJO, EL COLORADO EN AZUL)	87
FIGURA 42. DATOS UTILIZADOS (ARRIBA) Y BATIMETRÍA EN EL MODELO DELFT3D (ABAJO).....	89

FIGURA 43. VISIÓN GENERAL DE LAS SECCIONES EN LA ZONA DE ESTUDIO	90
FIGURA 44. COMPARATIVA DE PROFUNDIDAD EN LA SECCIÓN SECCION1A	91
FIGURA 45. COMPARATIVA DE PROFUNDIDAD EN LA SECCIÓN SECCION2A	91
FIGURA 46. VELOCIDADES SIMULADAS VS OBSERVADA DE LA SECCIÓN 1B	94
FIGURA 47. VELOCIDADES SIMULADAS VS OBSERVADA DE LA SECCIÓN 2ª	95
FIGURA 48. VELOCIDADES SIMULADAS VS OBSERVADA DE LA SECCIÓN 11ª	96
FIGURA 49. IDENTIFICACIÓN DE ZONAS SIN DATOS BATIMÉTRICOS SUFICIENTES	97
FIGURA 50. UBICACIÓN ESPACIAL DE LAS TRAYECTORIAS DE MEDICIÓN Y SECCIONES TRANSVERSALES – PRIMERA VS SEGUNDA CAMPAÑA BOCK	98
FIGURA 51. PERFIL DE VELOCIDADES MEDIDO VS. SIMULADO (N=0,025) EN LA SECCIÓN 1A	99
FIGURA 52. PERFIL DE VELOCIDADES MEDIDO VS. SIMULADO (N=0,025) EN LA SECCIÓN 13A.	99
FIGURA 53. PERFILES DE VELOCIDADES MEDIDO VS. SIMULADO (N=0,025) EN LA SECCIÓN 0A	100
FIGURA 54. LOCALIZACIÓN DE MUESTRAS DE SEDIMENTOS DE FONDO (SERMAN&ASOCIADOS, JULIO DE 2025)	102
FIGURA 55. DISTRIBUCIONES GRANULOMÉTRICAS DE MATERIAL DE FONDO (SERMAN&ASOCIADOS, JULIO DE 2025) ...	103
FIGURA 56. UBICACIÓN DE LOS SONDEOS REALIZADOS EN ALREDORES DE LA CONFLUENCIA DE LOS RÍOS PARAGUAY Y BERMEJO (LOGOS SRL – INGENIERÍA Y CONSULTORÍA) SOBRE IMAGEN GOOGLE EARTH	104
FIGURA 57. ECORREGIONES DEL PARAGUAY SEGÚN LA RESOLUCIÓN 614/2013	106
FIGURA 58. MAPA DE LAS ZONAS IMPORTANTES PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS AVES, IBAS, A NIVEL NACIONAL	108
FIGURA 59. MAPA DE LAS ZONAS IMPORTANTES PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS AVES, IBAS, CON RELACIÓN AL PROYECTO	108
FIGURA 60. ÁREAS SILVESTRES PROTEGIDAS A ESCALA NACIONAL	110
FIGURA 61. ÁREAS SILVESTRES PROTEGIDAS EN LA ZONA DEL PROYECTO.....	110
FIGURA 62. HUMEDALES DEL PARAGUAY, BURGOS, 2003 (SEAM, 2016)	111
FIGURA 63. SITIOS RAMSAR EN PARAGUAY	112
FIGURA 64. SITIOS RAMSAR CON RELACIÓN A LA ZONA DEL PROYECTO.....	113
FIGURA 65. ESTRATO FORESTAL DEL PARAGUAY COMO REFERENCIA	114
FIGURA 66. ÁREAS IMPORTANTES PARA LA CONSERVACIÓN DE AVES EN PARAGUAY	115
FIGURA 67. ÁREAS IMPORTANTES PARA LA CONSERVACIÓN DE AVES EN LA ZONA DEL PROYECTO	115
FIGURA 68. SITIOS DE MONITOREO DE BIODIVERSIDAD	118
FIGURA 69. ESTRATO ARBÓREO	122
FIGURA 70. ESTRATO HERBÁCEO Y VEGETACIÓN ACUÁTICA	122
FIGURA 71. PIMELODIDAE SORUBIM LIMA (PICO DE PATO)	126
FIGURA 72. ZUNGARO JAHU, ESPECIE COLECTADA EN EL RIO PARAGUAY EN ZONA BERMEJO POR LOS PESCADORES QUE HABITAN LA ISLA	128
FIGURA 73. PROCHILODUS LINEATUS – CARIMBATA	130
FIGURA 74. LARVAS.....	131
FIGURA 75. CASCARAS DE HUEVOS	131
FIGURA 76. MONITOREO DE BIODIVERSIDAD	133
FIGURA 77. AMAZONETTA BRASILIENSIS, PHAETUSA SIMPLEX (BANCO DE ARENA RIO PARAGUAY)	134
FIGURA 78. NANNOPTERUM BRASILIANUM (BANCO DE ARENA).....	135
FIGURA 79. EGRETta THULA, VANELLUS CHILENSIS (ZONA CANAL DE DESAGUE Aº ÑEEMBUCU)	135
FIGURA 80. CHARADRIUS COLLARIS.....	135
FIGURA 81. PAROARIA CAPITATA	135
FIGURA 82. RYNCHOPS NIGER, STERNULA SUPERCILIARIS, PLATALEA AJAJA.....	136
FIGURA 83. COMUNIDADES INDÍGENAS A ESCALA NACIONAL	140
FIGURA 84. RESULTADO: PARA EL 100 % LA PESCA REPRESENTA SU PRINCIPAL FUENTE DE INGRESOS	141
FIGURA 85. ENTREVISTA A PESCADORES EN LA ZONA DE INFLUENCIA	143
FIGURA 86. REUNIÓN CON PESCADORES	144

FIGURA 87. REUNIÓN Y ENTREVISTA CON REPRESENTANTES DE LAS TRES ORGANIZACIONES DE PESCADORES DE PILAR .	145
FIGURA 88. REUNIÓN Y ENTREVISTA CON REPRESENTANTES DE LAS TRES ORGANIZACIONES DE PESCADORES DE PILAR.	145
FIGURA 89. CASAS IMPROVISADAS DE LOS PESCADORES DE LA ISLA YBYCUÍ	146
FIGURA 90. NIVEL DE ESCOLARIDAD DE LA POBLACIÓN ENCUESTADA.....	147
FIGURA 91. PERCEPCIÓN SOCIAL DE COMUNICACIÓN INSTITUCIONAL	148
FIGURA 92. PERCEPCIÓN AMBIENTAL Y SANITARIA	148
FIGURA 93. RESUMEN DE IMPACTOS POR ETAPA	180

ACRÓNIMOS

AIS	Sistema de Identificación Automática
ALADI	Asociación Latinoamericana de Integración
ANNP	Administración Nacional de Navegación y Puertos
AtoN	Ayudas a la Navegación
CAFYM	Centro De Armadores Fluviales y Marítimos
CATERPPA	Cámara Paraguaya de Terminales y Puertos Privados
CIC	Comisión Intergubernamental de la Cuenca del Plata
CIH	Comisión Intergubernamental de la Hidrovía
CONACYT	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
CSD	Draga de Succión con Cortados (por sus siglas en inglés <i>Cutter Suction Dredger</i>)
DEM	Modelo digital de elevación (por sus siglas en inglés <i>Digital Elevation Model</i>)
DINAC	Dirección Nacional de Aeronáutica Civil
DGMM	Dirección General de Marina Mercante
DMH	Dirección de Meteorología e Hidrología
EIAp	Estudio de Impacto Ambiental preliminar
HPP	Hidrovía Paraná – Paraguay
INDERT	Instituto Nacional de Desarrollo Rural y de la Tierra
MADES	Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible
MDT	Modelo Digital del Terreno
MIC	Ministerio de industria y Comercio
MOPC	Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones
MRE	Ministerio de Relaciones Exteriores
OMI	Organización Marítima Internacional
OIT	Organización Internacional del Trabajo
OPDS	Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible
PE	Proyecto Ejecutivo
PIB	Producto Interno Bruto
PGN	Prefectura General Naval
PND	Plan Nacional de Desarrollo
SEAM	Secretaría del Ambiente
SENATUR	Secretaría Nacional de Turismo
SNC	Secretaría Nacional de Cultura
SNHI	Sistema Nacional de información Hídrica, de Argentina
SOLAS	Medidas de Seguridad en el mar (por sus siglas en inglés <i>Safety of Life at Sea</i>)
S&A	Serman y Asociados S.A.
TIN	Red irregular triangulada (por sus siglas en inglés <i>Triangulated Irregular Network</i>)
TSHD	Draga de Succión con Tolva (por sus siglas en inglés <i>Trailing Suction Hopper Dredger</i>)
IPS	Instituto de Previsión Social

RESPONSABLES Y ESPECIALIDAD

CAPY S.A. Consultora Ambiental del Paraguay

Consultora Ambiental

Ing. Sofía Ayala

Equipo técnico

Saul Jara Rotela, Coordinador general

Claudia Sánchez, Co-Cordinadora

Fanny Villalba, Biodiversidad

Susana Vire, Biodiversidad

Víctor Genes, Coordinador Social

Juan Manuel Paredes, Social

Esteban Acosta, Asistente Social

Enrique Bragayrac, Patrimonio Cultural

Fernando Morán, Sistemas de Información Geográfica

Mirla Conteiro, Especialista en calidad de agua y sedimentos

Consultoras y estudios de referencia

HYDROBOCK; Hidrometría

LOGOS, Ingeniería y Consultoría; Estudios de suelos

Serman & Asociados S.A. Factibilidad y Proyecto Ejecutivo

Raúl Cáceres, Director

Patricia Jaime, Coordinadora Hidráulica

Se señala que, los ítems 5.5 y 6.6.2. del EIAP fueron ajustados y corregidos por Serman & Asociados S.A.

RELATORIO DE IMPACTO AMBIENTAL (RIMA)

1 PRESENTACIÓN

El río Paraguay es la principal arteria de la navegación para el país; nace en Mato Grosso, Brasil y recorre desde Corumbá, al norte, hasta la confluencia con el río Paraná al sur; presenta una complejidad en la navegación por el régimen hidrológico y por algunos sitios denominados “pasos críticos” que son aquellos tramos donde la navegación presenta dificultades.

El objetivo de este proyecto es proponer una alternativa para mejorar la navegación en el Paso Bermejo, cuya complejidad de navegación está marcada por la gran cantidad de sedimentos que aporta el río homónimo y por el régimen hidrológico que difiere del río Paraguay.

Para ello se propone el Acondicionamiento del brazo secundario del Río Paraguay, el brazo Liguria en un canal navegable, en el Paso Bermejo del río Paraguay; ubicado entre las progresivas de los km 1.320 y km 1.326, de la Hidrovía Paraguay-Paraná (HPP), equivalente a las progresivas entre los km 80 a km 86 del río Paraguay (desde la confluencia con el río Paraná). El brazo Liguria está ubicado en la margen izquierda del río Paraguay (km 1.326), aguas abajo de la ciudad de Pilar (1.329), a escasos 3 km del extremo sur de la ciudad, capital del departamento de Ñeembucú.



Figura 1. Embarcaciones amarradas en el paso Bermejo
(Foto: paraguayfluvial.com, citado por Última Hora)¹

¹ <https://www.ultimahora.com/embarcaciones-varadas-paso-bermejo-critica-situacion-del-rio-paraguay-n2990352>

El río Bermejo, afluente del río Paraguay, transporta enormes cantidades de sedimentos finos y gruesos, debido a las características geológicas y a la dinámica meteorológica de la cuenca. El aporte excepcional de material sólido al eje potámico de los ríos Paraguay-Paraná genera impactos ambientales, geomorfológicos y a la navegación (OEA, 2010).

Los principales problemas de navegación se reflejan en dificultades operativas y sobrecostos:

- Riesgos para las personas y el ambiente por las dificultades en la navegación segura.
- Mayores tiempos de navegación: necesidad de fraccionar, espera en amarraderos, cruces diurnos, mediciones de sondeo.
- Menor volumen de carga, debido a restricciones de calado óptimo.
- Limitaciones del calado máximo y de las dimensiones del convoy impuestas por las autoridades.
- Disminuye y se altera la dinámica socioeconómica a nivel local, nacional y regional.

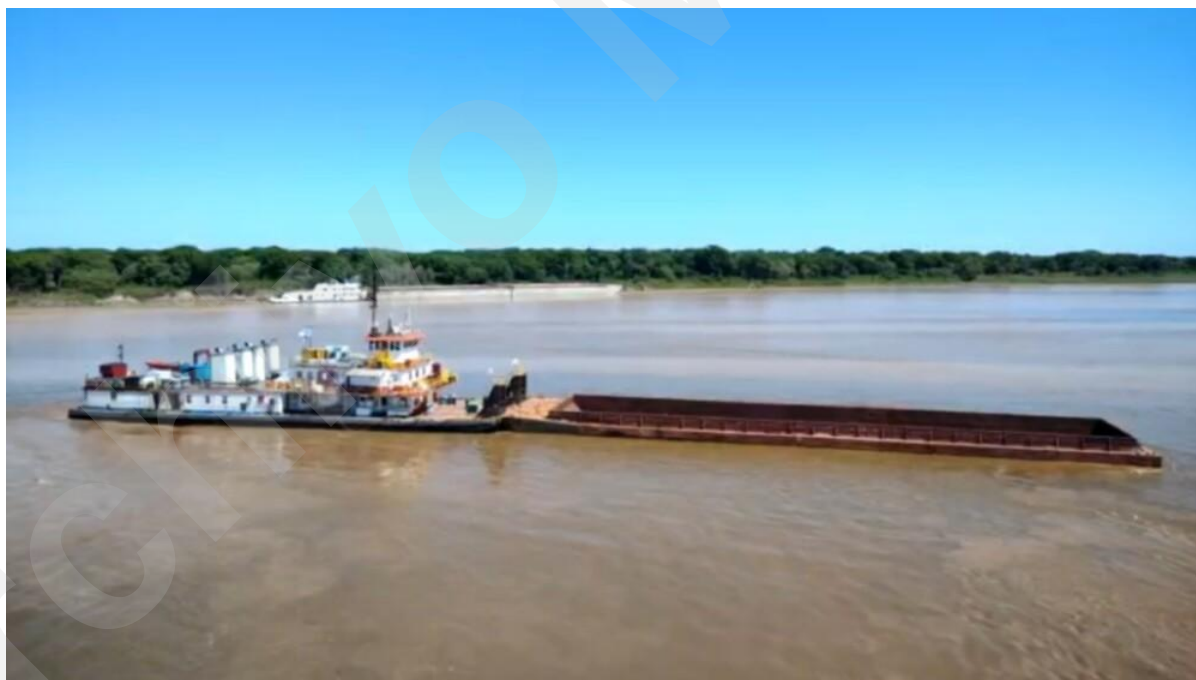


Figura 2. Convoyes fraccionan las barcazas para franquear el río en el Paso Bermejo ²

² <https://www.ultimahora.com/paso-en-zona-bermejo-sigue-lento-pero-se-descongestiono-en-50> (28 de febrero de 2025)

1.1 NOMBRE DEL PROYECTO

El proyecto es **Acondicionamiento del brazo Liguria para la navegación, margen izquierda del río Paraguay, en el Paso Bermejo y las obras complementarias.**

El presente Estudio de Impacto Ambiental preliminar (EIAp) analiza la intervención en un sector específico del Paso Bermejo, en el río Paraguay.

1.2 EMPRESA RESPONSABLE

LHG Mining es una empresa miembro del grupo J&F Invetimentos, la cual tiene en Corumbá, Estado de Mato Grosso do Sul, dos minas (Santa Cruz y Urucum) de donde extrae mineral de hierro y manganeso que es exportado a través de un complejo sistema logístico que incluye puertos de origen en Corumbá (Brasil), transporte fluvial a través de la Hidrovía Paraguay – Paraná y puertos de destino en San Nicolás (Argentina) y Nueva Palmira (Uruguay).

A fin de ampliar sus posibilidades de exportación de mineral de hierro y manganeso, LHG Navegación S.A. ha firmado un convenio de donación con la República del Paraguay, y también se encuentra realizando diversos estudios para analizar cómo mejorar las condiciones de navegación del río Paraguay.

Nombre del proponente	LHG Navegación S.A.
Representante Legal	Claudia Schubeius Bogado, Directora Nelly Oviedo Alfonso, Directora
Dirección administrativa	Calle Nro. 4 casi Eduardo Schaerer (2do piso del Edificio Rosa T) complejo Barrail, Costanera, Capital Asunción, Paraguay
RUC	80015765-6

1.3 CONSULTOR AMBIENTAL

CAPY S.A. Consultores Ambientales del Paraguay

Reg. CTCA E-173

Equipo de consultores especialistas mencionados al inicio.

1.4 OBJETIVOS DE LA CONSULTORÍA AMBIENTAL

El Estudio de Impacto Ambiental preliminar (EIAp) del proyecto tiene como objetivo la identificación de las acciones causantes de impactos y su efecto en el medio circundante para establecer las medidas ambientales apropiadas en las diversas etapas del proyecto. Este proceso deriva en la obtención de la Declaración de Impacto Ambiental (DIA), en el marco de los procedimientos establecidos por los Decretos Reglamentarios N° 453/2013 y 954/2013 de la Ley N° 294/1993 de Evaluación de Impacto Ambiental y demás normas y procedimientos establecidos por el Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADES).

Entre los objetivos específicos se tienen los siguientes:

- Descripción del proyecto, a fin de identificar las acciones o actividades que potencialmente afectarían al ambiente en la condición actual, en las etapas de obra y durante la operación.
- Definición del área de influencia ambiental y social en la situación actual, con el fin de contar con una Línea de Base de las condiciones físicas, biológicas y socioeconómicas del área e identificar los pasivos ambientales existentes.
- Definición de los probables impactos que podrían ser generados por el proyecto en distintos medios.
- Elaboración de una línea de base.
- Identificación y valoración de los potenciales impactos ambientales sobre los medios físico, biológico y socioeconómico del área de influencia del proyecto.
- Diseño de un Plan de Gestión Ambiental y Social para las etapas de obra y posteriores.

1.5 ORGANIZACIÓN DEL ESTUDIO

Todos los gráficos, figuras, imágenes, tablas y análisis han sido realizado por el equipo de especialistas mencionados. Caso que no sea propiedad del equipo técnico se aclara la fuente.

Para la organización del estudio se analizó

Capítulo 1: **La presentación y objetivos del proyecto.** En este capítulo se presenta el problema actual que justifica al proyecto, el proponente y los objetivos.

Capítulo 2. **Descripción del proyecto.** Este capítulo presenta los antecedentes generales del proyecto y una descripción de las intervenciones en el lugar.

Capítulo 3. **Marco Institucional y Normativo.** Se presentan los antecedentes de la Cuenca del Plata, el marco normativo con las principales leyes nacionales relacionadas al proyecto y el marco institucional.

Capítulo 4. **Área de Influencia.** Se presenta la ubicación geográfica del área donde se encuentra el proyecto y el área de influencia directa e indirecta.

Capítulo 5. **Línea Base.** Este capítulo describe la caracterización física de la cuenca del Plata, la cuenca del río Paraguay, la cuenca del río Bermejo; las condiciones hidráulicas, geológicas, geomorfológicas, de calidad de agua y sedimentos, presenta la línea base del medio biológico estudiado y el detalle del medio socioeconómico y cultural, tanto de fuentes secundarias como de las observaciones de campo, muestreos, mediciones, modelos y otros (fuente primaria).

Capítulo 6. **Identificación, valoración y análisis de los potenciales impactos.** En este capítulo se identifican impactos potenciales de las actividades a ser realizadas, en los factores ambientales analizados, así como, una valoración de estos impactos.

Capítulo 7. **Plan de Gestión Socio Ambiental.** Este capítulo presenta los programas de prevención, mitigación y monitoreo durante la realización de las obras y posterior a la ejecución de estas, así como el plan social de comunicación, atención de quejas y reclamos; compensación a pescadores y el protocolo de protección del patrimonio arqueológico y paleontológico.

Capítulo 8. **Conclusiones** del proyecto de Acondicionamiento del brazo Liguria como de navegación en el Paso Bermejo, del río Paraguay.

Capítulo 9. **Recomendaciones** del proyecto de cada una de las áreas analizadas.

Capítulo 10. **Bibliografía.**

Anexos.

1. Anexo del medio físico
 - a. Anexo de escenarios hidrodinámicos
 - b. Anexo de calidad de agua y sedimentos
2. Anexo de biodiversidad
3. Anexos de área social
4. Anexo de patrimonio cultural: protocolo de hallazgos

2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El Proyecto consiste en el Acondicionamiento del brazo Liguria en un canal navegable, en el Paso Bermejo del río Paraguay (progresivas Km 1326 a 1319 de la Hidrovía Paraguay-Paraná (HPP), o progresivas Km 86 a Km 79 del río Paraguay, (desde la confluencia con el río Paraná); ubicado a 3 km aguas abajo del sur de la ciudad de Pilar (km 1329).

El proyecto incluye el acondicionamiento del brazo Liguria como un canal navegable, en algunos tramos coincide con el trayecto actual del cauce, en otros el cauce se abandona y se rellena. Se presenta en el Proyecto Ejecutivo (PE) la determinación del volumen de excavación y dragado, definición de la maquinaria a ser utilizada y las zonas de relleno, donde se realizará la disposición final del material del dragado y de la excavación. Como parte del diseño se presentan las zonas de amarre y el proyecto de señalización y balizamiento.

2.1 ANTECEDENTES

Los antecedentes utilizados para la elaboración del presente documento, que se adjuntan, fueron elaborados por Serman & Asociados S.A. al cliente:

- **O-LHG-PB-IF-HI-004-RA Informe de Factibilidad Técnica del Estudio de Factibilidad hidráulica y sedimentológica en el Paso Bermejo del río Paraguay.** Se presentan resultados del modelo hidrodinámico y sedimentológico (Serman & Asociados S.A., 09/2025, Rev. B).
- **O-LHG-PB-IN-HI-005-RB Proyecto Ejecutivo de Canalización del Brazo Liguria, del Estudio de Factibilidad hidráulica y sedimentológica en el Paso Bermejo del río Paraguay.** Presenta el detalle del canal, zonas de relleno, amarre y señalización. (Serman & Asociados S.A., 11/2025, Rev. B.).

2.2 DISEÑO DEL CANAL

Para el diseño del canal se siguen los criterios establecidos por el Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MOPC), las leyes y resoluciones de la Prefectura Naval; así como el reglamento del Comité Intergubernamental de la Hidrovía Paraguay – Paraná (CIH), que forma parte del Comité Intergubernamental Coordinador de los Países de la Cuenca del Plata (CIC o CICPLATA), Manuales de Navegación y toda la bibliografía extensamente referenciada en el Proyecto Ejecutivo.

2.2.1 Hidrometría y nivel de referencia

S&A realizó un análisis detallado, a partir de los datos de la Sistema Nacional de información Hídrica (SNIH) de Argentina y de la Dirección de Meteorología e Hidrología (DMH) de Paraguay, de las variaciones hidrométricas de las estaciones de Argentina: Puerto Bermejo, Puerto Formosa, Puerto Pilcomayo, en el río Paraguay y la estación El Colorado en el Bermejo (SNIH, Arg.) y de Paraguay; la estación de Pilar (DMH).

El nivel máximo registrado de la regla hidrométrica de Pilar fue de 10,05 m y el mínimo tuvo un valor negativo, de -0,14 m, lo que indica una amplitud o variación del nivel del río de 10,29 m. Se toma como nivel de referencia, el cual es definido como la cota de dragado al nivel de frecuencia de superación del 95% del tiempo cuyo valor es de 1,55 m del cero de la regla de la estación de Pilar, según los registros de la Dirección de Meteorología e Hidrología (DMH), de Paraguay.

Se tomó el calado de diseño de 10 pies, que indica una profundidad de 11 pies de dragado, respecto a la referencia indicada.

El Proyecto Ejecutivo también muestra los estudios topo-batimétricos realizados, mediciones de caudal, nivel, velocidad (Hydrobock, 2025) y la topografía de la isla por medio de un relevamiento topográfico con sensores LIDAR y RGB (ICASA, 2025).

2.2.2 Dimensiones de las embarcaciones

Para el diseño del canal se consideraron los tipos de barcas y la carga útil, en la Hidrovía Paraguay- Paraná (Serman & Asociados S.A., 09/2025, Rev. B).

Tabla 1. Dimensiones del tipo de barcaza

Tipo	Eslora (m)	Manga (m)
Jumbo (ensanchada)	60	16,67
Mississippi	60	10,66

En este tramo de la Hidrovía, el convoy de empuje está conformado por un remolcador (o empujador) y 16 barcasas en formación 1 + 4 x 4, alcanza los 290 m de eslora y 65 m de manga (con una carga máxima del orden de las 24.000 toneladas para un calado de 10 pies).

Tabla 2. Relación entre el calado y la carga útil según el tipo de barcaza

Calado											
Pies	7,50	8,00	8,50	9,00	9,50	10,00	10,50	11,00	11,50	12,00	12,50
metros	2,30	2,44	2,59	2,74	2,89	3,05	3,20	3,35	3,50	3,66	3,81
Carga Útil (ton)											
Mississippi	1.100	1.175	1.250	1.350	1.450	1.550	1.650	1.750	1.850	1.950	2.050
Jumbo	1.600	1.737	1.874	2.011	2.148	2.285	2.422	2.559	2.696	2.833	2.970

Para este proyecto, S&A consideró que la navegación en el riacho será durante el período de la descarga de sedimentos del río Bermejo; por lo tanto, el fraccionamiento del “convoy de empuje” en cortes con (máximo):

- a) 4 barcazas que, en formación 1 + 2 x 2, alcanzarían los 170 m de eslora y 33,5 m de manga (con una carga máxima del orden de las 6.000 toneladas); o,
- b) 6 barcazas que, en formación 1 + 2 x 3, alcanzarían los 230 m de eslora y 33,5 m de manga (con una carga máxima del orden de las 9.000 toneladas).

2.2.3 Dimensiones del canal y traza final

En el Proyecto Ejecutivo (PE) se indican las normativas de diseño, en cuanto al ancho y las curvas, que fueron consideradas. Una vez diseñado el canal, se realizó un simulacro de navegación con capitanes experimentados en el simulador de Hidrovías do Brasil S.A., que arrojó como resultado una modificación en la boca de entrada del canal para mejorar la maniobrabilidad de los convoyes que descendían por el canal el ingreso.

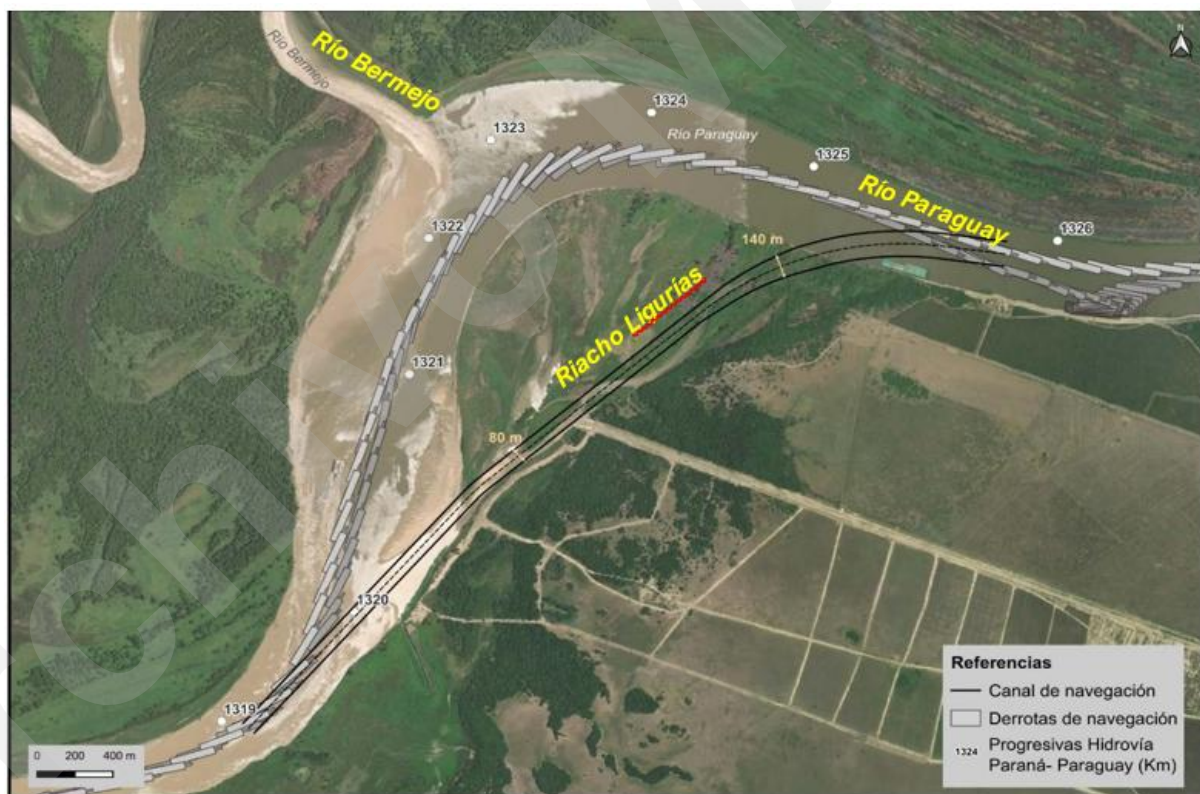


Figura 3. Traza final del canal de navegación en el brazo Liguria (Serman & Asociados S.A., 11/2025, Rev. B.)

Geometría del canal. El canal tendrá un ancho variable de solera; con 140 m en la boca de entrada norte, 100 m en tramos de aproximación y un mínimo de 80 m en la salida. Los tramos rectos tendrán una solera mínima de 70 m, adicionando los sobreanchos en las curvas, según el radio de giro.

Profundidad y taludes. La profundidad de navegación será de 3,05 m (10 pies), más un margen de seguridad técnica de 0,305 m (1 pie). Los taludes se han diseñado con una pendiente general de 1V:2H, aunque en sectores de cierre y protección se utilizará una pendiente de 1V:3H.

Tabla 3. Diseño de la Adecuación del brazo Liguria en un canal navegable (Serman & Asociados)

Tramo	Progresiva [Inicio]	Este [Inicio]	Norte [Inicio]	Curva	Radio de Curvatura	Ancho de Solera	
						Inicio	Fin
L1	0,00	366.313,83	7.027.146,48			140	140
C1	336,36	365.980,21	7.027.189,39	SI	1.650,00	140	82,73
L2	1.688,29	364.717,62	7.026.823,93			82,73	80
L3	1.714,39	364.697,50	7.026.807,28			80	80
C2	3.163,91	363.580,89	7.025.883,02	SI	900,00	80	80
L4	3.294,59	363.486,61	7.025.792,68			140	140
FIN	5.017,55	362.332,30	7.024.513,57	1/2			

2.2.4 Volumen de dragado y excavación del canal

En el PE se realizó el modelo digital del terreno, esto con la geometría definida del canal, incluida la cota de fondo; se obtuvo mediante AutoCad el volumen a remover de **1.510.886 m³** de material en el canal de apertura, en una extensión de 3.140 m. Se suman **70.000 m³** adicionales para el ensanchamiento de la boca norte.

2.3 OBRAS DE DISPOSICIÓN FINAL DEL MATERIAL

En el proyecto ejecutivo se contempló inicialmente la disposición de materiales extraídos mediante dos sistemas principales: recintos terrestres (R1, R2 y R3) para los productos del dragado hidráulico y un área de relleno (R4) para los materiales provenientes de excavaciones terrestres.

Los recintos de refulado estarían diseñados para recibir el material succionado por la draga en forma de hidromezcla: sedimentos y agua, permitiendo su decantación mediante tiempos de retención y el desagüe del agua ya clarificada, una vez sedimentados los sólidos disueltos. Al ingresar la hidromezcla, los materiales gruesos se depositarían rápidamente mientras que los sedimentos finos fluirían en los recintos depositándose gradualmente.



Figura 4. Diagrama de refulado o forma de relleno de los materiales de dragado

Se detallaron todos los aspectos considerados para el relleno de los recintos; tipo de material, porcentaje promedio de finos, alturas libres en los recintos, curvas típicas de sedimentación, tiempos de permanencia en los recintos, subdivisiones mediante terraplenes internos, descargas alternadas de forma a generar recorridos mayores para descargas sucesivas, caudales de salida.

A continuación, se presentan las características de los tres recintos de refulado: todos los terraplenes (perimetrales e interiores) tendrán la misma cota de coronamiento de 53,8 m. Los taludes perimetrales tendrían un ancho de coronamiento de 3 m (donde podrían circular vehículos pesados en una sola dirección) y los terraplenes internos tendrían ancho de 1,5 m, estos no requieren la circulación de vehículos. En los sectores de contacto con el antiguo cauce la pendiente del talud sería de 1V:3H.

Tabla 4. Características de los recintos de disposición de material

Recinto	Área (m ²)	Volumen (m ³)	Cota de coronamiento (m)	Terraplén perimetral			Terraplenes interiores		
				Ancho (m)	Talud	Longitud (m)	Ancho (m)	Talud	Longitud (m)
R1	239.000	642.000	53,8	3	1V: 2H	2155	1,5	1V:1,5H	535
R2	319.000	756.000	53,8	3	1V:2H	2672	1,5	1V:1,5H	286
R3	159.900	383.386	53,8	3	1V:2H	1289	1,5	1V:1,5H	160

En la siguiente figura se muestra la ubicación de los 3 recintos de relleno de material de dragado en rojo y en verde el relleno R4 para material de movimiento terrestre.

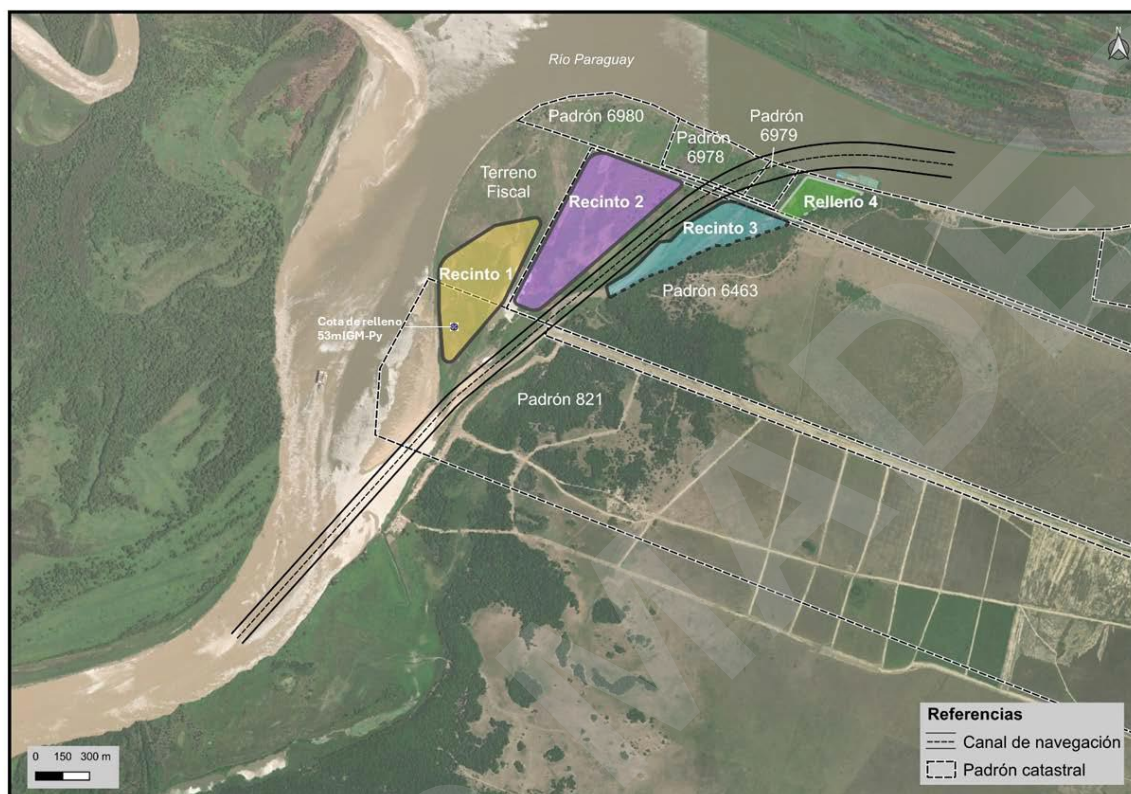


Figura 5. Ubicación de las zonas de disposición de material (Serman & Asociados S.A., 11/2025, Rev. B.)

2.4 SITUACIÓN CATASTRAL

Para definir la situación catastral del área de interés se recurrió a la información de la Dirección General del Servicio Nacional Catastro (DGSNC) dependiente del Ministerio de Economía y Finanzas (MEF), así como la oficina de Catastro de la Municipalidad de Pilar. El área de interés comprende fracciones de varios inmuebles, los cuales se presentan a continuación.

Tabla 5. Inmuebles y padrones en el área de interés

N°	Propietario	Padrón	Finca	Fracción	Porcentaje
1	Inmobiliaria del Sur S.A.	6980	5387	85 ha 5.514 m²	37,59%
2	Inmobiliaria del Sur S.A.	6979	5387	4 ha 0000 m²	100,00%
3	Inmobiliaria del Sur S.A.	6978	5387	13 ha 1969 m²	100,00%
4	Gladys Olmedo de Arce	6463	8927	126 ha 2.412 m²	23,70%
5	Lina Isabel Delfino de Albera y Otros	821	76	19 ha 0978 m²	3,50%
6	Lina Isabel Delfino de Albera y Otros	417	119	1 ha 1.221 m²	0,38%

En las imágenes se observa una zona que es propiedad pública, la cual se planteó como alternativa para la disposición de materiales de excavación y dragado.

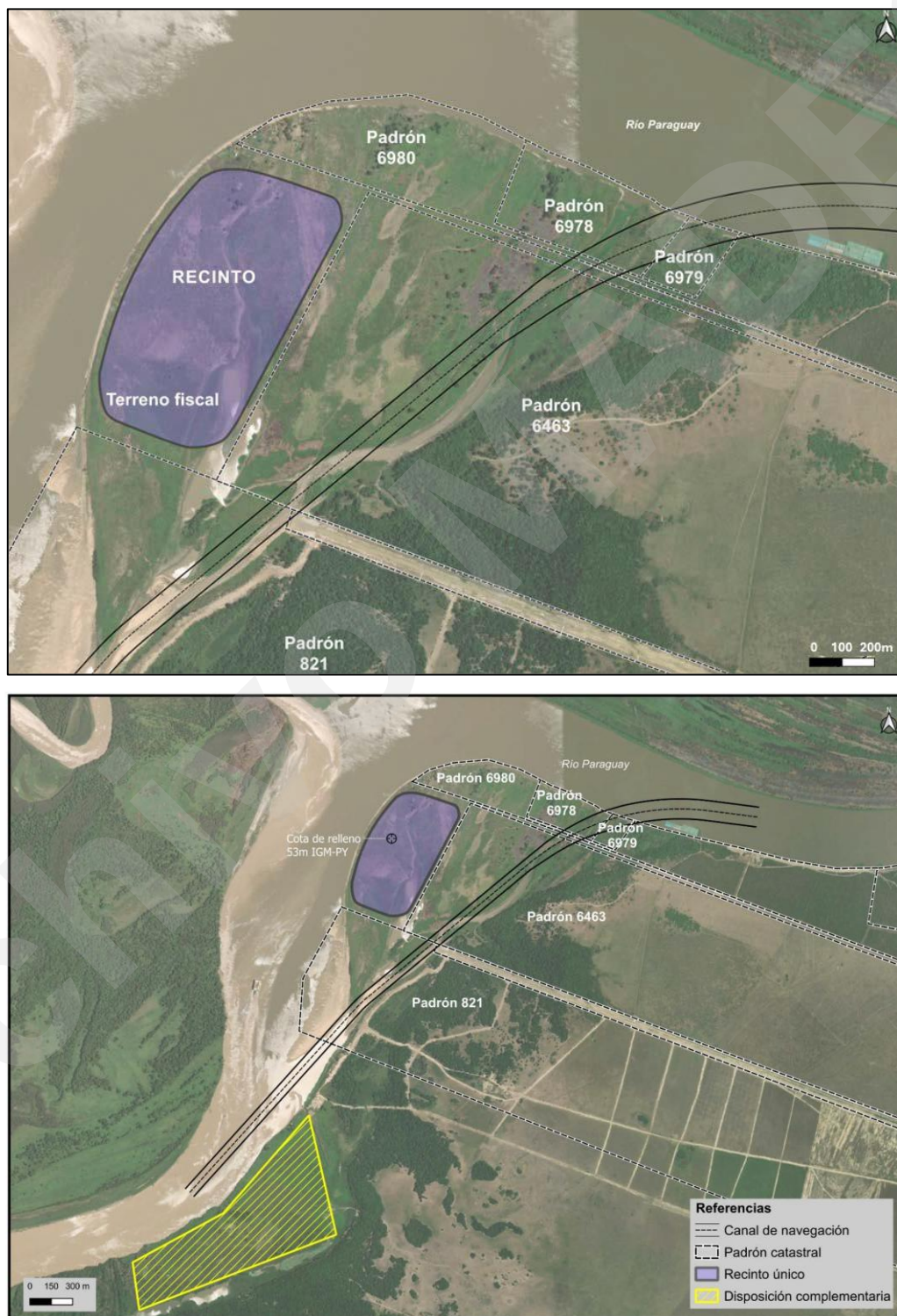


Figura 6. Padrones catastrales en el área de interés (Serman & Asociados S.A., 04/2026, Rev. B.)

Como se detalla en la Adenda del Proyecto Ejecutivo para la adecuación del Brazo Secundario Liguria: Alternativa Recinto Único (Serman & Asociados, S.A., O-LHG-PB-IN-HI-007-RB, 04/2026), se analizaron alternativas para minimizar la afectación a propiedades privadas que incluyeron:

- la disposición de parte del volumen extraído en un recinto sobre la Isla Ypitá con cota de relleno 53,0 m IGM-Py y el resto en un área de disposición complementaria ubicada al Sureste del canal, y
- la disposición del volumen total extraído en un recinto único sobre la Isla Ypitá, un área de 444.000 m² con la cota de relleno necesaria (54,8 m IGM-Py) para recibir 1.368 miles de m³ más el esponjamiento correspondiente (el volumen total a excavar es igual a 1.511 miles de m³, de los cuales 143 miles de m³ se dispondrán en el río Paraguay, por lo que el volumen que es necesario disponer en los recintos es igual a 1.368 miles de m³).

En todas las alternativas, los terraplenes perimetrales fueron diseñados con un talud de pendiente 1V: 2H y 3,0 m de ancho en su parte superior (donde podrán circular vehículos pesado en un solo sentido) y coronamiento a cota mínima +53,8m IGM-P o a cota 55,6 m IGM-Py según la alternativa, superior a la prevista para el relleno en cada caso, y entendiéndose el excedente de altura como aquel que resulte necesario para permitir la sedimentación del material hasta alcanzar la concentración de salida deseada (altura de pondaje) más un margen por oleaje en el interior del recinto y compensación del asentamiento,

La presencia de los recintos de descarga del sedimento dragado para la apertura del canal producirá una perturbación del flujo respecto de la condición en ausencia de los recintos, por lo cual resulta de interés su cuantificación para determinar si esa perturbación es o no significativa.

En el documento (S&A. O-LHG-PB-IN-HI-007-RA), Serman & asociados, presentó el análisis de las condiciones hidráulicas que se establecen en el Río Paraguay, el canal del Liguria y la propia planicie en condiciones de crecidas (que constituyen los escenarios críticos dado que los recintos generan una reducción del área disponible para el desborde del agua) y para las alternativas de áreas de disposición de sedimentos mencionadas, que incluyeron la solución original con tres recintos y 1 relleno para la disposición de materiales y un recinto único con diferentes cotas de coronamiento ocupando el área del terreno de propiedad pública/estatal.

Los resultados mostraron que las diferencias de nivel y velocidad, respecto del caso sin recintos, son similares para las distintas configuraciones. Específicamente, a lo largo de la derrota de las barcasas sobre el río Paraguay, las diferencias de niveles son mucho menores a 1 cm, es decir, totalmente despreciables desde el punto de vista práctico, mientras que en el caso de las velocidades se producirán pequeños incrementos localizados que no alcanzarán al 4%. Es decir que la presencia de los recintos no generará

ninguna perturbación significativa del flujo ni en el río Paraguay ni el Liguria (canalizado) para ninguna de las configuraciones analizadas. En particular, no habrá ningún efecto significativo sobre la desembocadura del canal de descarga pluvial de la ciudad de Pilar ni sobre el Liguria, cuya estabilidad estará condicionada por los mismos mecanismos que en la actualidad.

Los documentos elaborados por Serman & Asociados, S.A. aquí citados: Informe de Factibilidad para adecuación para navegación del brazo secundario Liguria – Adenda Recinto único (O-LHG-PB-IN-HI-007-RA) y Proyecto Ejecutivo de Canalización Del Brazo Liguria – Adenda Alternativas de Recintos – O-LHG-PB-IN-HI-007-RB (y sus anteriores) han sido incluidos como Anexos del CONVENIO DE COOPERACIÓN TÉCNICA LOGISTICA ENTRE EL MINISTERIO DE INDUSTRIA Y COMERCIO, LA ADMINISTRACIÓN NACIONAL DE NAVEGACIÓN Y PUERTOS Y LHG NAVEGACIÓN S.A. ADENDA 2.

2.5 METODOLOGÍA Y TECNOLOGÍA

2.5.1 Metodología

Las obras se realizarán en modalidades complementarias; por un lado, el movimiento de suelos en las áreas no inundadas, que se realizará con maquinaria terrestre, excavando y transportando el material a las zonas de relleno, conformando los terraplenes de los recintos.

Las zonas de excavación acuática, en el río y en el riacho, mediante dragas que impulsan el material a las zonas de relleno terrestres, los cuales se tienen identificados como tres recintos, que se organizarán para recibir el material del refulado para retener las aguas con los sedimentos entre 13 a 18 horas, para permitir la sedimentación dentro de los recintos y enviar las aguas clarificadas al río.

Obras de cierre del ingreso natural norte del brazo, mediante geotubos de polipropileno rellenos con arena local y protegidos con geomantas.

2.5.2 Maquinaria y equipos

Para el movimiento de suelos terrestre se utilizarán excavadoras sobre orugas, con retroexcavadoras, cargadores frontales, camiones volquete, compactadoras (98% Proctor) y motoniveladora.

Para la apertura del canal se utilizarán dragas de succión con cortador (CSD) modulares, de tamaño mediano, con potencias en el cortador de 700 a 1.000 kW (ej. modelos IHC Beaver 65 o Damen 650). Transporte hidráulico del material mediante las cañerías de impulsión hacia las zonas identificadas para el vertido de material de dragado.



Figura 7. Diagrama de un Dragas de Succión con Cortador o CSD

Las dragas de succión con cortador podrán ser no propulsadas (montadas sobre plataformas flotantes) o autopropulsadas. Será un equipo flexible que permitirá manejar distintos materiales según el cabezal o cortador que tenga, el cual por medio de la desintegración y rotura mecánica de los materiales permitirá que estos sean succionados.

Para el mantenimiento se recomienda el uso de una Dragas de Succión con Tolva (por sus siglas en inglés *Trailing Suction Hopper Dredger* TSHD) de 1.000 a 1.600 m³ de capacidad, necesarias porque los recintos terrestres se clausurarán tras la apertura. Esta es una embarcación especializada que realizará la aspiración el material de fondo por medio de una cabeza de succión que removerá el sedimento del fondo, lo mezclará con agua para impulsarlo con una bomba de dragado a la tolva de carga.



Figura 8. Esquema de una Dragas de Succión con Tolva – TSHD

Equipos auxiliares: como grúas sobre orugas con pluma telescópica para el mantenimiento de los recintos y manejo de cañerías.

2.6 ZONAS DE AMARRE

El proyecto de *Adecuación del brazo Liguria como canal navegable alternativo al Paso Bermejo, del río Paraguay*, considera el fraccionamiento del “convoy”, para ello será necesario establecer zonas de amarre aguas arriba y aguas abajo en dicho sector.

Las dimensiones máximas consideradas para el cruce son las siguientes:

- Cuatro (4) barcazas que, en formación 1 + 2 x 2, alcanzarían los 170 m de eslora y 33,5 m de manga (con una carga máxima del orden de las 6.000 toneladas).
- Seis (6) barcazas que, en formación 1 + 2 x 3, alcanzarían los 230 m de eslora y 33,5 m de manga (con una carga máxima del orden de las 9.000 toneladas).

La zona de amarre aguas arriba estará en proximidades de la progresiva km 1.326 y aguas abajo en la progresiva Km 1.315 de la Hidrovía Paraguay – Paraná (progresivas km 86 y Km 75 del río Paraguay).



Figura 9. Ubicación de las zonas de amarre en rectángulo rojo con relleno amarillo (Serman & Asociados S.A., 11/2025, Rev. B.)

Los lugares de amarre tendrán las condiciones de operatividad para el fondeo, armado y desarme de los trenes de empuje, a fin de optimizar el franqueo de la zona crítica, para ello contarán con:

- un espacio acuático específicamente destinado para el desarme y rearme del tren de empuje, próximas a la costa, con 1.000 m en sentido del río y 100 m de ancho,
- dispositivos de amarre, cada 60 m con los extremos a 40 m, construidos de hormigón armado, enterrados y colados en el sitio, con un peso seco de 4,5 ton, destinados a sostener las barcazas considerando las cargas de la corriente y el viento,
- elementos de señalización en cada punto de fijación, destinados a identificar los límites de las zonas de amarre tanto para la operación diurna como nocturna.

2.7 SEÑALIZACIÓN

La propuesta de señalización para el proyecto de canalización del brazo Liguria consiste en un sistema integral de Ayudas a la Navegación (AtoN) diseñado bajo la normativa IALA Región B y el Reglamento Único de Balizamiento de la Hidrovía Paraguay-Paraná. El PE de S&A describe claramente la propuesta de señalización.

El sistema AIS-AtoN (Sistema de Identificación Automática aplicado a las Ayudas a la Navegación) tiene como función principal actuar como una ayuda a la navegación electrónica complementaria, proporcionando información automática sobre la posición y estado de las señales para mejorar la seguridad y eficiencia del tráfico fluvial.

Sus funciones específicas, según los objetivos del proyecto, se dividirán en los siguientes pilares: i) mejorar de la navegación para el usuario; ii) permitir el monitoreo y gestión operativa; y iii) analizar el tráfico y la seguridad.

El sistema AIS tiene posicionamiento automático, con lo cual permite que los navegantes visualicen la localización exacta de la señal directamente en sus cartas náuticas electrónicas y radares, facilitando la maniobra en cualquier condición climática.

Tres opciones de un AIS-AtoN:

- a. **Real.** Cuando un AIS está físicamente en la ayuda de navegación, ejemplo: un AIS instalada en una de las balizas.
- b. **Sintético.** Cuando se transmite la señal desde una ubicación remota hacia una baliza física que no posee el equipo. Ejemplo: un AIS sintético en una baliza genera señal desde un AIS real en otra baliza.
- c. **Virtual.** Cuando se crea una señal en un punto donde **no existe una estructura física**, como ocurre con los vértices de las zonas de amarre, generado desde un AIS real en una baliza.

2.7.1 Alternativas de Señalización Física

Todas las balizas seguirán los lineamientos por las guías de navegación y tendrán:

- Linterna led autocontenida con un alcance lumínico mínimo de cinco (5) millas náuticas (MN), con capacidad de destellar de modo sincronizado y ser monitoreadas desde una estación central.
- Panel indicativo de kilometraje o nombre de la señal en material retro reflectivo.
- Pantallas reflectoras de radar (PRR) que proporcione una superficie reflectora de al menos 5 m².
- Pictograma en material retro reflectivo.
- Algunas balizas predeterminadas según proyecto también poseerán Sistema de Identificación Automática (AIS-AtoN) tipo 3, brindando señalización real, sintética y/o virtual.
- Marca de tope, con el objetivo de brindarle mayor capacidad de identificación a cada señal.

Se evaluaron dos opciones para las estructuras de las balizas fijas:

- **Alternativa I (BzM6):** Balizas tubulares de acero con un diámetro superior a 0,15 m y 6 m de altura. Presentan un alto riesgo de vandalismo por su valor de reventa.
- **Alternativa II (Poste MPG60):** Balizas tubulares de fibra de vidrio (GRP), de diseño modular, fácil de ensamblar, un diámetro de 0,50 m y 6 m de altura. Esta opción fue la seleccionada debido a su facilidad de transporte, mejor marca diurna (1,5 m²) y bajo riesgo de vandalismo al no tener valor de reventa

2.7.2 Tecnología de señalización

El sistema incorpora herramientas tecnológicas avanzadas para la seguridad y el monitoreo:

Señalización Lumínica: Se utilizarán linternas LED autocontenidas (modelos MCL-250 y MCL-360 M) con un alcance mínimo de 5 millas náuticas. Estas poseen sincronización vía GPS para destellar al unísono y telemetría para monitoreo satelital remoto.

Sistema de Identificación Automática (AIS-AtoN): Se implementarán equipos AIS integrados en las linternas para generar señales reales (físicas), sintéticas (transmitidas a balizas sin equipo) y virtuales (para puntos sin estructura física, como los vértices de las zonas de amarre).

Detección Radar: Cada baliza contará con una pantalla reflectora de radar (PRR) de por lo menos 5 m² para garantizar visibilidad en radares banda bajo cualquier condición climática.

Sistema Energético: Alimentación mediante paneles solares y baterías Lead Crystal con autonomía de hasta 700 hs sin radiación solar.

2.7.3 Ubicación

Toda la señalización física se instalará exclusivamente sobre la margen izquierda del río Paraguay y el brazo Liguria. Las áreas señalizadas son:

Zona de amarre aguas arriba (Km 1.326): Tres balizas amarillas (especiales) con franjas blancas y pictograma "P".

Canal del brazo Liguria: Se señalizarán las bifurcaciones con el símbolo "Y" amarillo y el cuerpo del canal con el símbolo correspondiente "□" rojo para marcas laterales de estribor.

Zona de amarre aguas abajo (Km 1.315): Tres balizas similares a la zona de aguas arriba para demarcar el área de rearme de convoye.

Se han tenido en cuenta los siguientes aspectos fundamentales:

Seguridad: Las balizas tendrán una altura focal de 6 m para dificultar el acceso no autorizado y contarán con protecciones como tuercas antirrobo y coronas de espinas.

Mantenimiento: El sistema de telemetría permitirá realizar un mantenimiento preventivo basado en el estado real (fallas de sincronismo o energía) y correctivo ante vandalismo o erosión costera.

Infraestructura de apoyo: Se requiere la instalación de una estación receptora de AIS en tierra con antena VHF para coleccionar y retransmitir los datos de las balizas y embarcaciones a un centro de control.

2.8 SIMULACIÓN DE LA NAVEGACIÓN

Se realizó una simulación para validar las condiciones operativas que consideraron variables críticas como el viento (20 nudos del Este), las corrientes y el nivel del agua.

La "Correntada": Se identificó esta maniobra como una práctica común y efectiva, donde el capitán utiliza la fuerza de la corriente para alinear y derivar el convoy hacia el ingreso del canal.

Efectos Dinámicos: En la navegación por canales restringidos, se debe considerar el hundimiento dinámico (squat), que en este canal se registró entre 10 y 20 cm, un valor bajo que permite mantener el margen bajo quilla proyectado.

Resultados de Maniobra: Se concluyó que la bajada cargada es ideal con convoyes de 8 barcasas, mientras que la subida en lastre es factible incluso con 16 barcasas, a pesar de las limitaciones de ancho en ciertos tramos.

2.9 CÓMPUTO

Las obras consisten en:

- Un canal de ancho variable, de 80 m mínimo a 140 m en la entrada norte.
- Longitud de 3.140 m.
- Volumen de excavación de 1.510.886 m³ en el canal y 70.000 m³ ensanchamiento en la boca norte en el río.
- Un recinto para la disposición del material, con superficie de un área de 444.000 m²
- Dos zonas de amarre
- Señalización y balizamiento

La consultora S&A estimo una sedimentación en el canal de 15.000 m³ anuales.

2.10 COSTOS ESTIMADOS

En el proyecto ejecutivo de S&A se incluye una estimación de costos, con un costo de inversión o Gastos de Capital (CAPEX) de USD US\$ 15.600.000, se aclara que este monto NO incluye: expropiación de terrenos y/o establecimiento de servidumbres, movilización de la draga, la construcción de amarraderos, ningún tipo de costos ni aportes por concepto del personal, ningún servicio especial (alimentación y transporte del personal) ni ningún tipo de garantía, seguro o impuesto (Serman & Asociados S.A., 04/2026, Rev. B)

En el mismo estudio indica que los Costos de las obras de dragado de mantenimiento (OPEX) estimados para la obra son de 241.000 US\$/año, para el tipo de draga considerada, para el volumen estimado por S&A.

2.11 PLAZOS ESTIMADOS

En el estudio PE de S&A se indican los plazos para las obras de apertura y señalización.

Dragado de apertura: Entre 5,3 y 5,9 meses bajo condiciones operativas de **20,4 horas** diarias, dependiendo de las condiciones climáticas. Se debe considerar que en caso de no trabajar las horas indicadas por S&A los plazos se extenderían. Las obras de relleno se realizan de manera paralela a las obras de dragado.

Plazo con contingencias: al considerar áreas emergidas con menor rendimiento y pérdidas de tiempo estándar, el plazo se extiende a un rango de 5,7 a 6,4 meses.

Fase de señalización: se realizará de forma paralela o posterior a la finalización de los tramos de dragado.

Aun cuando estos plazos han sido indicados por la empresa consultora que realizó el proyecto ejecutivo, esto podría verse afectado debido a las dinámicas en campo.

3 MARCO INSTITUCIONAL

Este capítulo tiene como objetivo indicar el marco institucional y normativo que regula las actividades del proyecto. Este marco incluye las leyes, regulaciones, políticas y autoridades gubernamentales pertinentes que autorizarán el desarrollo y supervisarán la implementación del proyecto para garantizar que se lleve a cabo de manera ambientalmente responsable y sostenible. Comprender este marco es esencial para identificar las obligaciones legales, los estándares de cumplimiento y los procedimientos necesarios para minimizar y mitigar los impactos ambientales potenciales.

3.1 TRATADO DE LA CUENCA DEL PLATA Y ACUERDOS DE LA HIDROVÍA PARAGUAY – PARANÁ

El 23 de abril de 1969 en Brasilia, capital de Brasil, se firma el **Tratado de la Cuenca del Plata**, el cual es un acuerdo internacional firmado por Argentina, Bolivia, Brasil, Paraguay y Uruguay. Este tratado tiene como objetivo promover el desarrollo económico y la integración de la región de la Cuenca del Plata, un área geográfica que abarca una vasta red de ríos y cuencas hidrográficas, incluyendo el río Paraná, el río Paraguay y el río Uruguay, entre otros.



Figura 10. Línea de tiempo descriptiva del tratado de la Cuenca del Plata y los Acuerdos de la Hidrovía Paraguay-Paraná

Entre los principales objetivos del tratado se encuentran la promoción del desarrollo integral, buscando fomentar el desarrollo económico, social y cultural de los países de la Cuenca del Plata, aprovechando la utilización sostenible de recursos, estableciendo principios para la utilización racional y equitativa de los recursos hídricos y otros recursos naturales de la cuenca, asegurando que el desarrollo no comprometa el equilibrio ecológico; la cooperación y coordinación, promoviendo la cooperación entre los países signatarios en áreas como navegación, energía hidroeléctrica, control de inundaciones, pesca, turismo, y conservación ambiental y, como deviene lógico, la integración regional.

Para la implementación y seguimiento del tratado de la Cuenca del Plata, se creó un marco institucional que incluye:

- a. Reunión de cancilleres:
La instancia superior del tratado, encargada de tomar decisiones estratégicas y adoptar políticas comunes.
- b. Comité Intergubernamental Coordinador (CIC):
Órgano ejecutivo, encargado de coordinar las actividades de cooperación y desarrollo en la cuenca, así como de implementar las decisiones de la conferencia.
- c. Comisiones o Secretarías Nacionales:
En cada país se constituyen como órganos de cooperación y asesoramiento de los gobiernos.

El tratado de la Cuenca del Plata apunta a lograr, en el marco de sus objetivos, la mejora en la navegabilidad. A tal fin, se han realizado proyectos conjuntos para mejorar la navegabilidad de los ríos, facilitando el transporte fluvial y el comercio. Además, en el marco del tratado, se han desarrollado importantes proyectos hidroeléctricos, como las represas de Itaipú y Yacyretá, que han aumentado la capacidad energética de la región. Por último, se han implementado iniciativas para la conservación de ecosistemas y la gestión sostenible de los recursos hídricos.

A continuación, se hace una recapitulación histórica, referente a las decisiones adoptadas, enmarcados en la institucionalidad establecida por el tratado de la Cuenca del Plata:

- En 1987, la *"XVII Reunión de Cancilleres de la Cuenca del Plata"* (Santa Cruz de la Sierra, Bolivia) que aprobó la Resolución N° 210 declarando *"de interés prioritario el desarrollo del sistema Paraguay – Paraná"*.
- En 1988, el *"Primer Encuentro Internacional para el Desarrollo de la Hidrovía Paraguay-Paraná"* (Campo Grande, Brasil) donde 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 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 1989, la "XIX Reunión de Cancilleres de la Cuenca del Plata" donde, por Resolución N° 238, se incorporó el denominado "Programa Hidrovía Paraguay – Paraná" al sistema del "Tratado de la Cuenca del Plata" y se creó, al mismo tiempo, por Resolución N° 239, el "Comité Intergubernamental de la Hidrovía Paraguay – Paraná" (CIH) al que se le encomendó "identificar proyectos puntuales, determinar las prioridades de las obras y proyectos, estudiar la compatibilización de la legislación aplicada a los países de la Cuenca del Plata y producir recomendaciones a efectos de conformar un marco normativo para el funcionamiento del Programa Hidrovía Paraguay – Paraná".
- También en 1989, la denominada "Declaración de La Paz" por la que los Cancilleres de los países de Cuenca del Plata acordaron "impulsar, al más alto nivel político, el Programa Hidrovía Paraguay – Paraná, como factor de integración de la Cuenca" y "convocar al Comité Intergubernamental de la Hidrovía (CIH) para que realice gestiones, ante los organismos nacionales e internacionales, con el fin de obtener el asesoramiento para el diseño jurídico – administrativo y la asistencia financiera de dicho Programa".
- En 1992, se firma el Acuerdo de Santa Cruz de la Sierra, (firmado en Las Leñas, Bolivia) que constituye el marco normativo común para el transporte por la Hidrovía Paraguay-Paraná, entre los cinco países signatarios del Tratado de la Cuenca del Plata. Tiene jerarquía de tratado internacional y al estar ratificado por los cinco países tiene fuerza obligatoria en el derecho internacional. Este tratado regula la libertad de navegación, la igualdad de trato entre banderas, la no discriminación, las condiciones de transporte fluvial y es la base de los protocolos técnicos (Montevideo, 1994).
- Entre 1993 y 1994 se firma en Montevideo, en el marco de la Asociación Latinoamericana de Integración (ALADI) un conjunto de seis protocolos operativos que desarrollan y hacen aplicable el Acuerdo de Santa Cruz de la Sierra de la Hidrovía.
 1. Protocolo de Navegación y Seguridad
 2. Protocolo de Asuntos Aduaneros
 3. Protocolo de Asuntos Tributarios
 4. Protocolo sobre Seguros
 5. Protocolos sobre solución de controversias
 6. Protocolo de Cese provisorio de bandera

Reglamentos Complementarios del Acuerdo

1. Reglamento Transporte de Mercadería sobre Cubierta en Embarcaciones;
2. Reglamento Único de Balizamiento;
3. Glosario Uniforme de los Servicios Portuarios;

4. Reglamento para Prevenir los Abordajes;
5. Reglamento para la Determinación del Arqueo de la Embarcaciones;
6. Reglamento para el Plan de Comunicaciones para la Seguridad de la Navegación;
7. Reglamento Único de Dimensiones Máximas de los Convojes de la Hidrovía;
8. Reglamento de Francobordo y Estabilidad para Embarcaciones;
9. Reglamento sobre la Adopción de Requisitos Exigibles Comunes para la Matriculación de Embarcaciones, Inscripción de Contratos de utilización e Intercambio de Información sobre Matriculación de Embarcaciones, Altas, Bajas y Modificaciones;
10. Reglamento de Reconocimientos, Inspecciones y Certificado de Seguridad para Embarcaciones
11. Reglamento Régimen Único de Infracciones y Sanciones de la Hidrovía;
12. Régimen Uniforme para Ejercer el Pilotaje en la Hidrovía;
13. Reglamento Planes de Formación y Capacitación del Personal Embarcado de la Hidrovía Paraguay – Paraná;
14. Reglamento de Seguridad para las Embarcaciones.

3.2 MARCO INSTITUCIONAL

Se ha realizado una lista de los principales actores que intervienen en la navegación y constituyen de esa manera gran parte del marco institucional, se indica una breve descripción y la reglamentación que los sostiene.

3.2.1 Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADES)

La Ley N° 1.561/2000 de Paraguay, promulgada el 21 de julio de 2000, crea el Sistema Nacional del Ambiente (SISNAM), el Consejo Nacional del Ambiente (CONAM) y la Secretaría del Ambiente (SEAM) – actualmente Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADES), estableciendo los organismos responsables de la política ambiental nacional. Su objetivo es gestionar, coordinar y fiscalizar el medio ambiente y los recursos naturales.

El MADES regula y supervisa el cumplimiento ambiental en obras, incluidas las de infraestructura fluvial, dragado y balizamiento. Evalúa impactos ambientales de proyectos y otorga permisos, incluyendo licencias ambientales y planes de gestión ambiental. Coordina con MOPC y DMM para que las obras cumplan criterios de sostenibilidad y conservación de la biodiversidad acuática. También aplica normativas de mitigación y restauración ambiental en la Hidrovía.

Regulación: Ley N° 1.561/2000 crea el Sistema Nacional del ambiente, el Consejo Nacional del Ambiente y la Secretaría del Ambiente. (Ley N° 1.561/2000, 2000) y Ley N° 6.123/2018

que eleva la SEAM a rango de Ministerio, constituyendo el actual MADES (Ley N° 6.123/2018, 2018).

3.2.2 Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MOPC)

Aunque el Ministerio ha existido desde antes en forma de decretos del Poder Ejecutivo (primero como *Ministerio de Obras Públicas y Colonización* en 1940), **la Ley N° 167/1993, es la norma básica vigente que organiza su estructura y funciones** a nivel legal y formal.

El MOPC es la autoridad rectora de la infraestructura fluvial en Paraguay, encargado de planificar, supervisar y coordinar obras en ríos navegables. Supervisa el dragado y balizamiento de canales, asegura la implementación de los protocolos de navegación y aplica normas técnicas internacionales y regionales. Mantiene relaciones con Prefectura y DMM para garantizar seguridad y eficiencia en la navegación. Además, coordina con organismos multilaterales y privados para proyectos de desarrollo fluvial.

Regulación: Ley N° 167/1993 – Ley Orgánica del MOPC (Ley N° 167/1993, 1993).

3.2.3 Ministerio de Industria y Comercio (MIC)

El MIC no es la autoridad directa de la navegación fluvial en Paraguay, pero sí cumple un rol estratégico vinculado al comercio, la logística y la política industrial asociada al transporte por la hidrovía.

Regulación. Ley N° 904/1963 que establece las funciones del Ministerio de Industria y Comercio, Asunción, Congreso Nacional, 1963.

3.2.4 Dirección General de Marina Mercante (DGMM) – MOPC

La DGMM regula la navegación mercante en ríos y lagos interiores de Paraguay, controla la habilitación de embarcaciones y tripulaciones y asegura el cumplimiento del Acuerdo de Santa Cruz 1992 y de los protocolos de Montevideo 1994. Supervisa la seguridad operativa y la infraestructura flotante, coordinando con Prefectura y armadores privados. También mantiene registros de buques, certificaciones y autorizaciones para transporte de cargas comerciales.

Regulación: Decreto N° 16.196/2010 – Reglamento de la Marina Mercante Paraguaya, Asunción, Congreso Nacional, 2010.

3.2.5 Prefectura General Naval

La Prefectura General Naval actúa como autoridad de seguridad y control de la navegación en todos los ríos navegables de Paraguay. Realiza inspecciones, regula tránsito fluvial y supervisa maniobras en coordinación con la DGMM. También implementa medidas preventivas de seguridad, rescate y control ambiental durante operaciones comerciales. Su intervención es clave en la seguridad del tráfico y en la supervisión de dragado y balizamiento.

Regulación: Decreto Ley N° 409/1994 – Reglamenta funciones de la Prefectura General Naval, Asunción, Congreso Nacional, 1994.

3.2.6 Administración Nacional de Navegación y Puertos (ANNP)

La ANNP gestiona los puertos públicos de Paraguay, supervisa concesiones portuarias y asegura la operativa logística de carga y descarga de embarcaciones. Coordina con MOPC y DGMM para integrar los puertos con la Hidrovía Paraguay–Paraná y garantizar eficiencia en transporte mercante. Administra los muelles y servicios portuarios, y regula el uso de infraestructura crítica para evitar conflictos entre actores privados y estatales.

Regulación: Ley N° 1.422/1987 – Ley de Puertos y Navegación Interior, Asunción, Congreso Nacional, 1987.

3.2.7 Armada Nacional

La Armada Nacional tiene competencia sobre la seguridad, vigilancia y defensa de los ríos navegables, incluyendo el río Paraguay. Supervisa el tránsito fluvial militar y civil, coordina con Prefectura y MOPC en casos de obras, operaciones especiales y emergencias. Además, provee apoyo técnico y logístico en hidrografía, balizamiento y rescate fluvial. Su labor garantiza seguridad operacional, prevención de accidentes y cumplimiento de normas internacionales de navegación. Participa también en programas conjuntos con organismos multilaterales y regionales para mantenimiento de la Hidrovía.

Regulación: Ley N° 484/1995 – Ley Orgánica de la Armada Nacional Asunción, Congreso Nacional, 1995.

3.2.8 Instituto Geográfico Militar (IGM)

El Instituto Geográfico Militar es el organismo encargado de producir información cartográfica y geográfica precisa en Paraguay, fundamental para la navegación fluvial y planificación de obras hidráulicas. Genera mapas que sirven al MOPC, DGMM, Prefectura y empresas de dragado. Su labor asegura que la navegación sea segura y eficiente, contribuyendo a la planificación de tramos críticos y señalización de canales. Además, coordina con la Armada y organismos internacionales para armonizar estándares cartográficos. Su información es clave para la toma de decisiones en infraestructura y seguridad fluvial.

Regulación: Ley N° 1.675/2000 – Ley del Instituto Geográfico Militar, Asunción, Congreso Nacional, 2000.

3.2.9 Comisión del Acuerdo de la Hidrovía (CIH)

Órgano multilateral de los cinco países firmantes del Acuerdo de Santa Cruz (Argentina, Bolivia, Brasil, Paraguay y Uruguay). Supervisa la aplicación de los tratados, protocolos y normas técnicas, resuelve controversias y asegura igualdad de trato. Emite recomendaciones, coordina proyectos de infraestructura y valida decisiones de dragado,

balizamiento y navegación. Su autoridad es esencial para garantizar cumplimiento regional y evitar medidas unilaterales.

Regulación: Acuerdo de Santa Cruz de la Sierra 1992; Protocolos de Montevideo 1994.

Referencias: Acuerdo de Santa Cruz de la Sierra 1992; Protocolos de Montevideo 1994.

3.2.10 Asociación Latinoamericana de Integración (ALADI)

La ALADI es un organismo multilateral que actúa como depositario jurídico del Acuerdo de Santa Cruz y sus protocolos. Garantiza respaldo legal y custodia del tratado, sirviendo como referencia en conflictos legales o disputas internacionales. Participa indirectamente en la supervisión de la Hidrovía y sirve de marco para arbitraje y resolución de conflictos. Es clave para legitimidad jurídica de acuerdos y decisiones adoptadas por la CIH.

Regulación: Estatutos de ALADI; Acuerdo de Santa Cruz de la Sierra 1992.

Referencias: Asociación Latinoamericana de Integración. Estatutos y funciones como depositario de tratados; Acuerdo de Santa Cruz de la Sierra 1992.

3.2.11 Centro de Armadores Fluviales y Marítimos – CAFyM

Un actor privado muy importante es el Centro de Armadores Fluviales y Marítimos del Paraguay (CAFyM), es un gremio que representa a armadores y empresas navieras ante las autoridades y organismos multilaterales. Participa en negociaciones sobre peajes, dragado, tasas y regulaciones de navegación. Actúa como intermediario en conflictos económicos y facilita la coordinación sectorial con MOPC, DGMM y Prefectura. Además, asesora a socios sobre el cumplimiento normativo y promueve la seguridad y la eficiencia en la navegación. Su voz es clave en decisiones políticas de la Hidrovía.

Regulación: Ley N° 508/1995 Comisión del Acuerdo de la Hidrovía (coordinación sectorial y participación gremial); participación en foros regulados por CIH.

3.2.12 Empresas de Dragado y Balizamiento (Privadas)

Son contratistas privados encargados de ejecutar el dragado y balizamiento del río Paraguay según los planes del MOPC y los protocolos de Montevideo 1994. Mantienen la navegabilidad segura, profundizan canales, colocan balizas y señalización y coordinan con DGMM y Prefectura para operaciones. Deben cumplir normas técnicas y ambientales, además de garantizar continuidad del tráfico mercante y cumplir los plazos de obra. Su intervención es clave para mantener la Hidrovía operativa durante todo el año.

Regulación: Ley N° 508/1995 – Ley Orgánica del MOPC; Decreto N° 16.196/2010 – Reglamento de contratación y operación de obras fluviales.

3.2.13 Armadores y Navieras (Privados)

Operadores privados que transportan cargas comerciales por el río Paraguay. Deben cumplir normas de seguridad, protocolos internacionales y nacionales, y regulaciones de MOPC, DGMM y Prefectura. Representan a la industria de transporte fluvial, coordinan con CAFyM y cámaras logísticas para resolver conflictos de tarifas y peajes. Su actividad depende del dragado, el balizamiento y regulaciones de navegación seguras. Garantizan la conectividad de Paraguay con mercados regionales e internacionales.

Regulación: Decreto N° 16.196/2010; Acuerdo de Santa Cruz de la Sierra 1992; Protocolos de Montevideo 1994.

3.2.14 Cámaras logísticas y de exportadores (Privado)

Actores privados que utilizan la Hidrovía para exportación e importación de bienes. Coordinan con armadores, puertos y autoridades para garantizar transporte eficiente. Influyen en decisiones de dragado, peajes y horarios. Representan el interés económico del comercio exterior y presionan sobre autoridades para evitar obstáculos administrativos y costos innecesarios. Son parte de la red de actores que mantiene la operativa de la Hidrovía.

Regulación: Ley N° 1.422/1987 – Ley de Puertos; leyes de comercio exterior y reglamentos de transporte interior.

3.2.15 Cámara Paraguay de Terminales y Puertos privados

La Cámara Paraguay de Terminales y Puertos privados (CATERPPA) es un gremio que agrupa los puertos privados a lo largo de los ríos Paraguay y Paraná, enfocándose en la competitividad logística, la mejora de la Hidrovía y la representación del sector ante autoridades, trabajando por la modernización y eficiencia en el comercio exterior.

Los puertos privados en Paraguay son infraestructuras logísticas operadas por empresas privadas que facilitan la carga y descarga de embarcaciones en la Hidrovía. Coordinan con la ANNP y el MOPC para cumplir regulaciones de seguridad, navegación y trámites aduaneros. Participan en la planificación de operaciones portuarias y el manejo de mercancías, asegurando eficiencia en el tránsito fluvial. También negocian tarifas y condiciones con navieras y armadores, generando relaciones estrechas, pero a veces conflictivas con actores públicos. Su intervención es esencial para mantener la operativa comercial de la Hidrovía.

Regulación: Ley N° 1.422/1987 – Ley de Puertos y Navegación Interior.

3.2.16 Prácticos y empresas de pilotaje

Los prácticos y empresas de pilotaje fluvial brindan asistencia especializada para maniobras seguras en tramos complejos de la Hidrovía, garantizando que los buques cumplan con las rutas establecidas y evitando accidentes. Actúan coordinados con la Prefectura, DGMM y armadores, especialmente en zonas de alto tránsito o con corrientes

difíciles. Su labor es esencial para la seguridad operacional y para la continuidad del transporte mercante. Aunque privados, están regulados y certificados por autoridades nacionales. También pueden asesorar sobre navegación en condiciones especiales o durante obras de dragado.

Regulación: Decreto N° 16.196/2010 – Reglamento de la Marina Mercante.

4 ÁREA DE INFLUENCIA



Figura 11. Las grandes regiones del Paraguay

Paraguay ocupa una superficie de 406.752 km², y el río Paraguay divide al país en dos grandes regiones naturales bien diferenciadas:

i) la **Región Occidental** o el denominado Chaco Paraguayo, con un poco más del 90 %, está escasamente poblada (con sólo el 3% de la población), y es una gran planicie aluvial que asciende suavemente hacia la cordillera andina y

ii) la **Región Oriental**, con menos del 40 % de superficie, donde se encuentra el 97% de la población, y se caracteriza por una topografía ondulada con colinas, grandes cerros, anchos valles y abundancia de ríos y arroyos.

El proyecto se encuentra ubicado en la región oriental, en la margen del río Paraguay, zona denominada Paso Bermejo. Dicho paso tiene su nombre por la desembocadura del río homónimo que trae consigo una inmensa cantidad de sedimentos y dificulta la navegación. Si se considera el puerto de la ciudad de Pilar y la boca norte del brazo Liguria, la zona de intervención está a escasos 3 km.

La delimitación del área de influencia se realizó considerando la ciudad de Pilar y el río Paraguay en el paso Bermejo, tomando en cuenta la localización de las actividades pesqueras, los espacios de residencia de la población objetivo y los posibles ámbitos de impacto directo e indirecto.

4.1 ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA (AID)

El área de influencia directa es el lugar físico donde se implementará el proyecto, corresponde al lugar del canal que permitirá al brazo Liguria ser navegable, así como a los 4 recintos de disposición de material y los lugares donde se colocarán las señalizaciones. Desde el punto de vista físico, biológico y social, corresponde además a la franja ribereña del río Paraguay, así como al brazo Ligurias y la zona cercana del Paso Bermejo.

Desde el punto de vista físico, se analizan los cambios en el comportamiento hidrodinámico tanto aguas arriba como aguas abajo y en el río Paraguay y en el canal. También se analizan los cambios morfodinámicos que están definidos por los procesos de erosión y sedimentación, como consecuencia del canal.

Desde el punto de vista biológico se analizan los procesos principalmente de la fauna acuática, y se incluye la avifauna y mamíferos. Así como el cambio de uso de suelo en los pastizales naturales de la isla Ybycuí.

Desde el punto de vista social, en esta área se concentran las interacciones cotidianas entre la población local y el sistema fluvial, así como los potenciales impactos directos derivados de obras hidráulicas, dragados o modificaciones del régimen hidrológico.

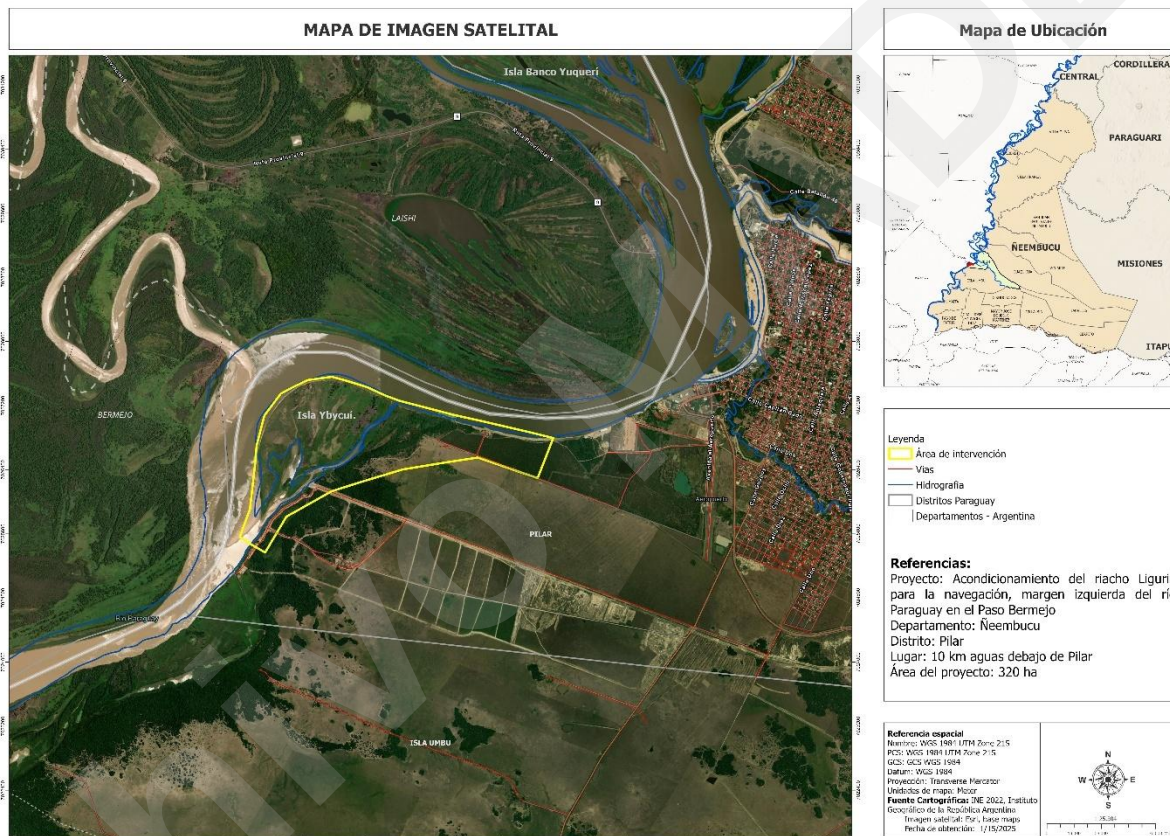


Figura 12. Área de Influencia Directa: el brazo Liguria y la isla Ybycuí

4.2 ÁREA DE INFLUENCIA INDIRECTA (AII)

El área de Influencia Indirecta definida por el MADES es un polígono equidistante a 1.000 m del polígono de intervención.

El modelo que analiza los cambios en el comportamiento hidrodinámico tanto aguas arriba como aguas abajo y en el río Paraguay tiene una extensión que va más allá de los 1.000 m, por la importancia de la obra del canal. También se analizan los cambios morfodinámicos que están definidos por los procesos de erosión y sedimentación, como consecuencia del canal. La figura del dominio del modelo muestra el alcance del análisis.

Para el análisis biológico se consideró el área de 1.000 m, con énfasis en los bosques en galería del brazo Liguria.

Para el análisis social se consideran el área que incorpora los efectos socioeconómicos de segundo orden, asociados a variaciones en la disponibilidad del recurso, en los ingresos familiares y en las dinámicas de empleo local.

- Barrios urbanos y periurbanos de Pilar donde residen pescadores y sus familias.
- Mercados, puntos de venta y circuitos locales de comercialización del producto pesquero.
- Espacios institucionales y organizativos vinculados al sector pesquero.

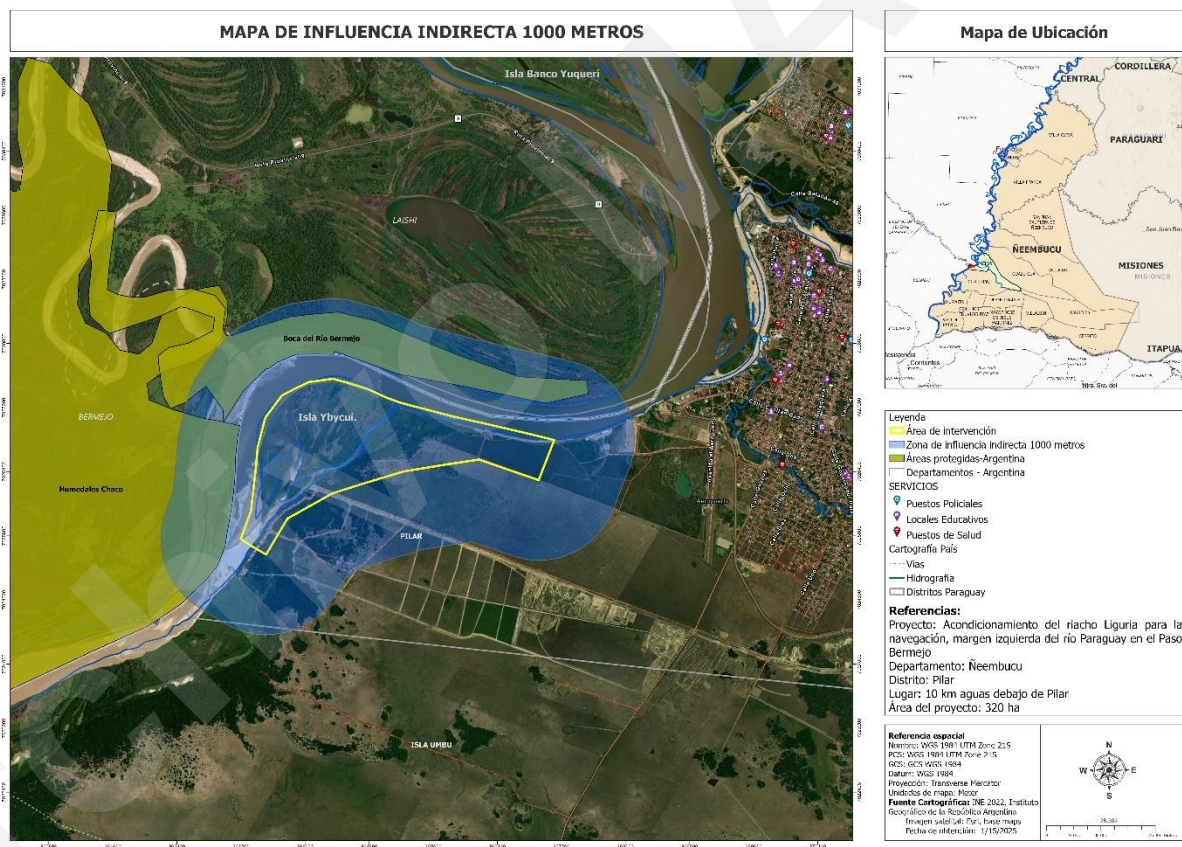


Figura 13. Mapa de Influencia Indirecta 1.000 m del polígono de zona de intervención directa

5 CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL Y SOCIAL

5.1 CARACTERIZACIÓN GEOGRÁFICA

La Cuenca del Plata es un extenso sistema fluvial, ubicado en el este y sur de Sudamérica, conformada por los ríos Paraguay, Paraná, Uruguay y el río de la Plata. Abraza una superficie aproximada de 3.700.000 km² que se ocupan parte de los territorios de Brasil, Bolivia, Uruguay, Argentina y totalidad de Paraguay.

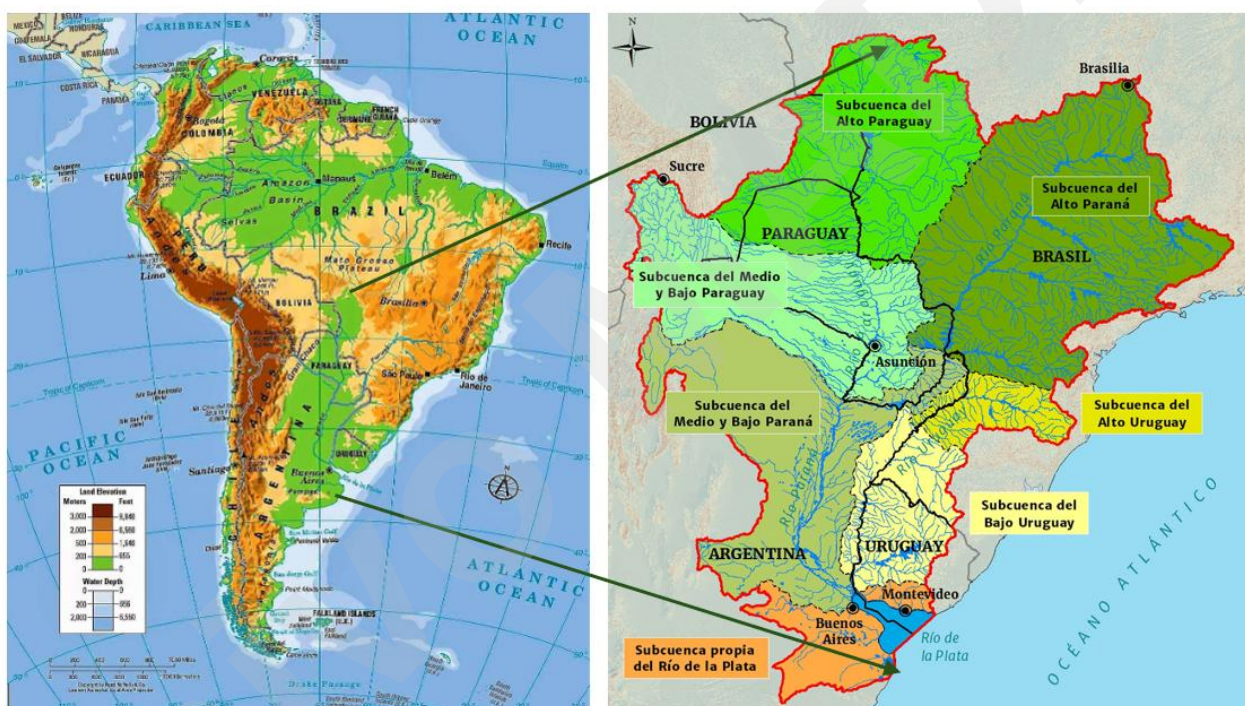


Figura 14. Mapa de la Cuenca del Plata en Sudamérica y el Paso Bermejo ³

5.1.1 La cuenca del río Paraguay

El río Paraguay forma parte de la cuenca del Plata y es el afluente más importante del río Paraná; con una cuenca de aproximadamente 1.100.000 km², que representa un 35% de la Cuenca del Plata. Se trata de un río meandroso, que se extiende por una inmensa llanura aluvial, de muy poca pendiente y extensas planicies de inundación. Recorre 2.625 Km de norte a sur, con un caudal medio del orden de 4.500 m³/s.

- **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) desarrollados en parte de los territorios de Brasil

³ <https://cicplata.org/es/mapas-de-la-cuenca/>

(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 inicial de aproximadamente 140.000 km² (se estima que es mayor), 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 y el paso Itá Pirú (ubicada 47 km al sur de Asunción), que constituye un río ancho de unos 650 m 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 Itá Pirú y la confluencia con el río Paraná, que constituye un río meandroso conformado por un canal principal único acompañado por una serie de brazos y 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, presenta características similares al río Pilcomayo, desemboca en el río Paraguay de manera continua, con una contribución más significativa.

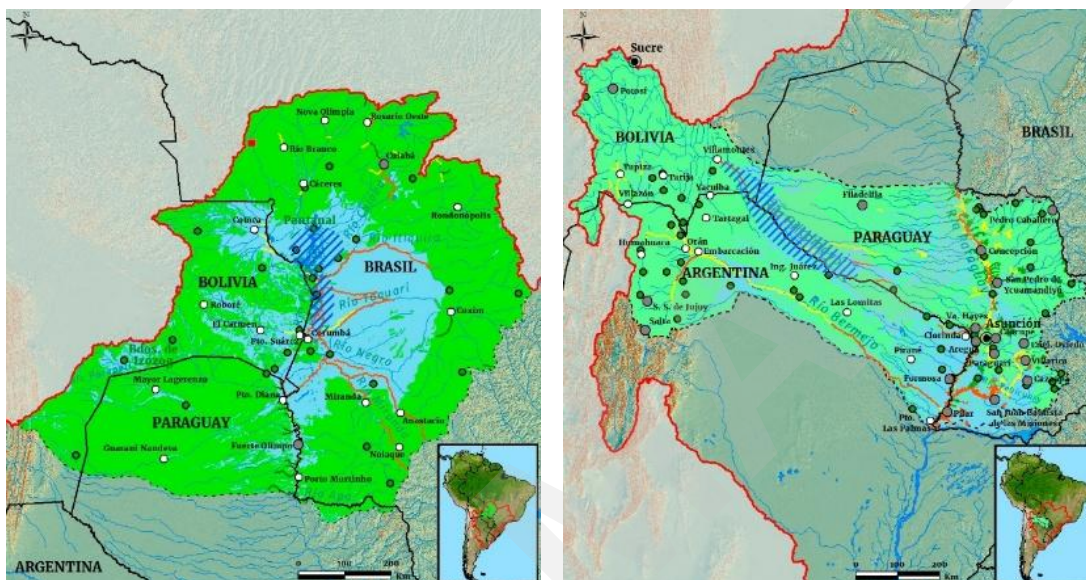


Figura 15. Mapa de la Cuenca alta y baja del río de Paraguay

5.1.2 La cuenca del río Bermejo

La cuenca del Bermejo tiene una extensión de 123.000 km², está ubicada al sur de la cuenca del Pilcomayo y es uno de los cinco abanicos del Gran Chaco Americano. Nace en la cordillera de los Andes, al sur de Bolivia, en el departamento de Tarija y al noreste de Argentina, en las provincias de Salta y Jujuy; para seguir su recorrido por la provincia de Formosa. El río tiene 1.300 km de longitud y conecta la cordillera con los ríos Paraguay, Paraná y el río de la Plata.



Figura 16. Cuenca el río Bermejo

Los índices de erosión en la cuenca y de transporte de sedimentos del río Bermejo se encuentran entre los más altos del mundo, con más de 100 millones de toneladas de sedimentos que se depositan anualmente en el sistema Paraguay-Paraná-del Plata. (COBINABE, 2010).

Las condiciones topográficas son muy diferentes: la alta cuenca con un relieve pronunciado de serranías y valles aluviales; y la baja cuenca se extiende desde el pie de montaña por la extensa planicie chaqueña hasta la desembocadura en el río Paraguay.

El régimen hidrológico de la cuenca presenta una gran variabilidad temporal y espacial, en el primer caso, se cuenta con un periodo prolongado de escasez de lluvia y otro de intensas lluvias en el periodo estival. La ocurrencia de estas lluvias intensas se concentra en los extremos de la cuenca, donde la precipitación promedio anual alcanza 1.200 mm, mientras que en el centro de la cuenca se reduce a la mitad, con 600 mm anuales.

Aguas abajo de la unión del río San Francisco con el río Bermejo, se tiene un caudal módulo de 450 m³/s, que representa un 2,5% del caudal del Paraná (18.000 m³/s); en contraste a este pequeño porcentaje de aporte líquido, los sedimentos de esta cuenca constituyen cerca del 75% del total de caudal sólido, considerando los aforos de sólidos en suspensión. La alta producción de sedimentos de la cuenca alta, por sus características geológicas, de relieve, uso y tipo de suelo, con precipitaciones intensas le confieren un rasgo característico a esta cuenca que aporta alrededor de 100 millones de toneladas anuales de sedimentos al sistema Paraguay-Paraná-Delta y río de la Plata (COBINABE, 04/2010).

Los sedimentos provenientes del río Bermejo tienen un impacto profundo y determinante en todo el sistema del Plata, desde el tramo medio del río Paraná hasta el océano Atlántico. A continuación, se detallan sus principales efectos según las fuentes:

- **Aporte masivo de carga sólida:** El río Bermejo aporta aproximadamente 100 millones de toneladas anuales de sedimentos al sistema Paraguay-Paraná-Delta y río de la Plata. Esto representa entre el 75% y el 85% de la carga sólida total del río Paraná a la altura de Corrientes.
- **Incremento de la turbidez en el Paraná:** El Bermejo es el principal causante del notorio incremento en la concentración de sedimentos suspendidos del río Paraná aguas abajo de su confluencia con el Paraguay. Antes de recibir estos aportes, el Alto Paraná transporta sedimentos muy homogéneos (principalmente arcillas), pero tras la confluencia, la carga se vuelve polimodal con un fuerte predominio de limos.
- **Crecimiento y avance del Delta:** La carga de sedimentos finos (limos y arcillas) es fundamental para el crecimiento del Delta del Paraná. Actualmente, se estima que el frente del Delta avanza a una tasa de 100 m por año debido a la deposición de estos materiales cuando las aguas desbordan hacia zonas de baja velocidad en las planicies e islas.
- **Sedimentación en canales de navegación:** Gran parte de los sedimentos finos transportados solo encuentran condiciones favorables para depositarse al llegar al río de la Plata y sus canales de navegación. Los materiales que se extraen mediante el dragado de mantenimiento en canales como el Mitre, el de Acceso y Punta Indio son casi exclusivamente limos originados en la cuenca del Bermejo.
- **Renovación de suelos en planicies de inundación:** Durante los periodos de crecida y desborde, las fracciones más finas (limos y arcillas) se asientan sobre las planicies de inundación del Paraná medio e inferior, conformando y renovando los estratos superficiales de estos terrenos.
- **Trazado mineralógico:** La influencia del Bermejo es tan marcada que se puede rastrear mediante el análisis de minerales como la *illita* y la *clorita*. Estos minerales, típicos de la erosión de zonas áridas andinas, están ausentes en el Alto Paraná, pero representan el 60% de las arcillas en el estuario del Plata, confirmando que el Bermejo es su fuente principal.

La situación crítica del Paso Bermejo acapara la atención de los medios de comunicación, por la gravedad de las condiciones, que se agravan con la intensificación de los eventos extremos que trae el cambio climático. Con una bajante muy pronunciada en el río Paraguay y una crecida ordinaria del río Bermejo.

Embarcaciones varadas en paso Bermejo ante crítica situación del río Paraguay

Una veintena de embarcaciones están varadas en la zona del paso Bermejo, ante la crítica situación del río Paraguay.

Marzo 08, 2022 06:00 p. m.



En la imagen se puede observar unas 20 embarcaciones que estarían amarradas esperando que se realicen las tareas de dragado, lo que permitirá el paso de las mismas en la zona. Foto: paraguayfluvial.com.

Figura 17. Crítica situación en el Paso Bermejo ⁴

⁴ <https://www.ultimahora.com/embarcaciones-varadas-paso-bermejo-critica-situacion-del-rio-paraguay-n2990352>

Pilar: Intensas labores para retirar sedimentos en la desembocadura

Toneladas de sedimentos se acumulan en la desembocadura del río Bermejo, impidiendo el paso de las embarcaciones comerciales. Se espera retomar la navegación este lunes.

Marzo 09, 2025 06:00 a. m.



Dragado. Una draga opera a tiempo completo para intentar remover los sedimentos que taponan el paso. *Gentileza*

Figura 18. Necesidad de dragado en Paso Bermejo⁵

5.1.3 Hidrovía Paraguay – Paraná (HPP)

La Hidrovía Paraguay-Paraná (HPP) constituye un corredor fluvial navegable estratégico de Sudamérica que integra los ríos Paraguay y Paraná, conectando el interior de los países de la Cuenca del Plata con el Océano Atlántico.

⁵ <https://www.ultimahora.com/pilar-intensas-labores-para-retirar-sedimentos-en-la-desembocadura>



Figura 19. Hidrovía Paraguay Paraná (HPP)

El diseño y operación de la HPP implican aspectos técnicos complejos, particularmente en la parte correspondiente al río Paraguay, que es uno de los principales tramos de la vía navegable. La Hidrovía es un corredor fluvial natural y mejorado técnicamente mediante obras de ingeniería (balizamiento, dragado, señalización y mantenimiento del canal) para permitir la navegación continua de convoyes de embarcaciones con productos comerciales (cereales, minerales, combustibles). El sistema se extiende desde Puerto Cáceres (Brasil) hasta Puerto Nueva Palmira (Uruguay), con una longitud total de aproximadamente 3.442 km; incluyendo el río Paraná.

Su propósito técnico es habilitar el tránsito durante todo el año, mejorando el comercio y reduciendo los riesgos de aislamiento económico para países mediterráneos como Paraguay y Bolivia y optimizando el transporte de carga desde el interior hacia los puertos marítimos.

El río Paraguay, depende fuertemente de la precipitación en su cuenca; las sequías o bajantes prolongadas pueden reducir considerablemente los niveles de agua, generando problemas de navegabilidad técnica, y obligando a ajustes operativos.

Además, existen obstáculos naturales como barras, bancos de arena y rocas expuestas en temporadas de bajo caudal, que requieren constante monitoreo batimétrico y trabajos de mantenimiento. Por lo tanto, el régimen de aguas y la morfología del canal presentan retos técnicos:

- El cauce del río es **sinuoso**, con tramos de alta meandrosidad que dificultan el tránsito continuo de convoyes largos sin maniobras adicionales.
- Existen **variaciones estacionales importantes** en los niveles de agua, con descensos que pueden reducir notoriamente la profundidad en períodos secos, lo que afecta la navegación sin dragado adicional.

Por lo tanto, para el desarrollo técnico del canal de navegación se realizan trabajos de manera continua, para garantizar que el canal de navegación mantenga las características necesarias para minimizar riesgos de encallamiento y/o de accidentes.

- **Dragado y mantenimiento** del lecho fluvial para profundizar zonas críticas y eliminar acumulaciones de sedimentos.
- **Balizamiento y señalización** hidráulica para orientar a las embarcaciones en el corredor, especialmente en tramos sinuosos o con variaciones de caudal.
- **Batimetría e hidrometría** para evaluar variaciones estacionales de niveles, identificar puntos críticos y planificar las intervenciones.

5.2 CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO FÍSICO

5.2.1 Clima

El clima de Paraguay se caracteriza por ser tropical, con variantes de seco y húmedo y una tendencia a la continentalidad. Los veranos en Paraguay son muy calurosos y lluviosos, mientras que los inviernos son templados y secos. Un factor fundamental que influye en el clima de Paraguay es su baja altitud, lo que permite una libre circulación de las masas de aire (Secretaría de Emergencia Nacional, 2018). Según Grassi *et al.* (Grassi, B.; Pastén, A. M.; Armoa, J., 2004), citados por Pastén *et al.*, las sequías y las inundaciones son fenómenos climáticos comunes en Paraguay; los veranos son largos, calurosos y húmedos, y los inviernos son breves, suaves y secos, aunque entre julio y agosto suelen registrarse heladas con frecuencia (Pastén, M., González, V., Espínola, C., 2011).

Paraguay cuenta con dos estaciones claramente diferenciadas: una lluviosa y otra seca. La estación lluviosa ocurre durante la primavera y el verano austral, mientras que la estación seca se da en el otoño y el invierno austral. Los meses más secos son julio y agosto, mientras que los más lluviosos van de octubre a marzo. Las precipitaciones en verano suelen ser torrenciales y varían significativamente entre diferentes regiones (Secretaría de Emergencia Nacional, 2018).

La temperatura media anual en Paraguay varía entre 21°C en el sureste de la región Oriental y más de 25°C en el norte del Chaco. En esta última región se registran las temperaturas máximas medias más altas, superando los 31°C. En verano, las temperaturas pueden superar ocasionalmente los 40°C, mientras que en la región Oriental las

temperaturas medias más bajas rondan los 15°C, y en invierno se suelen registrar heladas importantes en gran parte del país (Pastén, 2009).

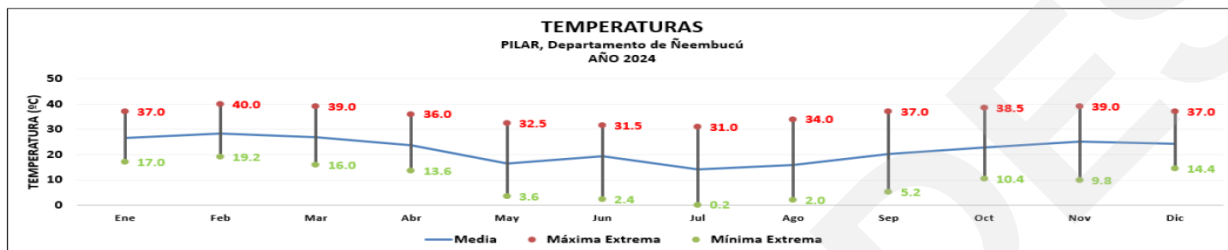


Figura 20. Temperatura media mensual, máxima extrema y mínima extrema en Pilar, en el año 2024⁶

Según el Atlas Mundial del Clima, la ciudad de Pilar tiene un promedio de precipitación de 1.320 a 1.350 mm al año, con el mes más lluvioso en noviembre y el más seco en agosto. La misma fuente indica que la temperatura media anual varía entre 22 y 24°C, con una máxima promedio mensual de 34°C y mínima promedio de 10,9°C.⁷

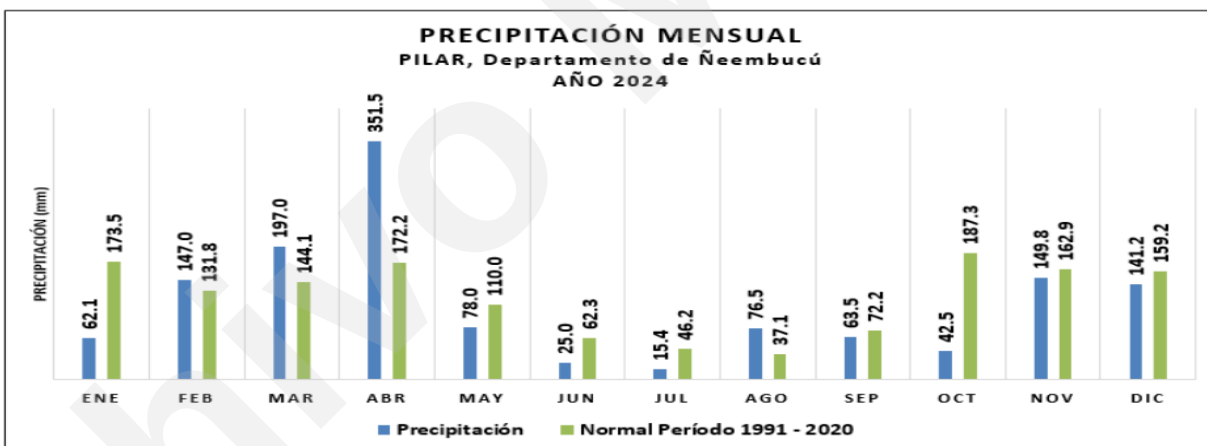


Figura 21. Precipitación media mensual en Pilar, en el año 2024

5.2.2 Geología de la zona de estudio

Desde el punto de vista geológico, Paraguay se encuentra asentado sobre dos formaciones diferentes: el "escudo brasileño" y la "depresión andina" que, en gran parte, se corresponden con las regiones antes indicadas. La región Oriental es más diversa presentando formaciones del Arcaico o Precámbrico, Paleozoico y Mesozoico (es decir entre los 65 y más de 600 millones de años) mientras que la totalidad de la región Occidental, salvo algunas excepciones, se corresponde con formaciones de edades más recientes (menos de 65 millones de años).

⁶ https://www.meteorologia.gov.py/wp-content/uploads/2025/06/anuario_final_2024.pdf

⁷ weather-atlas.com/en/paraguay/pilar-climate?utm_source=chatgpt.com

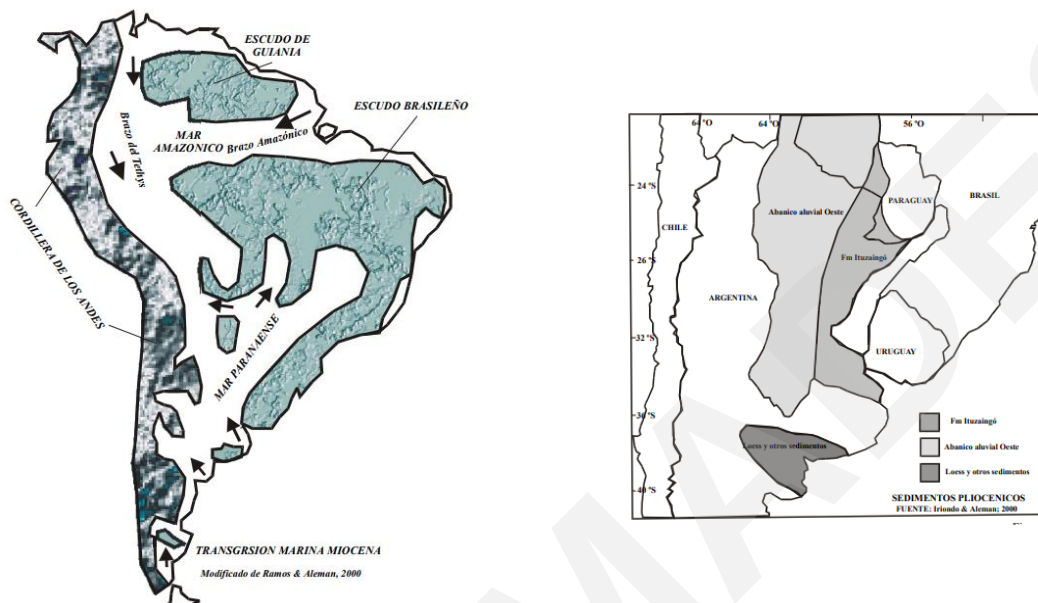


Figura 22. Transgresión marina en Sudamérica y Formaciones sedimentarias

Duarte realiza la propuesta de iniciar con la visión del continente, para ello describe cómo la morfología actual de Ñeembucú tuvo sus orígenes en el hundimiento generalizado de dicha región durante el Mioceno; y como consecuencia de ello, durante el Mioceno Superior, se desarrolló una transgresión marina rasa o poco profunda (Iriondo, 2000) que ingresó al continente Suramericano cubriendo todo su extremo oriental pudiendo haber conectado al Río de la Plata con el Mar Caribe a lo largo del flanco oriental de los Andes. (Gómez Duarte).

Retirado el mar, en el Plioceno, ocurre la sedimentación continental y la intensificación de los procesos orogénicos en el oeste con los Andes, "Formación Chaco" dando origen a los abanicos formados por los sedimentos aluviales provenientes de la cordillera y otros tanto provenientes del este depositados por el río Paraná o "Formación Paraná" que corresponde al a Formación Ituzzaingó en Argentina y Formación San Antonio en Paraguay.

A continuación, se presentan, en primer lugar, un conjunto de Figuras que sintetizan la geología del Paraguay y su correspondiente columna estratigráfica y, en segundo lugar, la caracterización geológica regional. En líneas generales, el "cinturón plegado Paraguay – Araguaia" y el "cratón de Guaporé", rasgos típicos de la geología correspondiente a la República Federativa del Brasil, se extienden desde territorio brasileño y conforman, en la región Oriental del Paraguay, dos cratones independientes: a) el Cratón del río Apa en el Norte (frontera con el Estado de Mato Grosso do Sul); y b) el Cratón del río Tebicuary (en el Centro – Sur).

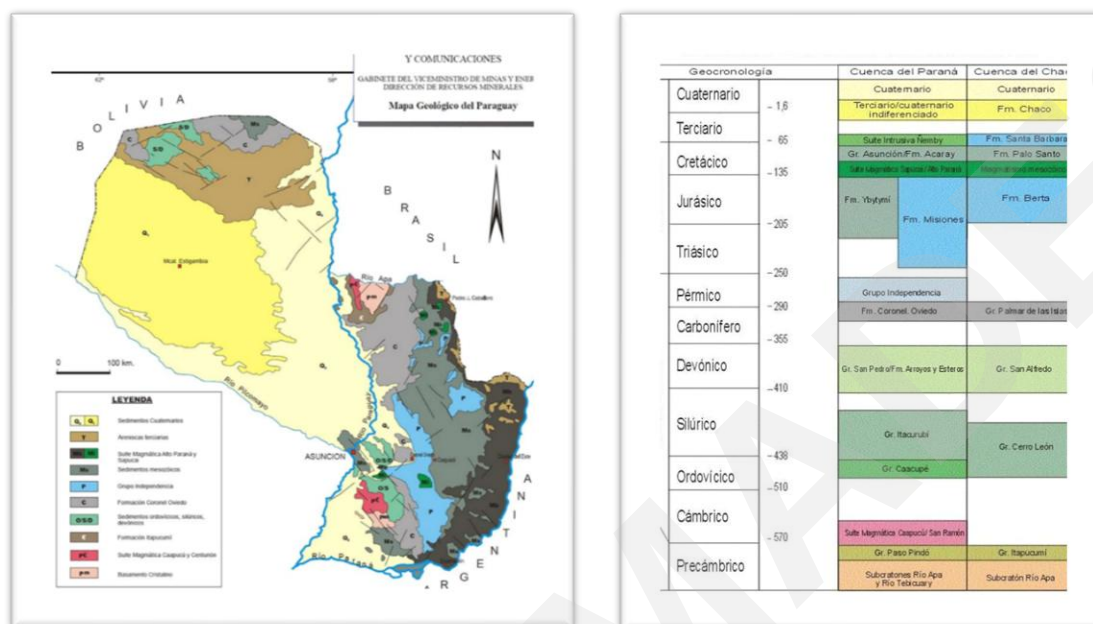


Figura 23. Mapa geológico del Paraguay y columna estratigráfica. Fuente: Viceministerio de Minas y Energía del Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MOPC)

De acuerdo con el texto explicativo y las descripciones realizadas en el marco del denominado “Proyecto PAR 1986” correspondiente a la elaboración del Mapa Geológico del Paraguay a escala 1:1.500.000,10 se observa que los materiales que afloran en las zonas más próximas al río Paraguay son depósitos cuaternarios (Q) de la Formación San Antonio, constituido por areniscas claras, de granulometría mediana a gruesa, con gravillas dispersas intercaladas con lutitas.

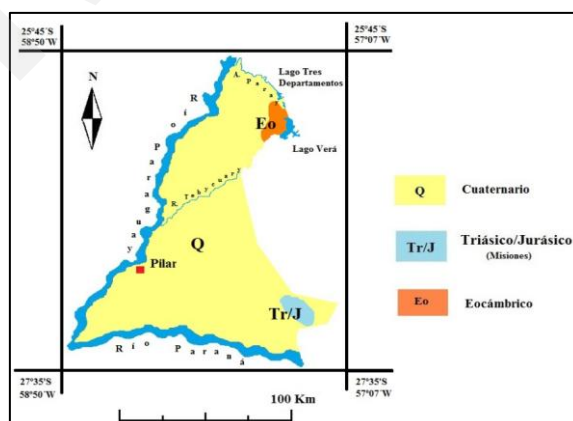


Figura 24. Mapa geológico del departamento de Ñeembucú ⁸

8 [Geología del Departamento de Ñeembucú - Paraguay](https://www.geologiadelparaguay.com.py/Mapaspordepartamentos.htm) (obtenido de la web)
<https://www.geologiadelparaguay.com.py/Mapaspordepartamentos.htm>

La Hoja SG-21 ("Asunción") del "Mapa Geológico y de Recursos Minerales de América del Sur a escala 1:1.000.000", evidencia que el área de estudio y sus alrededores corresponden a un conjunto de materiales de edad Cenozoica pertenecientes al Plioceno, Pleistoceno y Holoceno; (SEGEMAR y CPRM, 2010) distribuidos como se indica en el mapa y se detalla en la referencia.

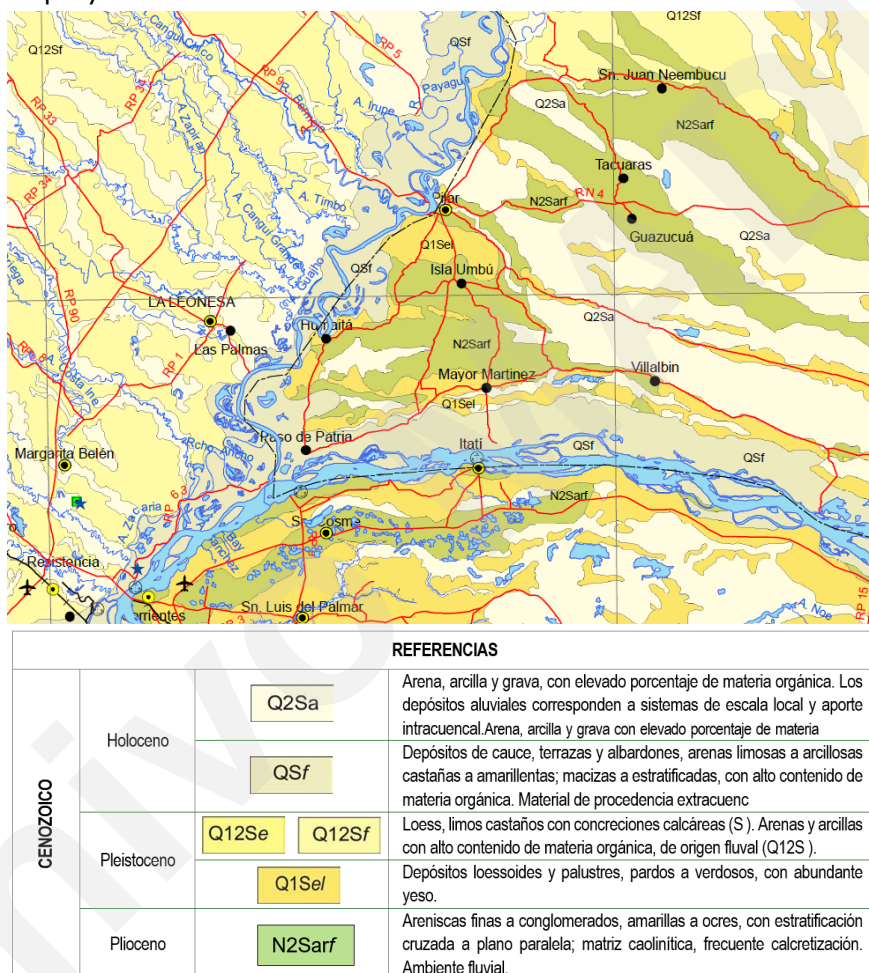


Figura 25. Acercamiento de la Hoja Geológica SG-21 Escala 1.000.000 Asunción⁹

Duarte propone un bosquejo geológico en los esteros de Ñeembucú, Figura 26, cuya denominación y descripción es la siguiente:

1. **Formación Yabebyry.** Se trata de una unidad, de edad Plioceno – Pleistoceno Inferior, que puede observarse en las inmediaciones del arroyo del mismo nombre, presenta una secuencia de estratificación planar constituida por arenas cuarzosas, de colores ocráceos, blancos y rojizos, con frecuentes concreciones ferruginosas de tamaño variable y niveles de areniscas finas, laminares y micáceas (muscovita).

⁹ <https://repositorio.segemar.gov.ar/handle/308849217/2875>

No se tienen datos sobre su espesor en Paraguay; no obstante, la bibliografía indica espesores máximos de 150 m (en la ciudad de Corrientes, Argentina). Desde el punto de vista paleo ambiental, corresponde a una secuencia típicamente fluvial, depositada por el río Paraná, en condiciones similares a las actuales, evolucionando luego hacia un régimen de menor competencia.

2. **Formación Ñeembucú.** Corresponde a un conjunto de sedimentos grisáceos a blancuzcos, de estructura masiva y aspecto loessico, a veces pulverulento, con algunos niveles de cenizas volcánicas blanquecinas y pátinas de óxido de manganeso, con potencia (espesor) entre 2,0 a 5,0 m, que hacia la base presentan concreciones calcáreas que le dan el aspecto de una tosca blanquecina que, incluso, aparece infiltrada en los materiales correspondientes a la formación subyacente. Ubicado en las inmediaciones del río homónimo, en la ciudad de Pilar y en las partes altas del relieve de llanura.
3. **Formación Laureles.** Duarte denomina así a unos paleosedimentos más recientes del río Paraná, probablemente del Holoceno, que conforman una faja bien definida de sedimentos, cuyo componente primario es una arena limpia, finamente granulada y cuarzosa, formada por gruesas capas de varias decenas de metros de profundidad, cortadas por cauces y canales actuales.

Hacia las márgenes del río Paraguay, en los bancos de los meandros antiguos se depositaron sedimentos fluviales recientes.

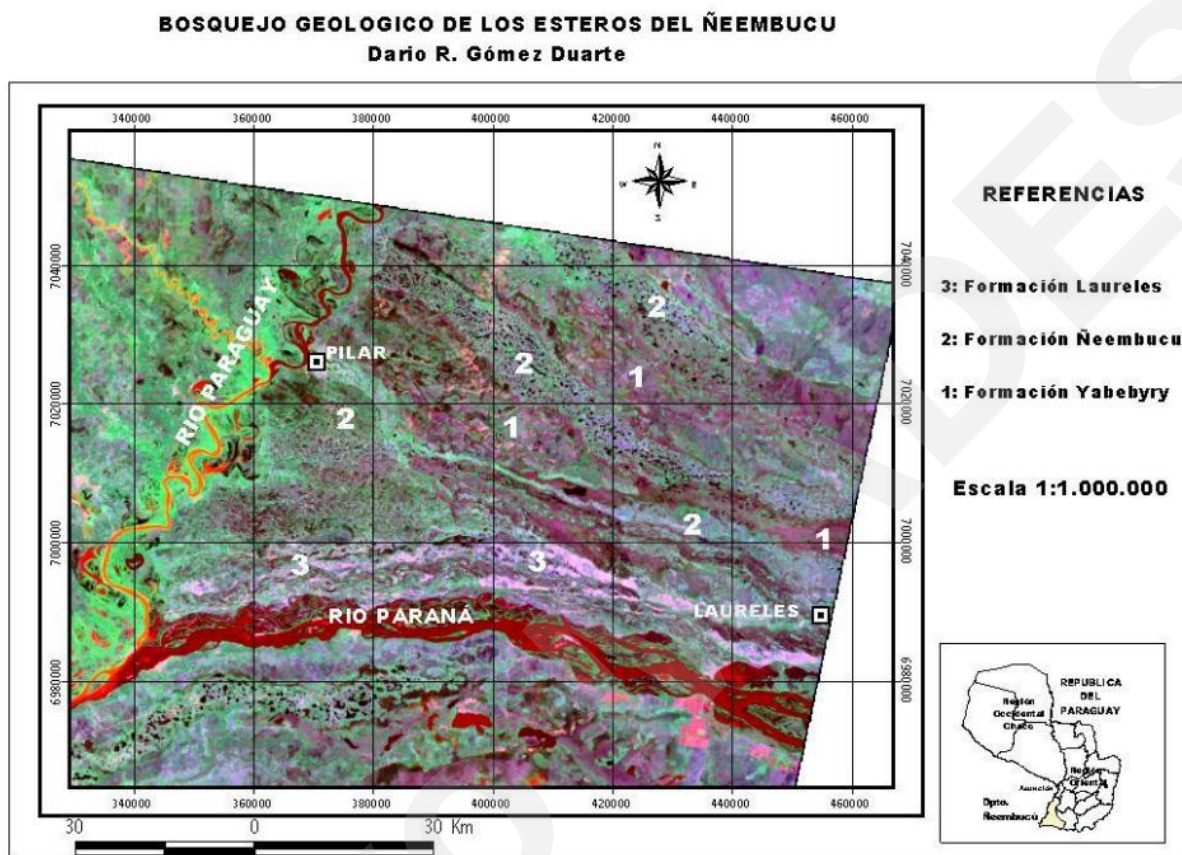


Figura 26. Bosquejo Geológico de los Esteros de Ñeembucú ¹⁰

5.2.3 Geomorfología

La geomorfología de la zona de estudio se caracteriza por el abanico aluvial definido por el comportamiento del río Bermejo, y la fluviomorfología meandriforme del río Paraguay. Los abanicos aluviales del Chaco, descritos por Scioli, 1974 y por Iriondo, 1993; son unas geoformas propias formadas por los ríos andinos, al ingresar en la llanura chaqueña.

¹⁰ <https://geologiadelparaguay.com.py/BosquejoGeol%C3%B3gicodellosEsteros.pdf>

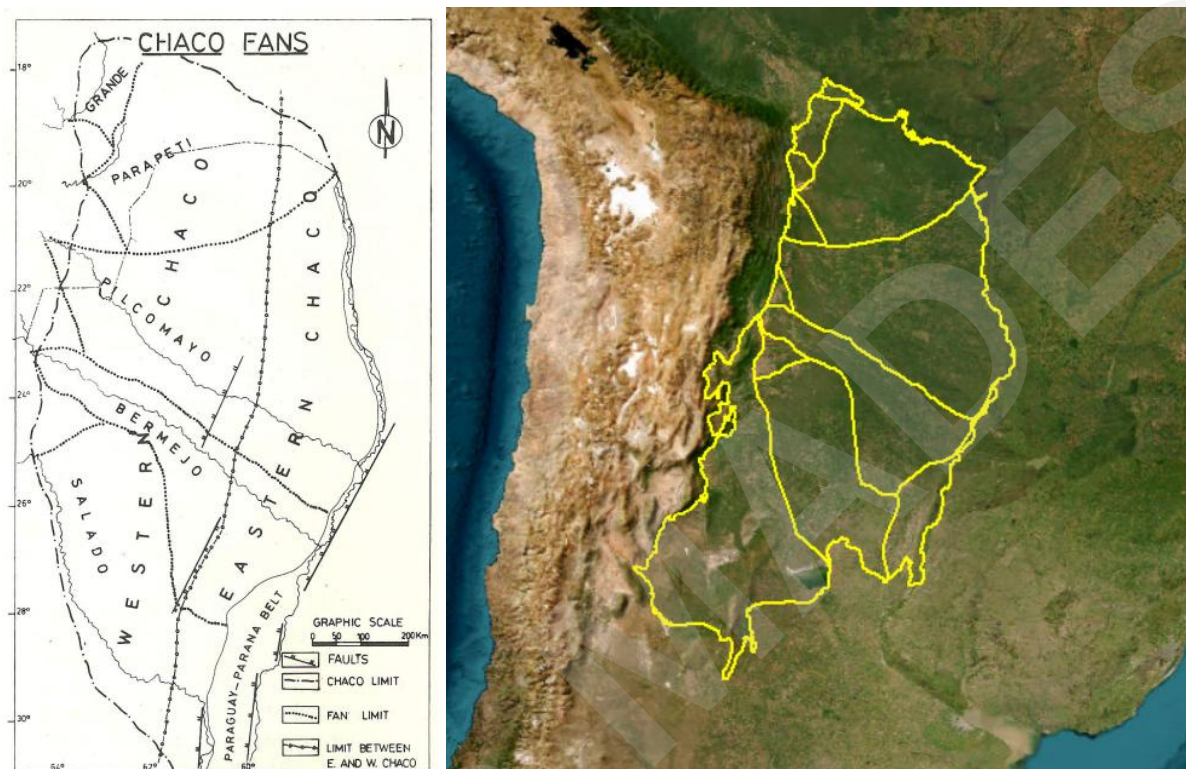


Figura 27. Abanicos aluviales del Chaco

Los grandes abanicos aluviales del Chaco, definidos en estudios de [Martín Iriondo](#) (1993, 2000), son geoformas formadas por ríos andinos que descargan hacia la cuenca Paraguay-Paraná. Estos sistemas son: río Grande, Parapetí que se pierde en los bañados el Izoog, el Pilcomayo que es el mayor delta continental de todos, el Bermejo con el mayor aporte de sedimentos que llega a la cuenca del Plata, el Salado; todos ellos caracterizados por una pendiente baja al ingresar en la llanura chaqueña y alta sedimentación.

Como se indicó anteriormente en la descripción de la cuenca del Bermejo, la característica más sobresaliente es la inmensa producción de sedimentos debido a la combinación de factores naturales: el tipo de roca altamente erosionable y expuesta, con fuertes pendientes en la alta cuenca, y con un régimen hidrológico de intensas lluvias, muy concentradas que transportan estos sedimentos. El afluente con mayor aporte sólido es el río Iruya.

La geología de la cuenca del Bermejo está dominada por formaciones sedimentarias poco consolidadas, lutitas, areniscas y depósitos aluviales recientes. Estos materiales presentan baja cohesión y alta erodabilidad. La historia tectónica andina generó estructuras plegadas y falladas, con valles estrechos y fuertes gradientes de pendiente que favorecen la remoción en masa y la erosión fluvial.

El transporte de sedimentos en el río Bermejo ocurre principalmente en suspensión, representando más del 95% de la carga sólida total, el río exporta más de 100 millones de

toneladas anuales de material detrítico hacia el Paraguay-Paraná. Durante la temporada de lluvias, las crecidas transportan grandes volúmenes de sedimentos finos a lo largo de la cuenca. Al ingresar en la llanura chaqueña, la disminución de la pendiente favorece la deposición de sedimentos gruesos, mientras que las fracciones finas continúan su recorrido hasta el río Paraguay (Orfeo, 2014).

5.2.4 Tipo de suelos y uso de suelo

Se presenta el mapa de la zona del proyecto, con la clasificación de suelos de la USDA FAO, según la cual se tiene como principal tipo además del “*agua*” en la zona misma el Albaquic Paleudalf, al sur el Aquic Udifluent y al norte el Typic Psammaquent; todos relacionados a zonas húmedas.

Agua: son las zonas en las cuales hay presencia de agua permanente y temporal, como las planicies aluviales, en condiciones inundadas casi permanentemente,

Albaquic Paleudalf: Este Subgrupo se distingue por ser suelos moteados de baja intensidad de color dentro de los 75 cm superficiales del suelo, pero no presentan el cambio textural entre el ócrico y el argílico con diferencia de 15% de arcilla o más en una distancia vertical de 2,5 cm. Se consideran intermedios entre Albacualf y Paleudalf típicos desarrollados en llanuras aluviales con drenaje deficiente.

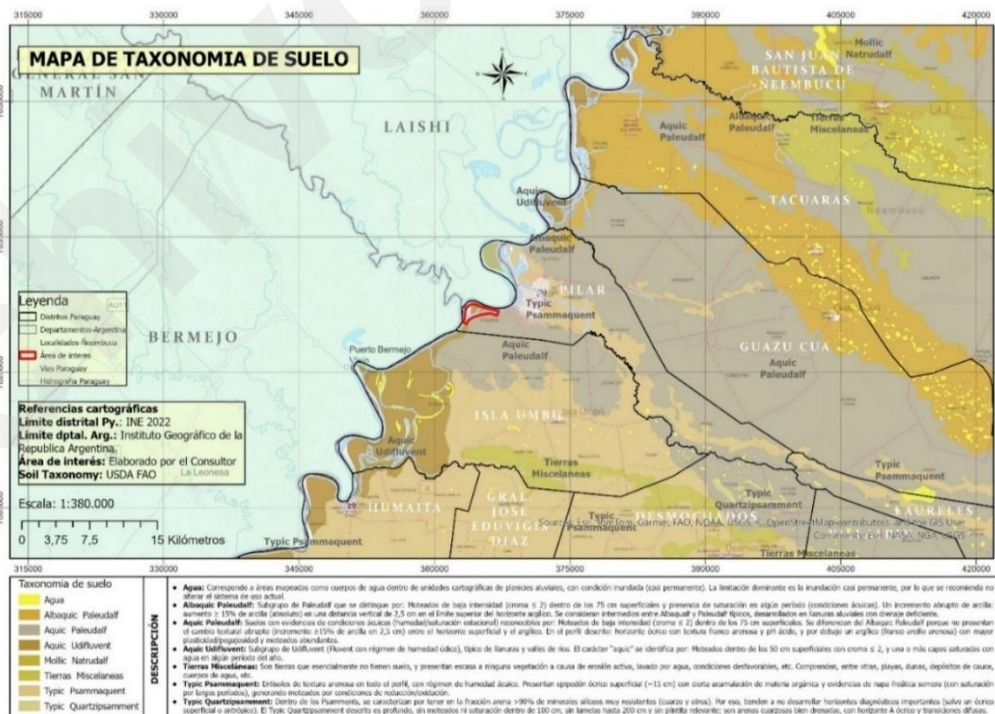


Figura 28. Mapa de taxonomía de suelos en la zona

Aquic Udifluent. Son los suelos Udifluent con el carácter distinguible de condiciones ácnicas, que se refiere a suelos ácidos asociados a ambientes húmedos. En este subgrupo, que se traduce en la presencia de moteados dentro de los 50 cm superficiales que tienen un color con intensidad (croma) de 2 o menos, y también tiene una o más camadas que están saturados de agua en algún período del año.

Typic Psammaquent. aparecen en pequeñas extensiones asociados con el Aquic Paleudalf y Albaquic paleudalf. Son los Entisoles, con régimen de humedad ácnico y de textura arenosa en todo el perfil. El color en límite plano y claro húmedo es pardo a pardo oscuro en el horizonte superficial ócrico y solamente en la camada más profunda es pardo amarillento oscuro, y en estado seco es pardo grisáceo a pardo claro. La vegetación característica es de pastizales naturales, aunque cuando asociado con los Udalf aparecen árboles aislados del tipo xerofítico.

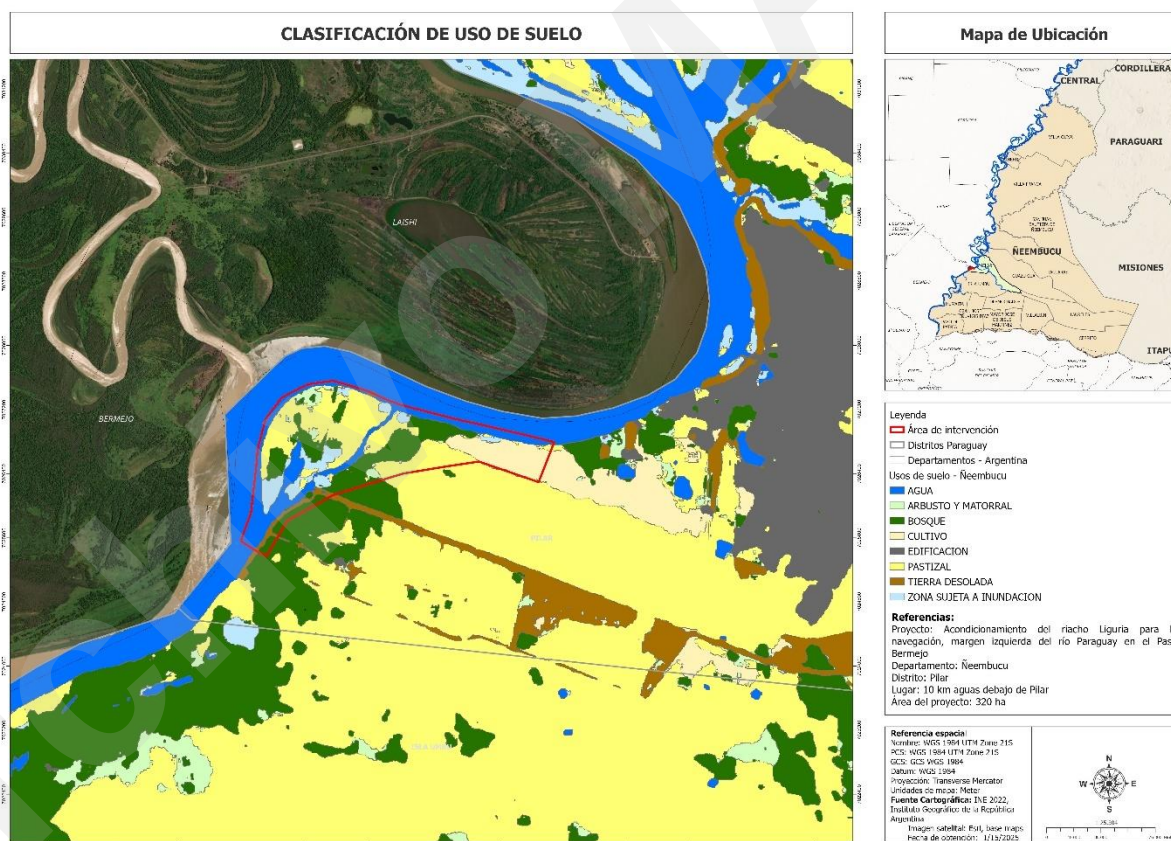


Figura 29. Clasificación de uso de suelo en la zona del proyecto

En cuanto al uso de suelo, además de la presencia del ancho río Paraguay, se tiene la edificación en toda la zona urbana de Pilar, los pastizales y bosques, con algunas pequeñas zonas de cultivo.

5.3 CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL Y SEDIMENTOS

El objetivo general de este capítulo fue diagnosticar e identificar la situación actual de la calidad del agua y los sedimentos, en la zona del proyecto en cuanto al medio físico (aguas superficiales y sedimentos), mediante el análisis de los resultados laborales, considerando parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de referencia.

Para ello se definieron los lugares de muestreo, se realizó el muestreo de las matrices en los 5 puntos definidos en el brazo Liguria, para aguas superficiales y sedimentos, se llevaron las muestras recolectadas a laboratorio y una vez recibidos los resultados de los análisis se realizó una evaluación de estos comparando con la normativa vigente.

Tabla 6. Tramos-áreas de muestreo, identificados como puntos

Nº	Polígono de dragado	Punto de muestreo	Volumen dragado (m³)
1	Tramo 1	Punto 1	121.761
2	Tramo 2	Punto 2	131.015
3	Tramo 5	Punto 3	411.564
4	Tramo 7	Punto 4	71.802
5	Tramo 8	Punto 5	21.403

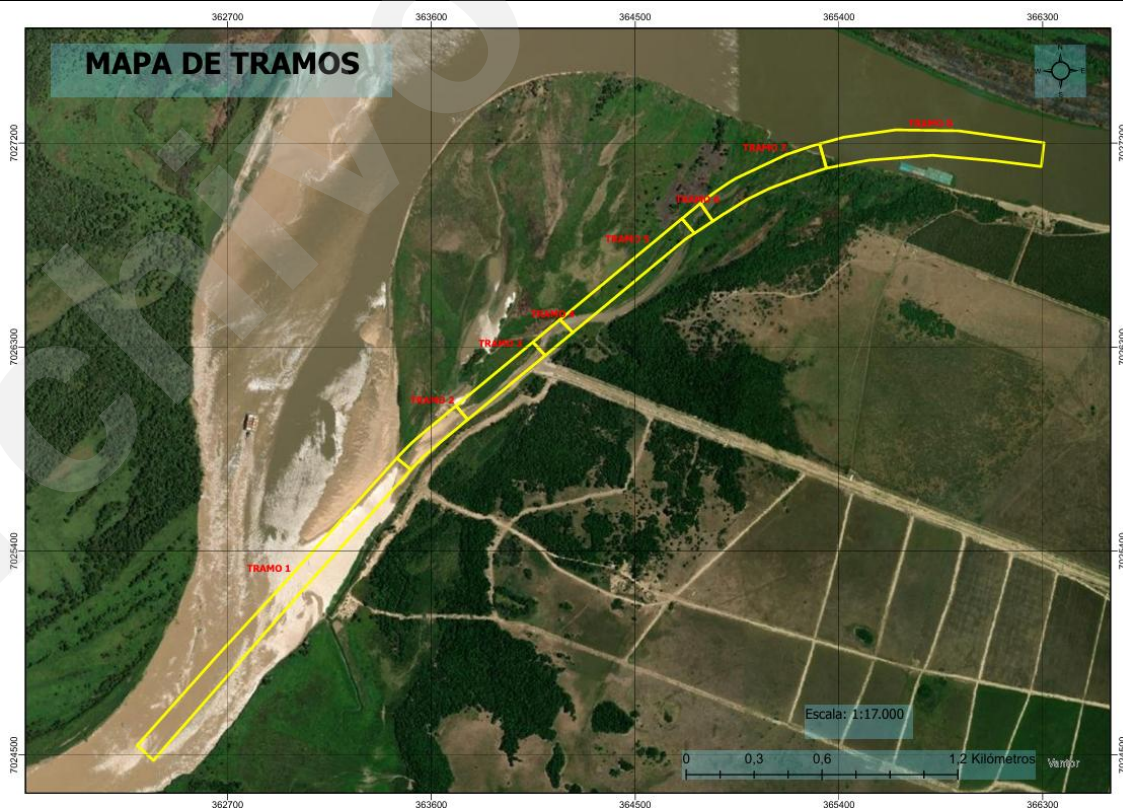


Figura 30. Mapa de tramos-áreas de muestreo

Fuente: Elaborado por el equipo especialista en SIG (enero, 2026)

La jornada de colecta comenzó el lunes 26 de enero de 2026, en horas de la mañana y culminando por la tarde. Al día siguiente, en el transcurso de la jornada se procedió a la entrega de las muestras con la debida cadena de custodia (identificadas, lacradas y conservadas a bajas temperaturas) a un laboratorio de ensayos acreditado por el ente regulador (Organismo Nacional de Acreditación – ONA).

La institución encargada de realizar los análisis solicitados fue el Centro Multidisciplinario De Investigación Tecnológica de la Universidad Nacional de Asunción (CEMIT-UNA), ubicado en el Campus Universitario, en la ciudad de San Lorenzo.

5.3.1 Marco normativo

5.3.1.1 Marco normativo de calidad del agua

Para las aguas superficiales, se realizó el análisis según la Resolución SEAM N° 222/2002 por la cual se establece el padrón de calidad de aguas del territorio nacional, según el artículo 1º, las aguas Clase 4 son aquellas destinadas para la navegación, armonía paisajística y usos menos exigentes, se analizan los parámetros con los límites establecidos (SEAM, 2002).

- a) Materiales fluctuantes, inclusive espumas no naturales: virtualmente ausentes,
- b) Color y aspecto: No objetables,
- c) Aceites y grasas: se toleran trazas,
- d) Sustancias fácilmente sedimentables que contribuyan a la colmatación e impidan la libre navegación: virtualmente ausentes,
- e) Índice de fenoles: hasta 1 mg/L,
- f) OD (Oxígeno disuelto): superior a 2 mg/L,
- g) pH: 6-9.

Por otro lado, en la Resolución N° 255/2006, establece que la clasificación de las aguas superficiales de la República del Paraguay, según la cual en el artículo 1º se declara de Clase 2 a todas las aguas superficiales conforme a lo establecido en el artículo 3º, de la anterior resolución anterior (SEAM, 2006).

A modo de información se resalta que las Clases establecidas en la Res. N° 222/2002, se clasifican según el uso que se le dará al cauce, y en la Res. N° 255/2006 se establece como Clase 2, a todas las aguas del territorio nacional, de manera a facilitar la gestión. Por lo tanto, se utilizaron dichos parámetros netamente para tener una referencia ya que no se contempla otra utilización de estas. La finalidad del estudio y su relevancia consistieron en conocer el estado actual del cauce.

Se consideran de **Clase 2** las aguas destinadas:

- a) Para abastecimiento doméstico después de los tratamientos convencionales.

- b) Para protección de las comunidades acuáticas.
- c) Para recreación de contacto primario (esquí acuático, natación).
- d) La irrigación de hortalizas que son consumidas crudas, las frutas que crecen en los suelos y que sean ingeridas crudas sin la remoción de la película.
- e) La cría natural y/o intensiva (acuicultura), de especies destinadas para la alimentación humana

5.3.1.2 Marco normativo de calidad de sedimentos

A falta de legislación nacional, se aplicó como referencia la Resolución OPDS N° 263/2019 de la República de Argentina, la cual en su Art 1° indica *... "Aprobar como Anexo 1 (IF-2019-12755061-GDEBA-DPEIAOPDS) las normas y el procedimiento para la Declaración de Impacto Ambiental de los proyectos de dragado en puertos y canales de acceso en jurisdicción de la provincia de Buenos Aires"* (OPDS, 2019).

Anexo I. Normas y procedimiento para la declaración de impacto ambiental de proyectos de dragado en puertos y canales de acceso.

Capítulo II. De los sitios, diagnósticos y las muestras de caracterización:

- Artículo 7°. Clasificación según la complejidad ambiental.
- Artículo 8°. De la cantidad de sitios diagnósticos.
- Artículo 9°. Criterios para determinar la ubicación y cantidad de sitios.
- Artículo 10°. Procedimiento de toma de la muestra según el tipo de dragado.
- Artículo 11°. De las condiciones de validez de las muestras del material.

5.3.2 Metodología de muestreo el análisis de agua superficial

El muestreo de agua superficial se efectuó el lunes 26 de enero de 2026 en horas de la mañana y de la tarde, en los puntos definidos para cada tramo de intervención, identificados en la Figura 30. La selección de los parámetros analizados se realizó tomando como base la Resolución SEAM N° 222/2002, que establece el padrón de calidad de aguas superficiales en el territorio nacional.

Las muestras fueron recolectadas directamente del cuerpo de agua, evitando zonas de remanso o superficies con material flotante, a una profundidad representativa, utilizando envases limpios y adecuados para cada tipo de determinación analítica, considerado lo establecido en la metodología (acreditada) del laboratorio de Calidad de Agua del CEMIT-UNA.

Posteriormente, las muestras fueron preservadas de acuerdo con los parámetros a analizar, manteniéndose en condiciones de refrigeración y protegidas de la luz cuando correspondía. Cada muestra fue debidamente rotulada, registrándose fecha, hora, punto de muestreo y observaciones de campo relevantes.

El transporte y la entrega de las muestras fue realizado bajo estricta cadena de custodia hasta su ingreso al laboratorio del CEMIT-UNA, el martes 27 de enero de 2026 en horas de la mañana.

Elementos de protección utilizados

- Guantes de látex
- Bata de seguridad
- Botas de lluvia
- Salvavidas

Elementos utilizados para el muestreo de aguas superficiales

- Envases de plástico de 2 (dos) litros de capacidad
- Envases esterilizados de 100 (cien) mL de capacidad
- Envases de vidrio color ámbar 1 (un) litro de capacidad
- Recipiente colector/jarra
- Conservadora con hielo

Instrumentos utilizados para la medición de parámetros in situ

- pHmetro
- Conductivímetro
- Oxímetro
- Termohigrómetro

5.3.2.1 Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos analizados

En los resultados de los análisis se incluyeron los parámetros analizados y el límite según la Resolución N° 222/2002 de la SEAM.

Se resalta que se muestrearon los tramos 1, 2, 5, 7 y 8, en adelante, punto: 1, 2, 3, 4 y 5, respectivamente, identificados en la Figura 30. En este sentido, se indica que en cada punto de muestreo/tramo, se tomaron 2 (dos) submuestras y se realizó el mezclado homogéneo para tener una única muestra en cada tramo/punto.

5.3.3 Resultados in situ para la matriz agua superficial

Los datos de los parámetros medidos in situ se presentan a continuación.

Tabla 7. Resultados in situ

Parámetros	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	Unidad de medida	Resolución N° 222/02 Art. 3°
Temperatura	30,4	30,7	30,7	30,7	30,7	°C	SR
pH	7,0	6,49	6,54	6,66	6,58	UpH	6,0 – 9,0

Parámetros	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	Unidad de medida	Resolución N° 222/02 Art. 3°
Conductividad	171,8	151,5	156,4	167,7	161,0	µS/cm	SR
Oxígeno Disuelto	5,76	5,87	5,65	5,57	5,98	mg O ₂ /L	5

Nota: SR: Sin referencia

5.3.4 Resultados de laboratorio de agua superficial

Se presenta un anexo en el cual se detallan los análisis por cada uno de los tramos.

5.3.4.1 Comparación de resultados por cada punto-tramo

Tabla 8. Resultados laborales para la matriz de aguas superficiales

N°	Parámetro	Unidad de medida	Punto 1 (Tramo 1)	Punto 2 (Tramo 2)	Punto 3 (Tramo 5)	Punto 4 (Tramo 7)	Punto 5 (Tramo 8)	Límite SEAM Res. 222/02
1	pH	Unidad pH	7,00	6,49	6,54	6,66	6,58	6,0–9,0
2	Conductividad	µS/cm	172	152	156	168	161	Sin límite
3	Oxígeno disuelto	mg/L	5,76	5,87	5,65	5,57	5,98	≥5
4	Turbidez	NTU	159	27,1	26,2	25,0	24,3	100
5	DQO	mg O ₂ /L	55,0	50,0	52,5	148	55,0	Sin límite
6	Sólidos suspendidos	mg/L	18,0	16,0	12,4	12,8	18,8	Sin límite
7	Sólidos disueltos totales	mg/L	126	148	147	163	152	500
8	Grasas y aceites	mg/L	11,2	12,8	17,5	13,2	12,8	Virtualmente ausente
9	Densidad	g/mL	0,990	0,990	0,991	0,990	0,990	Sin Referencia
10	Coliformes fecales	NMP/100 mL	<1,8	13	17	49	13	≤1000

5.3.5 Interpretación de resultados de muestreo de aguas superficiales

Punto 1 – Tramo 1

Los resultados muestran valores adecuados de pH y oxígeno disuelto, lo que indica condiciones aceptables de calidad del agua. Sin embargo, se observa una turbidez elevada (159 NTU), superior al valor de referencia establecido por la normativa, posiblemente asociada a procesos de resuspensión de sedimentos o dinámica natural del río, o la cercanía a la desembocadura del Bermejo.

Punto 2 – Tramo 2

Los parámetros analizados se encuentran dentro de los rangos aceptables según la Resolución SEAM N° 222/02. El oxígeno disuelto presenta valores adecuados para el mantenimiento de organismos acuáticos y los sólidos disueltos totales permanecen muy por debajo del límite máximo.

Punto 3 – Tramo 5

La calidad del agua en este punto es similar a la observada en el Punto 2, con valores adecuados de pH, oxígeno disuelto y turbidez. Los parámetros físicos-químicos indican condiciones típicas de cuerpos de agua fluviales con moderada carga de sedimentos.

Punto 4 – Tramo 7

Los resultados evidencian condiciones estables de calidad de agua, con niveles adecuados de oxígeno disuelto y turbidez moderada. El valor de DQO es relativamente superior a los demás puntos, lo cual podría asociarse a la presencia de materia orgánica natural transportada por el sistema fluvial.

Punto 5 – Tramo 8

Los parámetros analizados presentan valores similares a los observados en los demás puntos de muestreo. El pH se mantiene dentro del rango permitido, el oxígeno disuelto es adecuado y los sólidos disueltos totales se encuentran por debajo del límite establecido por la normativa vigente.

Interpretación general de los resultados

Los resultados obtenidos indican que la mayoría de los parámetros analizados se encuentran dentro de los límites establecidos por la Resolución SEAM N° 222/2002 para aguas superficiales Clase II. El oxígeno disuelto en todos los puntos supera el valor mínimo requerido (5 mg/L), lo que sugiere condiciones adecuadas de oxigenación del sistema hídrico. Los sólidos disueltos totales también se encuentran por debajo del límite de 500 mg/L.

Se observa un valor elevado de turbidez en el Punto 1 (Tramo 1), superando el límite de referencia de 100 NTU, lo cual podría estar asociado a la dinámica sedimentaria natural del río Paraguay o a procesos de resuspensión de sedimentos. Los resultados microbiológicos

indican concentraciones de coliformes fecales muy por debajo del límite establecido, evidenciando ausencia de contaminación fecal significativa en los puntos evaluados.

5.3.6 Metodología de muestreo de sedimentos

El muestreo de sedimentos se realizó el lunes 26 de enero de 2026 en horas de la mañana y de la tarde mediante el uso de una draga tipo Van Veen de acero inoxidable, instrumento ampliamente empleado en estudios ambientales de sistemas fluviales para la recolección de sedimentos superficiales, debido a su eficiencia para obtener muestras representativas del lecho sin alterar significativamente sus características físicas y químicas.

Los puntos de muestreo fueron definidos en función de los polígonos de intervención del proyecto indicados en la Figura 30, tomando como referencia técnica la Resolución OPDS N° 263/2019, de la República de Argentina, ante la ausencia de normativa nacional específica para la evaluación de la calidad de sedimentos.

En cada punto seleccionado, la draga Van Veen fue descendida lentamente hasta el fondo del cuerpo de agua, manteniendo las mandíbulas abiertas mediante el sistema de retención. Al contactar el lecho, se libera el mecanismo de sujeción, permitiendo el cierre automático de las mandíbulas por acción de la gravedad, capturando el sedimento superficial. Posteriormente, el equipo fue izado cuidadosamente para evitar la pérdida de material fino.

El material recolectado fue inspeccionado visualmente para verificar la integridad de la muestra. Las submuestras obtenidas en cada polígono fueron homogeneizadas en campo para conformar una muestra compuesta representativa, la cual fue destinada al análisis granulométrico y, de corresponder, al análisis químico de sedimentos.

Las muestras fueron colocadas en recipientes adecuados, previamente acondicionados, rotuladas correctamente y preservadas conforme a los requerimientos del laboratorio de análisis. El traslado se realizó bajo condiciones controladas, asegurando la cadena de custodia hasta su entrega el martes 27 de enero de 2026 en horas de la mañana al Laboratorio del CEMIT-UNA.

Elementos de Protección utilizados

- Guantes de látex
- Bata de seguridad
- Botas de lluvia
- Salvavidas

Elementos utilizados para el muestreo de sedimentos

- Bolsas de polietileno de alta densidad, especial para muestreo.
- Draga de acero inoxidable tipo Van Veen

Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos

En los resultados se encuentran los parámetros solicitados y la unidad de medida utilizada según metodología de análisis del laboratorio del CEMIT-UNA.

Se resalta que se muestrearon los tramos: 1, 2, 5, 7 y 8, en adelante, punto: 1, 2, 3, 4 y 5, respectivamente, identificados en la Figura 30. En este sentido, se indica que en cada punto de muestreo/tramo, se tomaron 7 submuestras en los tres primeros tramos, luego 4 y luego 3, seguidamente se procedió a la homogeneización con el fin de tener una única muestra en cada punto/tramo.

5.3.7 Resultados de laboratorio de sedimentos

Tabla 9. Resultados de laboratorio de los parámetros en sedimentos

N°	Parámetro	Unidad	Punto 1 (Tramo 1)	Punto 2 (Tramo 2)	Punto 3 (Tramo 5)	Punto 4 (Tramo 7)	Punto 5 (Tramo 8)	Límite Res. OPDS N° 263/2019 Rep. Arg.
1	Mercurio	mg/kg	<0,00500	<0,00500	<0,00500	<0,00500	<0,00500	0,3
2	Cadmio	mg/kg	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	1
3	Plomo	mg/kg	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	50
4	Cobre	mg/kg	6,97	<5,00	16,9	14,4	<5,00	36
5	Zinc	mg/kg	7,97	<5,00	34,3	3,2	<5,00	123
6	Cromo Total	mg/kg	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	81
7	Arsénico	mg/kg	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	29
8	Níquel	mg/kg	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	35
9	Grasas y Aceites HTP	g/100 g	0,138	0,550	0,0330	0,0846	0,266	1.000

5.3.8 Interpretación de resultados de muestreos de sedimentos

Punto 1 – Tramo 1

Los resultados del análisis de sedimentos en el Punto 1 indican concentraciones muy bajas de metales pesados, con valores de mercurio, cadmio, plomo, cromo, arsénico y níquel por debajo de los límites de detección del laboratorio. Las concentraciones de cobre (6,97 mg/kg) y zinc (7,97 mg/kg) corresponden a niveles bajos y compatibles con sedimentos naturales de ambientes fluviales. El contenido de grasas y aceites (0,138 g/100 g) también se encuentra dentro de rangos reducidos, sin evidencias de contaminación significativa por hidrocarburos.

En conjunto, los resultados sugieren que los sedimentos en este punto reflejan condiciones naturales asociadas a la dinámica sedimentaria del sistema fluvial.

Punto 2 – Tramo 2

En el Punto 2, los resultados muestran concentraciones de metales pesados inferiores a los límites de detección analíticos para la mayoría de los parámetros evaluados. Tanto cobre como zinc se reportan por debajo de los niveles de cuantificación del laboratorio, lo que indica ausencia de enriquecimiento metálico en los sedimentos. El contenido de grasas y aceites (0,550 g/100 g) representa el valor más alto entre los puntos analizados, aunque sigue siendo relativamente bajo y compatible con aportes naturales o con la presencia de materia orgánica en el sedimento.

En general, los resultados indican condiciones geoquímicas estables sin evidencia de contaminación relevante.

Punto 3 – Tramo 5

Los sedimentos correspondientes al Punto 3 presentan valores detectables de cobre (16,9 mg/kg) y zinc (34,3 mg/kg), superiores a los observados en los puntos anteriores, aunque aún dentro de rangos considerados típicos para sedimentos fluviales. El resto de los metales pesados se mantiene por debajo de los límites analíticos de detección. El contenido de grasas y aceites (0,033 g/100 g) corresponde al valor más bajo registrado entre los puntos muestreados. Las concentraciones observadas podrían asociarse a la dinámica natural de transporte y deposición de sedimentos finos en el sistema fluvial.

Punto 4 – Tramo 7

En el Punto 4 se observan concentraciones de cobre (14,4 mg/kg) y zinc (33,2 mg/kg) similares a las registradas en el Punto 3, lo cual sugiere una distribución relativamente homogénea de estos elementos en determinados sectores del sistema sedimentario. Los demás metales analizados se encuentran por debajo de los límites de detección del laboratorio. El contenido de grasas y aceites (0,0846 g/100 g) permanece en niveles bajos, sin evidencias de contaminación por hidrocarburos.

En términos generales, las concentraciones registradas son compatibles con aportes minerales naturales del sistema fluvial.

Punto 5 – Tramo 8

Los resultados obtenidos para el Punto 5 muestran concentraciones de metales pesados inferiores a los límites de detección en la mayoría de los parámetros evaluados. Tanto cobre como zinc se encuentran por debajo de los niveles de cuantificación del laboratorio, lo que sugiere una baja acumulación de metales en los sedimentos. El contenido de grasas y aceites (0,266 g/100 g) se mantiene en valores moderados, sin evidencias de contaminación significativa.

En conjunto, los resultados reflejan condiciones geoquímicas típicas de sedimentos fluviales en ambientes con dinámica natural de transporte de materiales.

Interpretación general de los resultados de sedimentos

El análisis de los sedimentos recolectados en los cinco puntos de muestreo (P1–P5) del área de estudio evidencia que las concentraciones de metales pesados evaluados (Hg, Cd, Pb, Cr, As y Ni) se encuentran por debajo de los límites de detección analítica del laboratorio, lo cual indica una ausencia de enriquecimiento geoquímico significativo asociado a contaminación antrópica en los sedimentos del sistema fluvial evaluado.

En relación con los metales detectados, los valores de cobre (6,97–16,9 mg/kg) y zinc (7,97–34,3 mg/kg) se sitúan ampliamente por debajo de los valores límite establecidos en la Resolución OPDS N° 263/2019, los cuales corresponden a 36 mg/kg para Cu y 123 mg/kg para Zn como umbrales de referencia para sedimentos relativamente limpios. Estos resultados son consistentes con concentraciones típicas de sedimentos fluviales naturales asociados a procesos de transporte y deposición sedimentaria en sistemas hidrodinámicamente activos.

Por su parte, las concentraciones de grasas y aceites (HTP) registradas en los sedimentos (0,033–0,550 mg/kg) resultan extremadamente bajas en comparación con el valor límite normativo de 1.000 mg/kg, lo que permite descartar la presencia de contaminación relevante asociada a hidrocarburos o descargas de origen antrópico en el área evaluada.

5.3.8.1 Criterio de Clasificación de material de dragado según la Resolución OPDS N° 263/2019

Considerando los resultados de laboratorio de sedimentos, estos deben compararse con los valores de referencia establecidos en la Resolución OPDS N°263/2019 de la República Argentina, para poder determinar la categoría ambiental del material a dragar.

Los niveles utilizados son: Valor Límite (VL), Valor de Referencia (VR) y Valor de Intervención (VI).

Categoría A: Concentraciones iguales o inferiores al Valor Límite (VL). Se consideran sedimentos limpios que pueden disponerse libremente en el cuerpo de agua.

Categoría B: Concentraciones superiores al VL pero inferiores o iguales al Valor de Referencia (VR). Se consideran sedimentos con moderado compromiso ambiental y su disposición debe ser controlada.

Categoría C: Concentraciones superiores al VR pero inferiores o iguales al Valor de Intervención (VI). Indican impacto ambiental significativo y requieren disposición contenida.

Categoría D: Concentraciones superiores al Valor de Intervención (VI). Indican contaminación elevada y requieren confinamiento o tratamiento previo.

5.3.8.2 Niveles de referencia según la normativa de la Resolución OPDS N° 263/2019

Se presentan los niveles considerados por la normativa de referencia.

Tabla 10. Niveles considerados por la Resolución OPDS N°263/2019-Rep. Arg.

Parámetro	Unidad	VL-Valor Límite	VR-Valor de Referencia	VI-Valor de Intervención
Mercurio	mg/kg	0,3	0,7	10
Cadmio	mg/kg	1	5	12
Plomo	mg/kg	50	300	600
Cobre	mg/kg	36	190	600
Zinc	mg/kg	123	720	1500
Cromo Total	mg/kg	81	370	800
Arsénico	mg/kg	29	55	100
Níquel	mg/kg	35	210	400
Grasas y Aceites (HTP)	g/100 g	1.000	3.000	5.000

De acuerdo con la comparación de los resultados analíticos con los criterios establecidos en la Resolución OPDS N° 263/2019, los sedimentos analizados se encuadran dentro de la **Categoría A**, correspondiente a materiales cuyo contenido de contaminantes es igual o inferior a los valores límite de referencia. Esta clasificación indica que los sedimentos presentan efectos químicos o bioquímicos nulos o insignificantes sobre los ecosistemas acuáticos, siendo considerados ambientalmente aptos para su manejo mediante disposición libre en cuerpos de agua superficiales, siempre que se controlen los efectos físicos asociados a las operaciones de dragado.

En términos generales, los resultados obtenidos reflejan condiciones geoquímicas compatibles con sedimentos fluviales no contaminados, donde las variaciones observadas en ciertos elementos responden principalmente a procesos naturales de sedimentación,

resuspensión y transporte de partículas finas, característicos de sistemas hidro-sedimentológicos asociados al río Paraguay y a los aportes sedimentarios de la cuenca del río Bermejo.

5.3.8.3 Conclusión de los resultados de sedimentos

En consecuencia, desde el punto de vista de la calidad de los sedimentos y del potencial riesgo ambiental asociado a su remoción, se concluye que las condiciones ambientales del área de estudio no presentan restricciones significativas para la ejecución de las actividades de dragado previstas, siempre que dichas operaciones se desarrollen bajo las medidas de manejo ambiental y monitoreo establecidas en el programa de gestión ambiental del proyecto.

Por lo tanto, el dragado proyectado resulta ambientalmente factible desde el punto de vista de la calidad de los sedimentos, ya que el material a remover corresponde a sedimentos con bajo contenido de contaminantes y sin evidencias de contaminación relevante que pudiera generar impactos químicos adversos sobre el ecosistema acuático receptor.

Con base en los resultados obtenidos, el material sedimentario a dragar puede ser considerado ambientalmente apto para su remoción y disposición, no representando un riesgo significativo de movilización de contaminantes hacia la columna de agua o la biota acuática.

5.4 ELABORACIÓN DEL MODELO HIDRODINÁMICO

Se ha utilizado el módulo Delft3D-Flow, el cual constituye el núcleo del software y se encarga de resolver el flujo no permanente junto con el transporte de constituyentes. Este módulo puede operar tanto en modo 2DH (bidimensional horizontal) como en modo 3D. En el modo 3D se permite representar la variación vertical del flujo dividiendo la columna de agua en múltiples capas

El Delft3D 4 Suite es un paquete de simulación numérica desarrollado por Deltares que permite modelar de forma integrada procesos hidrodinámicos, transporte de sedimentos, evolución morfológica, oleaje, calidad del agua y procesos ecológicos. Su estructura modular y su capacidad para acoplar múltiples procesos físicos lo convierten en una herramienta robusta para el análisis de sistemas fluviales, estuarinos y costeros.

En la metodología de la elaboración del modelo hidrodinámico se distinguen los siguientes pasos:

- Construcción de la grilla curvilínea del río Paraguay (canal principal y llanuras aluviales). Su construcción se fundamentó en los estrictos requisitos necesarios para modelar con precisión los procesos morfológicos bidimensionales. Además, durante su diseño se consideraron diversas situaciones específicas que serán simuladas.

- El proceso de calibración y validación del modelo, y finalmente, la simulación de escenarios para el análisis del impacto. Esta fase fue crucial para asegurar que el modelo represente fielmente el comportamiento del río. El objetivo fue ajustar los parámetros de resistencia al flujo (rugosidad) y posteriormente verificar la capacidad predictiva del modelo bajo condiciones diferentes a las de calibración. Un esquema detallado de la metodología utilizada se detalla en este capítulo

Para este caso se aplicó el modo 2DH, en el cual se resuelven las Ecuaciones de Aguas Poco Profundas (Shallow Water Equations, SWE), que corresponden al flujo promediado en profundidad, considerando que las variaciones verticales son pequeñas en comparación con las horizontales. Esta configuración fue adecuada para representar los procesos dominantes en ríos de escasa pendiente y permite reducir significativamente la carga computacional manteniendo una buena precisión en los resultados.

Delft3D-Flow resuelve las SWE, que derivan de una simplificación de las ecuaciones de Navier-Stokes para un fluido incompresible, y el supuesto de presión hidrostática. Estas ecuaciones, promediadas en la vertical, describen la conservación de masa y cantidad de movimiento en dos dimensiones horizontales:

$$\begin{aligned}\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} &= 0 \\ \frac{\partial(hu)}{\partial t} + \frac{\partial(hu^2)}{\partial x} + \frac{\partial(huv)}{\partial y} &= -gh \frac{\partial \eta}{\partial x} + F_x \\ \frac{\partial(hv)}{\partial t} + \frac{\partial(huv)}{\partial x} + \frac{\partial(hv^2)}{\partial y} &= -gh \frac{\partial \eta}{\partial y} + F_y\end{aligned}$$

Ecuación 1 Sistema de Ecuaciones de Aguas Poco Profundas (SWE) en dos dimensiones horizontales (2DH)

Donde:

- h es la profundidad total del agua,
- u y v son las componentes de la velocidad,
- η es la elevación del nivel del agua,
- g es la aceleración de la gravedad,
- F_x y F_y representan las fuerzas externas, como fricción o efectos del viento.

Estas ecuaciones se resuelven mediante el método de diferencias finitas sobre una malla estructurada, utilizando el esquema implícito de direcciones alternas (ADI), que garantiza estabilidad y eficiencia numérica, incluso en condiciones de simulación complejas.

5.4.1 Construcción de la grilla

La modelización en Delft3D requiere la discretización del dominio espacial mediante mallas computacionales para resolver las ecuaciones de aguas poco profundas, utilizando un enfoque de malla escalonada. Si bien las mallas pueden ser rectangulares, curvilíneas o esféricas, las mallas curvilíneas son las más adecuadas para la modelización de ríos, ya que permiten captar eficazmente las líneas irregulares de las orillas (Deltares, 2017).

Es fundamental considerar que, en un sistema de cuadrícula escalonada, la colocación de las variables de campo no se realiza en el mismo punto: las velocidades se definen en los límites de la celda, mientras que el nivel del agua y las presiones se establecen en los centros (Harlow & Welch, 1965). Las variables primitivas como el nivel del agua y la velocidad (u, v, w) describen el flujo y se organizan de manera específica en la malla para la discretización de las ecuaciones 3D de aguas poco profundas.

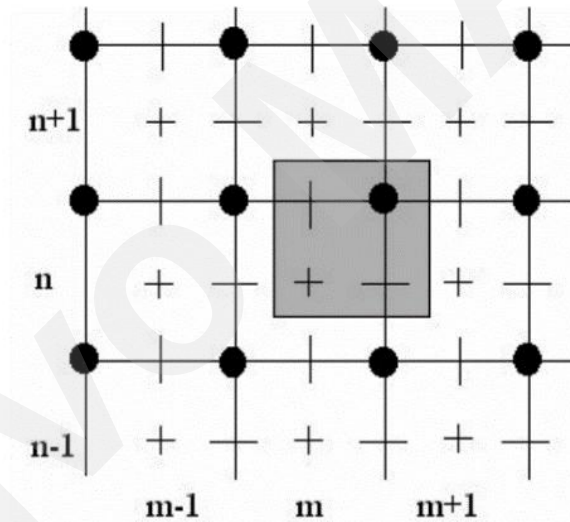


Figura 31. Cuadrícula escalonada de Delft3D-FLOW (Deltares, 2017).

Tabla 11. Referencia de la Figura 31.

Líneas llenas	Cuadrícula numérica
Área gris	Elementos con el mismo índice de grilla (m, n).
+	Nivel de agua, concentración de componentes, salinidad, temperatura.
-	Componente de velocidad horizontal en dirección ξ (también llamada dirección u y m).
	Componente de velocidad horizontal en dirección η (también llamada dirección v y n).
•	Profundidad por debajo del nivel medio (quieto) del agua (nivel de referencia).

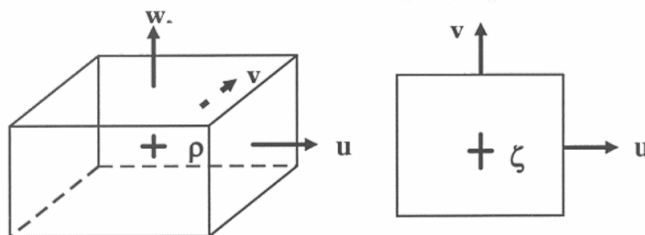


Figura 32. Cuadrícula escalonada, vista 3D (izquierda) y vista superior (derecha)

Leyenda de la Figura 32.

+ nivel de agua (ζ) / punto de densidad (ρ)

→ punto de velocidad (u , v o w)

La elección del tamaño de la grilla es crucial, ya que un menor tamaño de celda incrementa el nivel de detalle, pero también eleva significativamente el tiempo de simulación. Por lo tanto, es necesario encontrar un balance óptimo que permita obtener resultados gráficos precisos y suficientes, sin incurrir en tiempos de corrida excesivamente largos.

Para este estudio, la malla curvilínea del río Paraguay ha sido diseñada cuidadosamente, abarcando tanto el canal principal como las llanuras aluviales. Su construcción se basó en los estrictos requisitos necesarios para modelar con precisión los procesos morfológicos bidimensionales.

Se ha determinado el dominio del modelo que presenta las siguientes características:

Tabla 12. Características del dominio del modelo

Aguas arriba	Pilar, Paraguay
Aguas abajo	Puerto Bermejo, Argentina
Longitud (Km)	33,44
Superficie (Km²)	40

Una cuestión clave en el diseño de la grilla para el modelado morfológico es que debe seguir las líneas normales del canal principal. Una esquematización discontinua de la línea normal causa imprecisiones y distorsión del comportamiento morfológico. La construcción de una grilla en un río con meandros con grandes llanuras aluviales, como en esta zona del río Paraguay, es una tarea laboriosa debido a que la grilla curvilínea también debe cumplir con el criterio de ortogonalidad.

El requisito de ortogonalidad es que el ángulo de la cuadrícula no puede diferir de un ángulo recto en más de 5° . Esto significa que el parámetro de ortogonalidad debe ser menor que el valor del $\sin(5^\circ) = 0,087$.

Además, se dan los siguientes criterios para el diseño de la grilla (Mosselman *et al.* 2005):

- La parte aluvial del canal principal debe esquematizarse con un mínimo de 6 celdas para poder reproducir el perfil transversal del cauce lo suficientemente correcto;
- Tener una relación de aspecto máxima (relación longitud / ancho de celda) de 4;
- Otro criterio importante que debe tenerse en cuenta en la construcción de la grilla es el de suavidad. La diferencia de tamaño entre celdas adyacentes debe ser en el canal principal de menos del 10% y en la llanura de inundación de menos del 50%.
- La siguiente tabla resume las características de la grilla construida. El enfoque se realiza principalmente en la zona de estudio. Partes de la grilla se ilustran en la Figura 34.

Tabla 13. Características de la grilla

Características	Grilla
Número de celdas (longitudinal x transversal)	141x1191
Número de celdas en el cauce principal	60
Ancho promedio de celda en el canal [m]	10 m
Longitud promedia de celda en el canal [m]	40 m
Relación Ancho/Longitud	Menor a 3.5

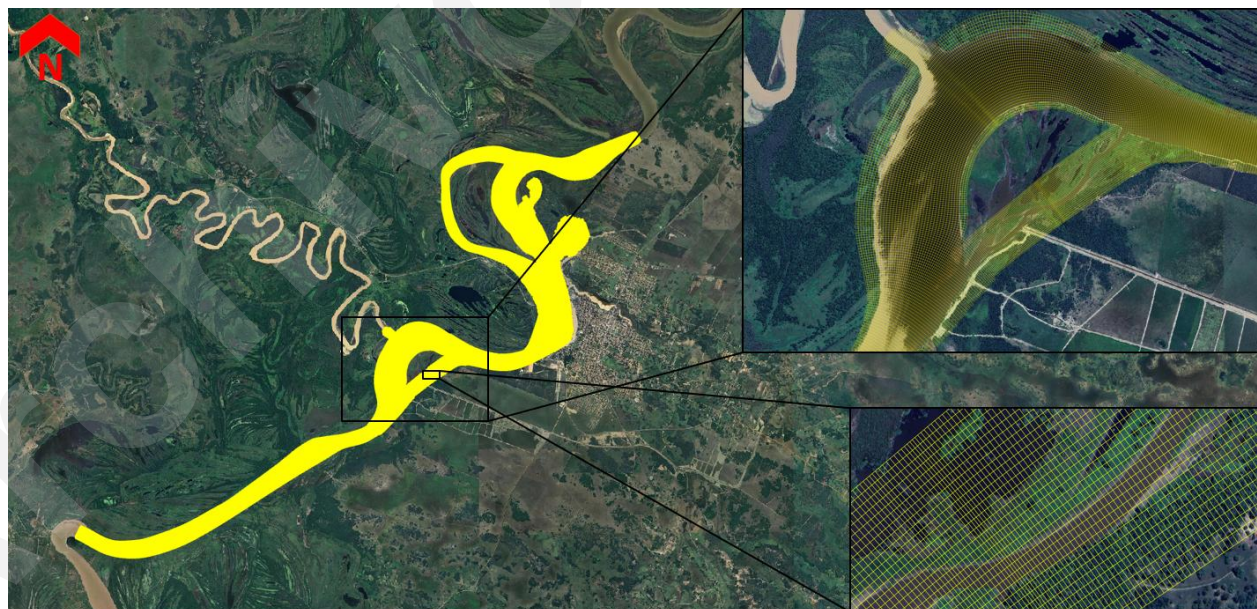


Figura 33. Grilla desarrollada para el modelo hidrodinámico/morfodinámico

5.4.2 Rugosidad del cauce

En la modelación hidrodinámica, buscamos representar el flujo del agua en un sistema. Un factor clave es la rugosidad, que indica la resistencia de las superficies del canal o río al agua. Esta rugosidad, entre el agua y el fondo del cauce (o las planicies), se calcula con el coeficiente de Manning. Para establecerlo, se revisaron las rugosidades usadas en 4 estudios previos en la zona del proyecto:

- Modelo Hidrodinámico del Río Paraguay. Proyecto: Desarrollo e Implementación de un Sistema de Pronóstico de Niveles y Caudales del Río Paraguay. Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción (2018).
- Análisis de la Morfodinámica del río Paraguay en la zona del Banco de San Miguel y de la Bahía de Asunción. (Banco Mundial, 2023).
- Anexo G. Hidrología e Hidráulica del Puente sobre el río Paraguay entre Asunción y Chaco-í
- "Impactos hidrológicos e hidráulicos de los rellenos de la futura PTAR de Bella Vista y la Costanera Norte de Asunción, sobre el barrio Cerrito" Informe Final. (Juan Pablo Nogués, PhD. Enero 2018).

Teniendo en cuenta los datos disponibles, se definió un rango de valores para el coeficiente de rugosidad en el canal con el objetivo de asignar a las planicies de inundación, de calibrar el modelo. Para ello, se evaluaron seis valores: 0,025; 0,026; 0,027; 0,028; 0,029 y 0,030. La Figura 34 presenta un ejemplo correspondiente al valor de 0,025 en el canal, junto con los coeficientes que abarcan distintas coberturas del terreno: zonas urbanas, vegetación baja, media y alta.

Es importante destacar el uso de la herramienta "smoothing", que permite interpolar suavemente los valores de rugosidad entre celdas adyacentes. Esta técnica asegura transiciones graduales en el dominio del modelo, contribuyendo a la estabilidad numérica.

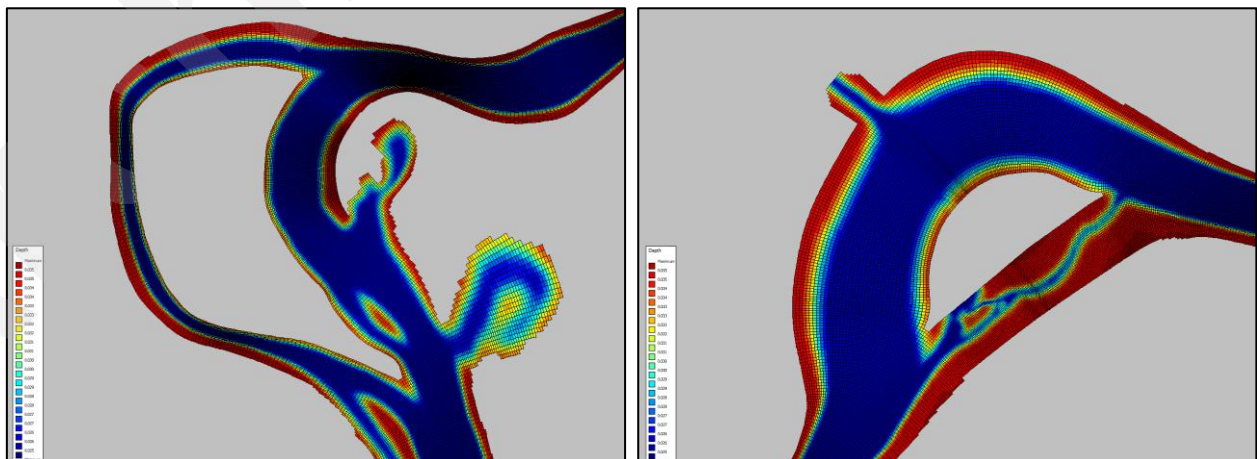


Figura 34. Mapa de rugosidades en la planicie de inundación

5.4.3 Otros parámetros adoptados

- Se utilizaron valores uniformes de $0,5 \text{ m}^2/\text{s}$ para la viscosidad horizontal y vertical y $0,5 \text{ m}^2/\text{s}$ para la difusión de remolinos.
- Además, se utilizaron las siguientes constantes hidrodinámicas: gravedad de 9.81 m/s^2 y densidad del agua de 1.000 kg/m^3 .
- Se incorporaron secciones de observación, como las secciones transversales, para monitorear los resultados en estas áreas específicas del modelo.
- Se aplica un modelo bidimensional 2DH, con inclusión del flujo secundario, para poder reproducir el flujo en las curvas del río principal.
- Se aplicaron pasos de tiempo computacional de 0,2 minutos (12 segundos).

El paso de tiempo para los cálculos en estado estacionario se determinó de forma iterativa, hasta identificar el valor máximo que ofrecía resultados consistentes. El estado estacionario se alcanzó tras aproximadamente 48 horas de simulación. Esto implica que el modelo requiere de 2 días de simulación para estabilizarse ("warm up"). La Figura 35 ilustra la estabilidad de los resultados luego de ese periodo, bajo caudales constantes de $1.488,3 \text{ m}^3/\text{s}$ y $735,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Se observa la evolución del nivel en un mismo punto para distintos escenarios, representados por diferentes colores según el valor del *time step* (Δt) utilizado en minutos (min): 0,1 min (azul), 0,2 min (rojo), 0,5 min (verde), 0,8 min (naranja), 1,0 min (rosado), 2,0 min (celeste) y 5,0 s (verde oscuro). Esta comparación permite visualizar cómo la elección de Δt influye en la estabilidad del modelo: a medida que el paso de tiempo aumenta, se evidencian oscilaciones en los resultados.

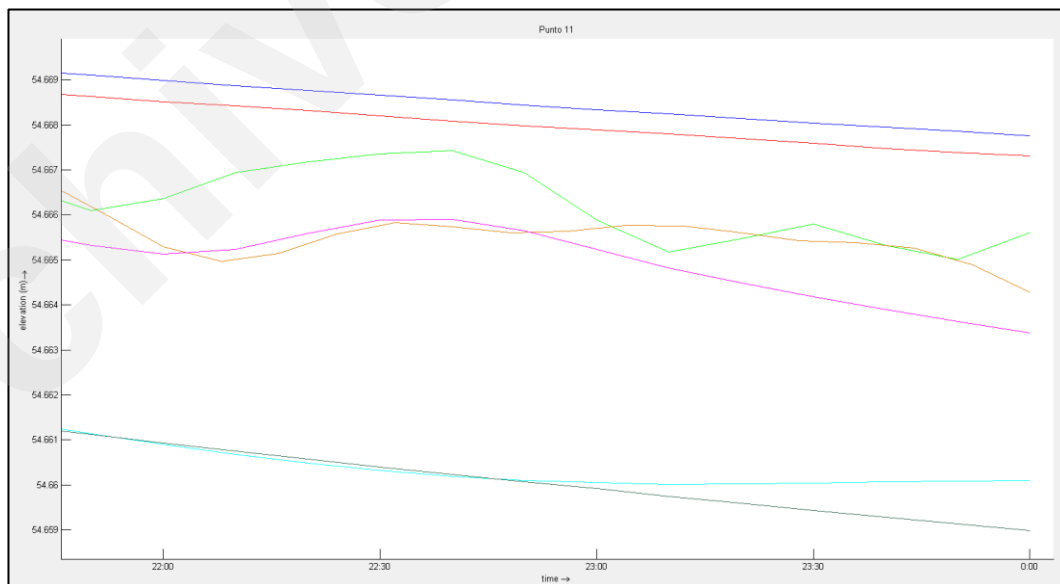


Figura 35. Análisis de sensibilidad al paso de tiempo en condiciones de estado estacionario en un Punto

Finalmente, se seleccionó un Δt de 0,2 minutos por ofrecer el mejor equilibrio entre estabilidad numérica. Con esta configuración, la simulación hidrodinámica de 48 horas se ejecuta en aproximadamente 30 minutos, dependiendo de la capacidad del equipo utilizado.

5.4.4 Condiciones de borde aguas arriba

En el límite superior del modelo, se definen hidrogramas de caudal como condición de contorno. Se han seleccionado las estaciones hidrológicas de referencia más cercanas al dominio: la Estación El Colorado para el río Bermejo (Q Ber) y la Estación Formosa para el río Paraguay (Q Py). Como se observa en el esquema de la Figura 36, estas estaciones se encuentran a distancias considerables del área de estudio (199,7 km y 120,7 km, respectivamente). Debido a esta separación, la onda de crecida experimenta procesos de atenuación y desfase temporal antes de alcanzar el dominio del modelo. Por lo tanto, es importante utilizar caudales transitados, garantizando que el forzamiento sea más representativo de la hidrodinámica local. Las distancias y ubicaciones relativas se resumen en la Figura 36 y Tabla 14.



Figura 36. Esquema de distancias desde estaciones hidrológicas de referencia hasta el dominio del modelo

Tabla 14. Distancias de propagación y estaciones de referencia seleccionadas

	Estación Formosa a Unión Py-Ber	Estación El Colorado a Unión Py-Ber
Longitud (km)	120,7	199,7

Se realizó primeramente un análisis estadístico de los datos históricos de cada estación, obteniendo sus respectivas curvas de duración de caudales (Figura 37 y Figura 39). A partir de estas curvas, se reconstruyeron los hidrogramas anuales representativos para el río Bermejo y el río Paraguay.

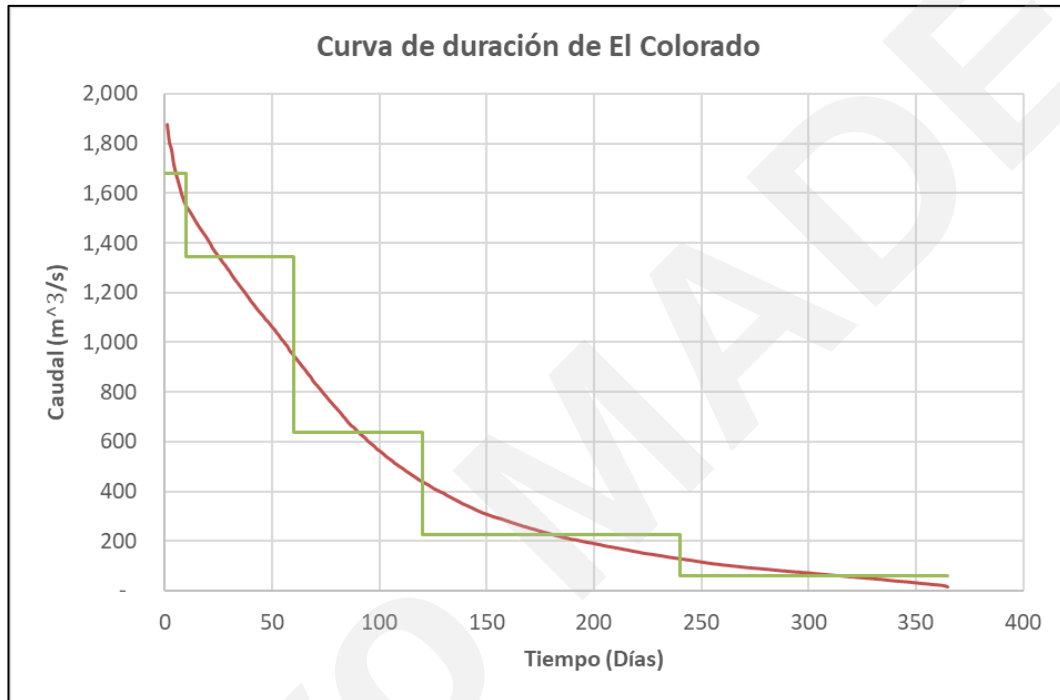


Figura 37. Curva de duración de caudales - Estación El Colorado (Río Bermejo)

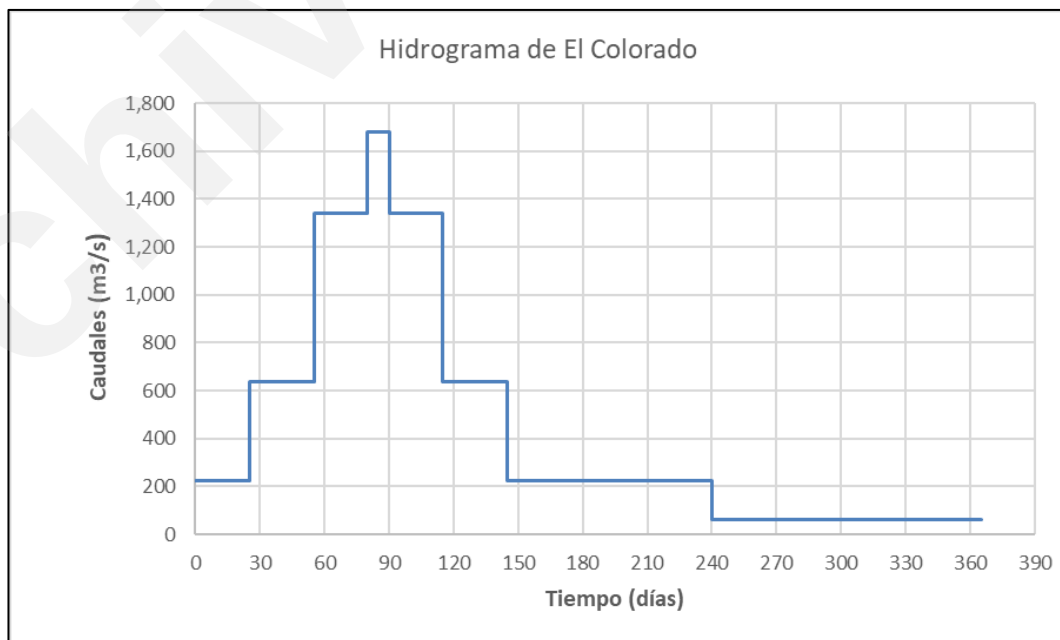


Figura 38. Hidrograma anual - Estación El Colorado (Río Bermejo)

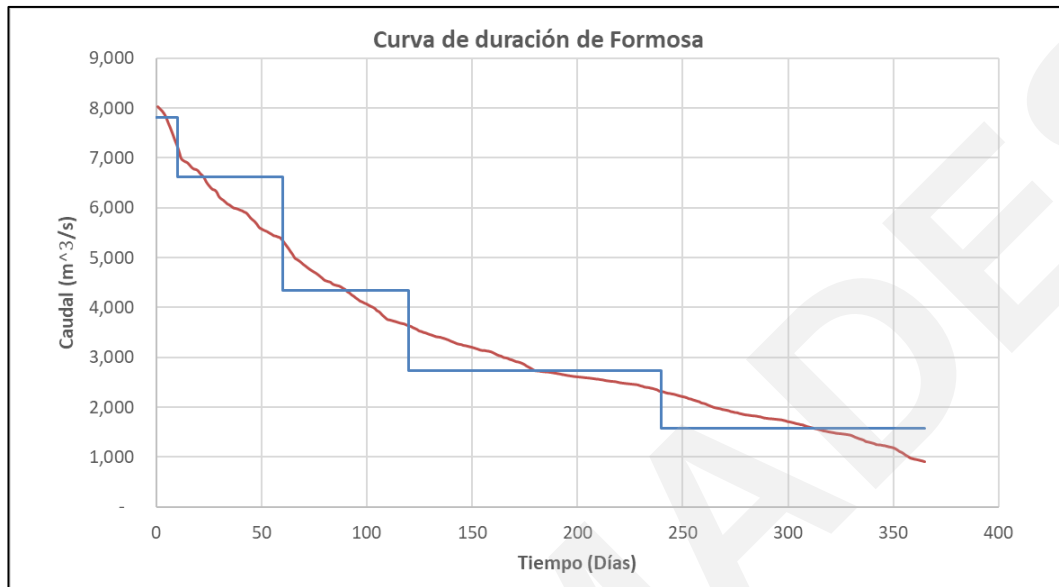


Figura 39. Curva de duración de caudales - Estación Formosa (Río Paraguay)

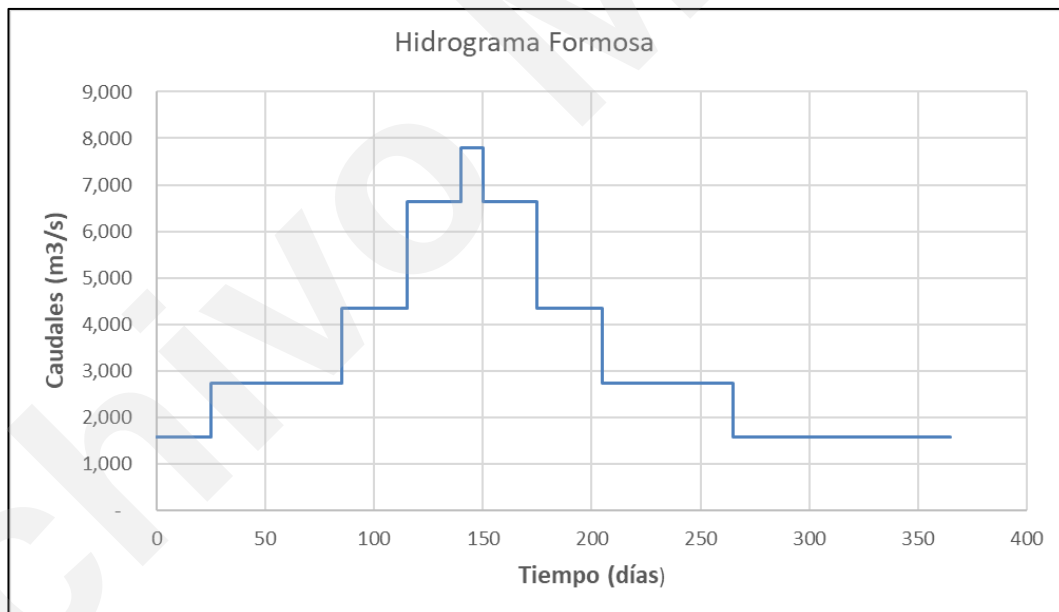


Figura 40. Hidrograma anual - Estación Formosa (Río Paraguay)

Al contrastar ambos hidrogramas (Figura 41) se observa una clara asincronía en el régimen de caudales: los picos de crecida del río Bermejo ocurren en momentos distintos a los del río Paraguay. Debido a este comportamiento, posteriormente se definen escenarios hidrodinámicos combinados que contemplan situaciones de caudales máximos, medios y mínimos en ambos de manera simultánea, asegurando que el modelo evalúe las condiciones más críticas de interacción entre ambos ríos.

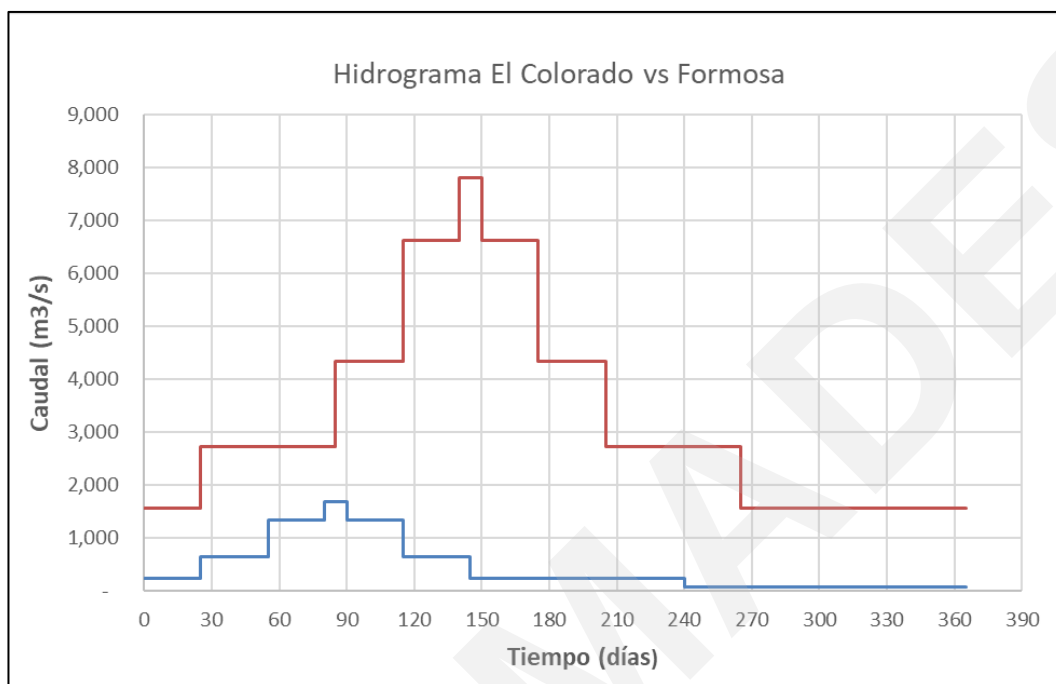


Figura 41. Hidrogramas anuales (Formosa en rojo, El Colorado en azul)

Los hidrogramas se representan con el periodo de ocurrencia, lo cual permite establecer los puntos de combinación para la definición de escenarios.

Tabla 15. Escenarios hidrodinámicos con sus respectivos caudales (no transitados)

Escenario	Q Py – Formosa (m³/s)	Q Ber – El Colorado (m³/s)
A	1.568	60
B	2.730	226
C	2.730	1.680
D	4.344	1.343
E	7.804	637

Finalmente, se utilizó el software SSA (Storm and Sanitary Analysis) para realizar la modelación del tránsito de avenidas, logrando representar el desfase temporal y la atenuación de la onda de crecida. Los resultados del modelo hidrológico indicaron una atenuación aproximada del 5-10% en los picos de caudal respecto a las estaciones originales. Estos caudales transitados, junto con los límites aguas abajo, constituyen la base para la definición de los escenarios hidrodinámicos que se detallan en la sección 5.4.13.

5.4.5 Condiciones de borde aguas abajo

En el límite inferior del dominio, se estableció el nivel del agua como condición de contorno. Dado que el modelo finaliza en la sección de la Estación Puerto Bermejo, se utilizó una curva

de calibración (H-Q) para correlacionar los caudales transitados con sus niveles correspondientes.

A partir del procesamiento de datos históricos de la estación, se ajustó una relación funcional mediante una tendencia polinómica de segundo orden, expresada de la siguiente manera:

$$H = (1E - 11Q^3) - (2E - 07Q^2) + (0.002Q) - 1.6302$$

Ecuación 2. Relación altura - caudal para la Estación Puerto Bermejo

Donde: Q: es el caudal total transitado (Q Pto. Bermejo Transitado, referencia en m³/s)

Para convertir esta altura hidrométrica en una cota absoluta referida al nivel del mar, se consideró el Cero de la Regla de la Estación Puerto Bermejo, establecido en 45.33 msnm (referido al cero de Mar del Plata). Esta cota de referencia fue verificada mediante la correlación y nivelación con la regla de la ciudad de Pilar, garantizando la coherencia altimétrica entre las dos estaciones y las dos márgenes del río.

5.4.6 Batimetría del modelo

Para la obtención de la batimetría del canal, se llevó a cabo un proceso de combinación y geoprocesamiento de datos de diferentes fuentes. Este proceso incluyó el ajuste y verificación manual del proceso hasta un resultado satisfactorio, mediante la inclusión de líneas de quiebre o *breaklines* y puntos complementarios.

Se detalla la información utilizada para la generación de la superficie del terreno, incluyendo el canal y las planicies de inundación:

- MERIT DEM. SRTM (2000/2018)
- ALOS PALSAR
- Batimetría Paso Bermejo – (12/07/2025)
- Batimetría Paso Yukeri Pre-Dragado – (01/04/2024)
- Batimetría – (30/08/2023)
- Nube de puntos – (abril/2020)
- Batimetría Paso Pilar – (30/07/2016)
- Batimetría Zona Préstamo Río Paraguay – (28/05/2020)

Se genera la superficie TIN (red irregular triangulada, por sus siglas en inglés, *Triangulated Irregular Network*) del terreno por diversas razones tales como, para representar de manera más precisa el terreno, para que sirva de base en el proceso de simulación y en la búsqueda de disminuir las incertidumbres. Se integraron datos de altimetría y batimetría a fin de representar de la manera más consistente posible el terreno dentro y fuera del cauce del río. Dicha superficie se generó para obtener mejores cálculos hidrodinámicos, disminuir incertidumbres referentes al relieve dentro de la simulación del transporte de sedimentos y predecir los cambios morfológicos.

La generación de esta superficie requirió un meticuloso trabajo de ajuste, armonización y validación de los datos, dada la diversidad en sus fechas de adquisición, metodologías y

precisiones inherentes. Se dedicó un considerable esfuerzo para resolver las discrepancias y las inconsistencias entre las distintas fuentes. Se prestó especial atención a asegurar la mejor representación posible en la zona interna del río, priorizando los datos batimétricos más recientes y detallados de los canales de navegación y áreas de interés hidráulico. Este proceso intensivo permitió la fusión de los diversos conjuntos de datos, resultando en una representación topográfica y batimétrica del río y sus planicies de inundación. En la Figura 42 se ilustra el modelo digital de terreno (DEM) final, que integra la información procesada.

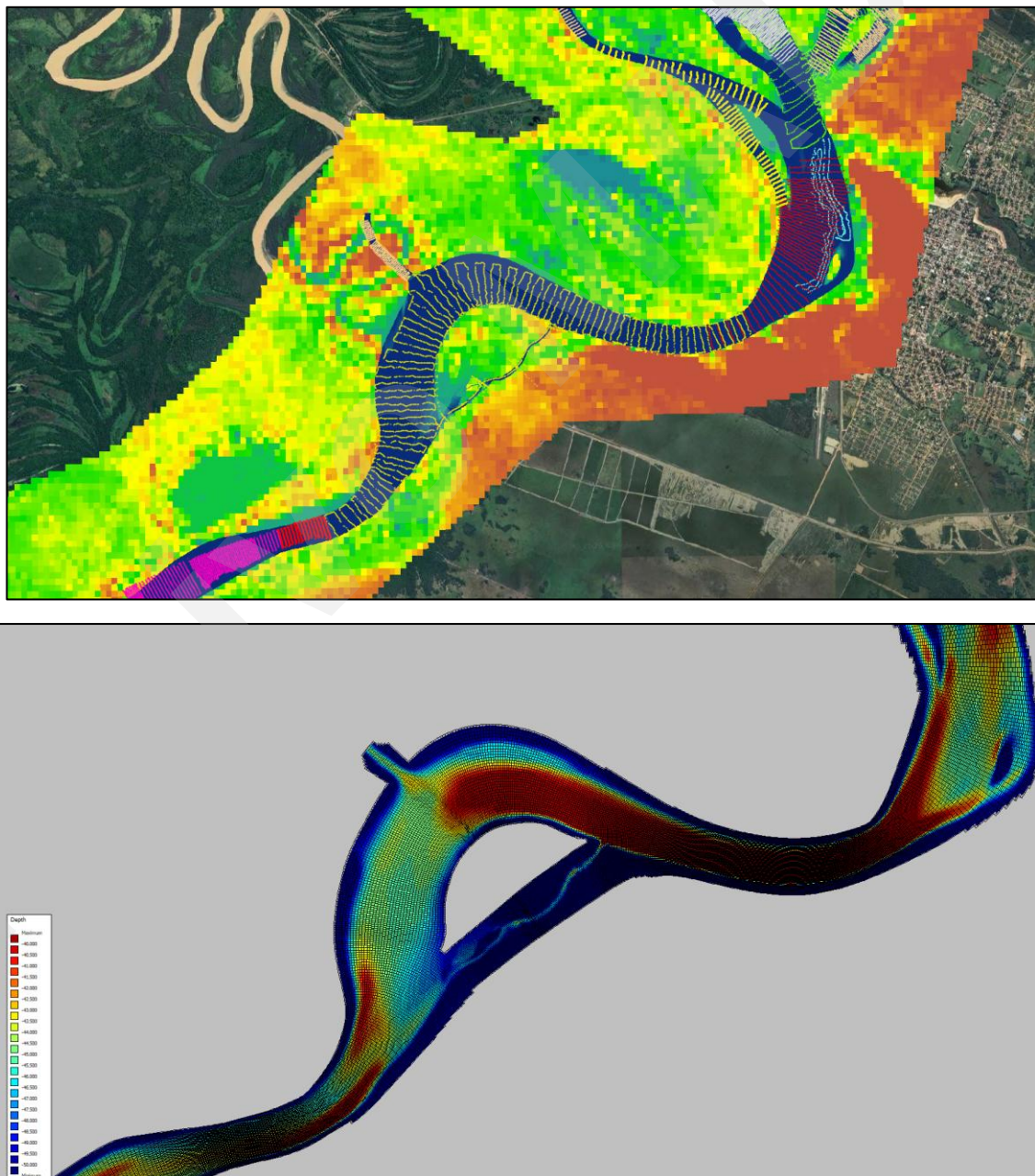


Figura 42. Datos utilizados (arriba) y batimetría en el modelo delft3D (abajo)

5.4.7 Calibración hidrodinámica

Para asegurar la precisión del modelo de simulación y su capacidad para reproducir la dinámica del río, el proceso de calibración se enfocó en garantizar la estabilidad física y numérica del sistema mediante el siguiente ajuste:

- Ajuste por Caudal Medio (Q): La calibración se fundamentó en la elección de un caudal medio representativo de entre los datos registrados durante las campañas de medición de Bock en las distintas secciones. Esta selección permitió establecer una condición de flujo real y observada, asegurando que los niveles y velocidades simulados guardaran una relación física coherente con la geometría del canal

Las secciones utilizadas para la calibración y análisis del modelo se basaron en mediciones de velocidad efectuadas el 15 de marzo de 2025. La Figura 43 muestra la disposición general de estas 12 secciones.



Figura 43. Visión general de las secciones en la zona de estudio

Se implementó un script (secuencia de comandos) para identificar en qué celdas del modelo (en coordenadas X e Y) caían los puntos de medición. Debido a una limitación del modelo relacionado con el tamaño mínimo de las celdas (6 metros), varios puntos de medición coincidieron dentro de una misma celda. Esta situación genera un efecto de escalonamiento en los resultados de velocidad simulados, donde se observa un mismo valor constante en tramos consecutivos, reduciendo la resolución espacial de los perfiles generados.

A modo ilustrativo, en las Figura 44 y Figura 45 se presentan los perfiles batimétricos de las secciones 1A y 2A. Se comparan las profundidades medidas en campo (originales y suavizadas) con la batimetría generada por el modelo calibrado. Esta comparación permite evaluar visualmente el grado de ajuste entre la topografía modelada y la observada, así como identificar posibles discrepancias relacionadas con la resolución del modelo o la falta de datos.

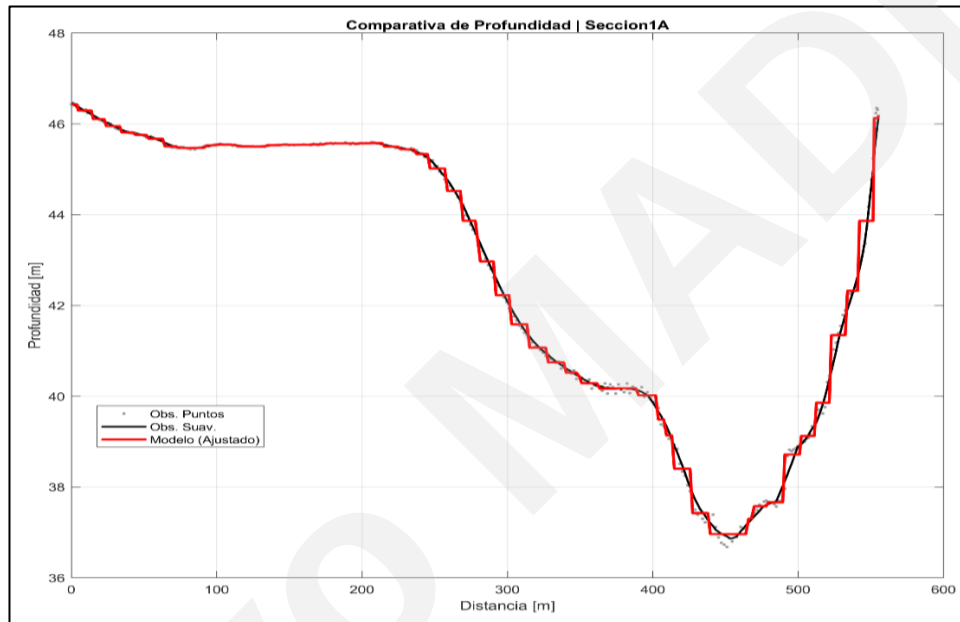


Figura 44. Comparativa de profundidad en la sección Seccion1A

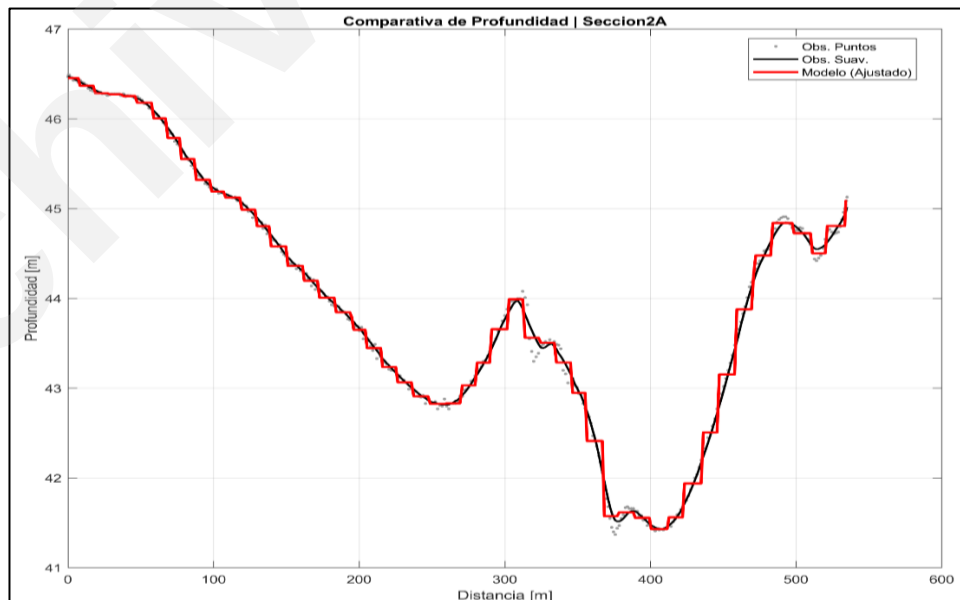


Figura 45. Comparativa de profundidad en la sección Seccion2A

5.4.8 Condiciones de borde para la calibración

Para la calibración del modelo, se utilizaron los registros de velocidad obtenidos en la campaña del 15 de marzo de 2025 (Bock). Dada la configuración del dominio, se establecieron dos condiciones de borde de caudal constante aguas arriba: una para el Río Paraguay (Sección 11, $Q = 1.488,3 \text{ m}^3/\text{s}$) y otra para el Río Bermejo (Sección 12, $Q = 735,5 \text{ m}^3/\text{s}$).

La selección de estas secciones como fronteras del modelo es determinante; presentan la mejor correspondencia entre el ancho del canal y la geometría simulada. Además, su ubicación estratégica garantiza una entrada de flujo estable, proporcionando una base sólida para el ajuste de los parámetros hidrodinámicos.

Tabla 16. Datos de medición en campo para las secciones 11 y 12

Sección	Fecha	Ancho (m)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Q total (m ³ /s)	Profundidad máxima (m)	Velocidad máxima (m/s)
11 – Aguas Arriba	15/03/25	742,7	4.314,8	0,345	1488,3	8.637	1,26
12 – Medición Bermejo	15/03/25	140,8	489,4	1,504	735,5	7.435	2,65

Para el límite aguas abajo, se estableció una condición de borde de nivel de agua. Aplicando la curva de descarga (H-Q) presentada en la sección 5.4.13 al caudal total del sistema (sección 11 + sección 12), se obtuvo una cota de salida de DW = 47.268 m.

5.4.9 Estadísticas de bondad de ajuste

Las estadísticas de bondad de ajuste (*Goodness-of-Fit Statistics*) son clave para cuantificar la precisión con la que el modelo simula las condiciones observadas, como las velocidades del flujo de agua (Moriasi, D.N. et al, 2007).

- MAE – Error Absoluto Medio: El MAE evalúa el promedio del valor absoluto de los errores. Representa cuán lejos están, en promedio, las simulaciones de los valores observados, sin considerar el signo del error. Un MAE de 0 sería una predicción perfecta. Cuanto más bajo, mejor es el modelo.

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |V_{obs,i} - V_{sim,i}|$$

Ecuación 3. Error Absoluto Medio

- RMSE – Raíz del Error Cuadrático Medio: El RMSE mide el promedio de los errores al cuadrado, dando mayor peso a los errores grandes. Es útil cuando se desea penalizar desviaciones importantes entre simulación y observación. Es similar al MAE, pero penaliza más los errores grandes. Al elevar los errores al cuadrado, las desviaciones más significativas tienen un mayor impacto en el resultado final. Un RMSE cercano al 0, indica un alto ajuste entre la simulación y la observación.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (V_{obs,i} - V_{sim,i})^2}$$

Ecuación 4. Raíz del Error Cuadrático Medio

- **KGE – Coeficiente de Eficiencia de Kling-Gupta:** El KGE combina en un solo valor los efectos del sesgo, la correlación y la variabilidad. Donde, se evalúa si las subidas y bajadas de los datos simulados coinciden o no con la de los datos reales, como también si es que tiene a subestimar o sobrestimar los valores observados en promedio y representa la dispersión o volatilidad de los datos simulados siendo o no similares a los datos reales. Un valor igual al 1, significa que el modelo reproduce perfectamente la correlación, el sesgo y la variabilidad de los datos observados.

$$KGE = 1 - \sqrt{(r - 1)^2 + (\beta - 1)^2 + (\gamma - 1)^2}$$

Ecuación 5. Coeficiente de Eficiencia de Kling-Gupta

Donde:

r es el coeficiente de correlación de Pearson

$$\beta = \frac{\mu_{sim}}{\mu_{obs}} \text{ (sesgo relativo)}$$

$$\gamma = \frac{CV_{sim}}{CV_{obs}} \text{ (razón de variabilidad)}$$

En el caso del MAE y el RMSE, valores cercanos a cero indican un menor error absoluto y cuadrático, respectivamente, mientras que el KGE tiene un valor óptimo cercano a uno, reflejando un ajuste global más robusto al considerar simultáneamente la correlación, el sesgo y la variabilidad entre las series simuladas y observadas. Para facilitar la interpretación y comparación de los errores, los valores serán expresados como porcentaje de error relativo, lo cual permite una lectura más intuitiva del desempeño.

5.4.10 Resultados de la calibración hidrodinámica

La calibración del modelo se realizó mediante el ajuste del coeficiente de rugosidad del cauce principal y de la condición de borde aguas abajo (DW). El objetivo de este proceso fue lograr una adecuada correspondencia entre los resultados de la simulación y los datos obtenidos en las campañas de medición, asegurando que las métricas de desempeño se mantuvieran dentro de límites aceptables.

Para ello, se llevaron a cabo varias simulaciones con los caudales constantes de 1.488,3 m³/s y 735,5 m³/s, combinando 6 valores diferentes del coeficiente de Manning (n) con la condición de borde aguas abajo (DW), previamente definida. Cabe señalar que no se realizaron

modificaciones en la batimetría durante el proceso de calibración. Las zonas con posibles incertidumbres fueron cuidadosamente revisadas y validadas durante la elaboración del Modelo Digital del Terreno (MDT), asegurando así una representación precisa y coherente del terreno.

Se presentan los resultados de calibración correspondientes a parte de las secciones con mejor desempeño, junto con sus respectivas tablas de análisis de error que evalúan la precisión del modelo. Se utilizaron las métricas de error absoluto medio (MAE) y raíz del error cuadrático medio (RMSE), además del coeficiente KGE, transformado a una escala de error porcentual. Esta transformación permitió interpretar los tres indicadores bajo un mismo criterio, donde valores bajos reflejan un mejor ajuste del modelo. Los resultados completos y detallados se incluyen en la sección de Anexos.

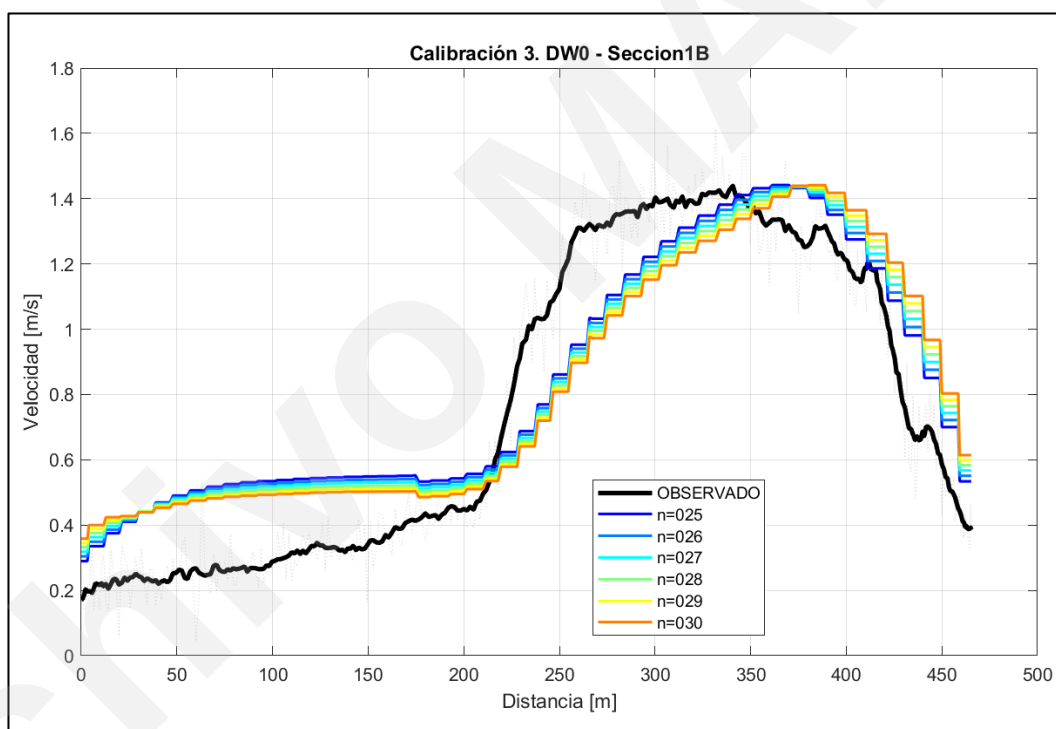


Figura 46. Velocidades simuladas vs observada de la Sección 1B

Tabla 17. Métricas de desempeño (MAE, RMSE, KGE) de la Sección 1B

Sección 1B			
n	MAE	RMSE	KGE
0.025	17.06%	18.92%	11.92%
0.026	17.67%	19.46%	13.18%
0.027	18.29%	20.06%	14.61%
0.028	18.87%	20.69%	16.16%

Sección 1B			
n	MAE	RMSE	KGE
0.029	19.44%	21.35%	17.79%
0.030	19.98%	22.04%	19.51%

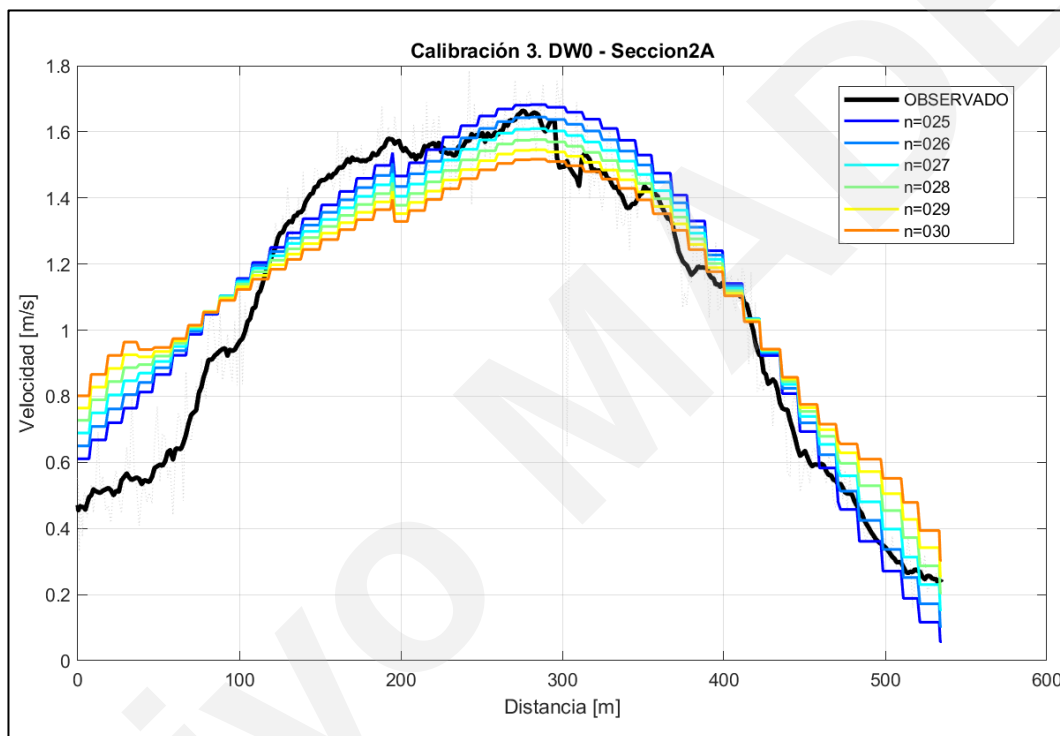


Figura 47. Velocidades simuladas vs observada de la Sección 2ª

Tabla 18. Métricas de desempeño (MAE, RMSE, KGE) de la Sección 2A

Sección 2A			
n	MAE	RMSE	KGE
0.025	10.27%	12.43%	5.56%
0.026	9.99%	12.62%	5.88%
0.027	10.86%	13.58%	6.26%
0.028	12.21%	15.00%	6.70%
0.029	13.66%	16.68%	7.25%
0.030	15.22%	18.50%	7.99%

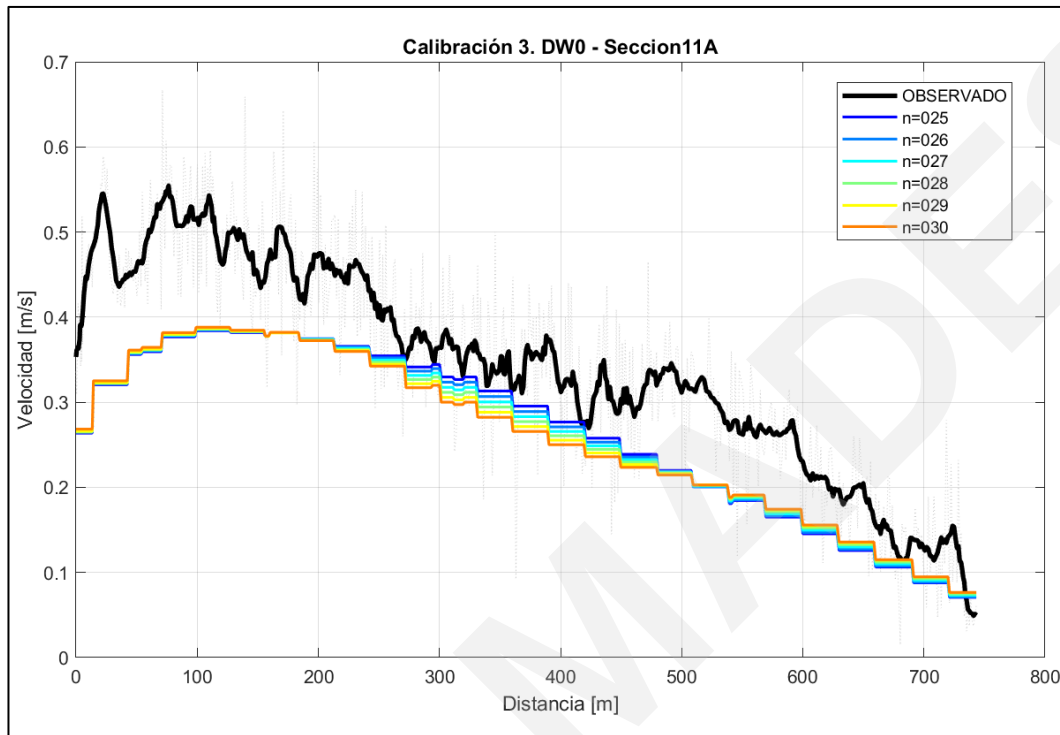


Figura 48. Velocidades simuladas vs observada de la Sección 11ª

Tabla 19. Métricas de desempeño (MAE, RMSE, KGE) de la Sección 11A

Sección 11A			
n	MAE	RMSE	KGE
0.025	7.98%	9.20%	13.15%
0.026	8.09%	9.23%	11.98%
0.027	8.19%	9.26%	10.96%
0.028	8.30%	9.33%	10.28%
0.029	8.40%	9.38%	9.53%
0.030	8.50%	9.42%	8.80%

5.4.11 Conclusiones de la calibración hidrodinámica

En general, se observó mayor concordancia entre las tres métricas de evaluación para la combinación $n = 0,025$. Esta consistencia sugiere un ajuste robusto, tanto en términos de la magnitud del error como en la capacidad del modelo para reproducir el patrón temporal de las velocidades simuladas.

Si bien la Sección 11A representa uno de los perfiles más consistentes y detallados del conjunto, al igual que el resto de las secciones analizadas, no está exenta de limitaciones.

Como se observa en la Figura 49, persisten zonas sin información batimétrica, aguas arriba y aguas abajo de cada sección. Esta ausencia de datos compromete la definición precisa del lecho, afectando la estimación de las velocidades simuladas y, por ende, la calidad del ajuste en esas zonas. A ello se suma la limitación asociada al tamaño mínimo de celda adoptado en el modelo (6 metros), lo cual derivó en que múltiples puntos de medición coincidieran dentro de una misma celda.

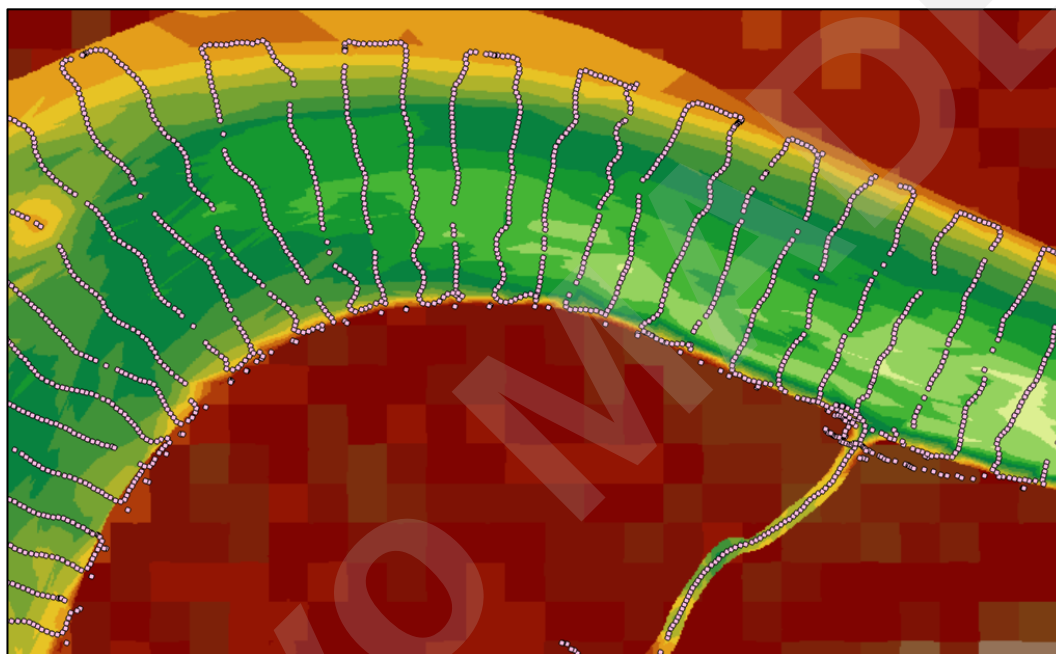


Figura 49. Identificación de zonas sin datos batimétricos suficientes

Esta situación generó un efecto de escalonamiento en los resultados de velocidad, evidenciado por la aparición de tramos consecutivos con valores constantes, reduciendo la resolución espacial de los perfiles generados. No obstante, pese a estas limitaciones, las secciones seleccionadas constituyen las que mejor representan el comportamiento batimétrico observado, permitiendo llevar a cabo una evaluación razonable del desempeño del modelo y justificar la configuración final adoptada para el análisis de escenarios.

Las variaciones entre los distintos valores del coeficiente de rugosidad fueron poco significativas, lo que indica una baja sensibilidad del modelo a este parámetro dentro del rango analizado. Esta observación se refuerza con los porcentajes de error, que muestran diferencias mínimas entre los distintos valores de n . En línea con las limitaciones espaciales mencionadas anteriormente, esta baja sensibilidad podría estar asociada, en parte, a la capacidad reducida del modelo para representar cambios locales en la geometría y, por ende, su capacidad de responder con precisión a variaciones en los parámetros de rugosidad.

Según la bibliografía consultada, valores de n inferiores a 0,025 resultarían atípicamente bajos para las características del cauce en esta región del río Paraguay, lo que refuerza la validez técnica de la elección adoptada. Para la modelación morfológica, es altamente recomendable

mantener un valor constante de rugosidad a lo largo del cauce principal o, en su defecto, aplicar variaciones graduales. Esta práctica es fundamental para evitar la aparición de gradientes de transporte de sedimentos ficticios y cambios morfológicos irreales durante las simulaciones de largo plazo.

La sensibilidad del modelo a la topografía del fondo subraya la necesidad de contar con mediciones Multibeam de alta resolución. La precisión de los vectores de velocidad y, por ende, de la capacidad del modelo para predecir zonas de erosión y sedimentación depende no solo de la configuración numérica y la resolución de la grilla, sino críticamente de la calidad de los datos batimétricos de entrada.

5.4.12 Validación hidrodinámica

La validación del modelo hidrodinámico se llevó a cabo utilizando datos de campo independientes, correspondientes a la segunda campaña de medición realizada por la empresa HydroBock el 29 de marzo de 2025. Para este proceso, se mantuvo fijo el coeficiente de rugosidad de Manning en $n=0,025$, valor que arrojó los mejores resultados durante la fase de calibración técnica.



Figura 50. Ubicación espacial de las trayectorias de medición y secciones transversales – Primera vs Segunda Campaña Bock

Como se observa en la Figura 50, las trayectorias de la segunda campaña no coinciden exactamente en su totalidad con los perfiles de la primera campaña. Se identificaron las siguientes correspondencias para permitir una comparación:

- Sección 01: Aproximado con la Sección 11A de la primera campaña.
- Sección 13: Aproximado con la Sección 04A de la primera campaña.

Los resultados de la validación se presentan en las Figura 51 y Figura 52 se resumen estadísticamente en la Tabla 20.

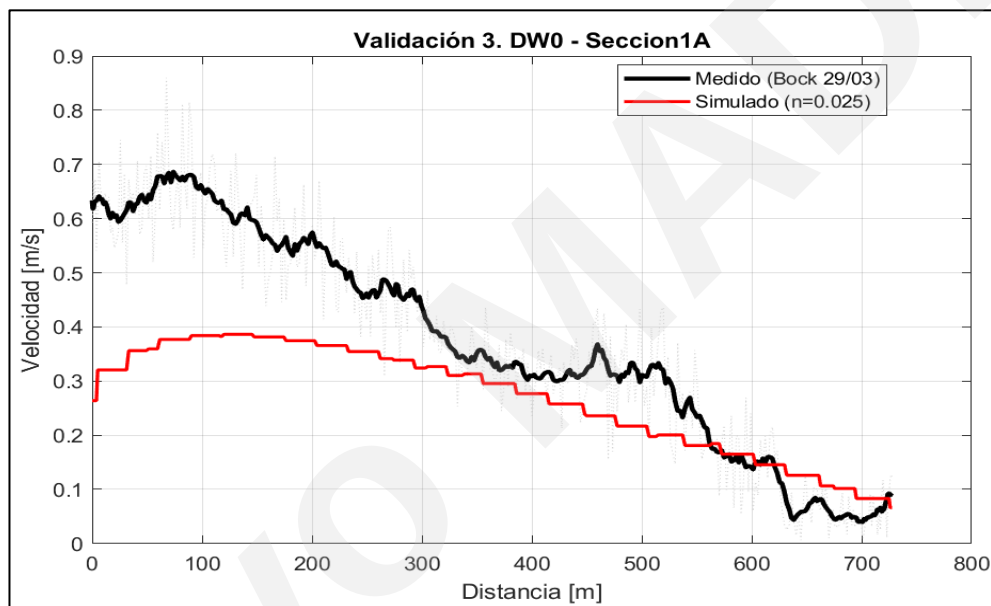


Figura 51. Perfil de velocidades Medido vs. Simulado ($n=0,025$) en la Sección 1A

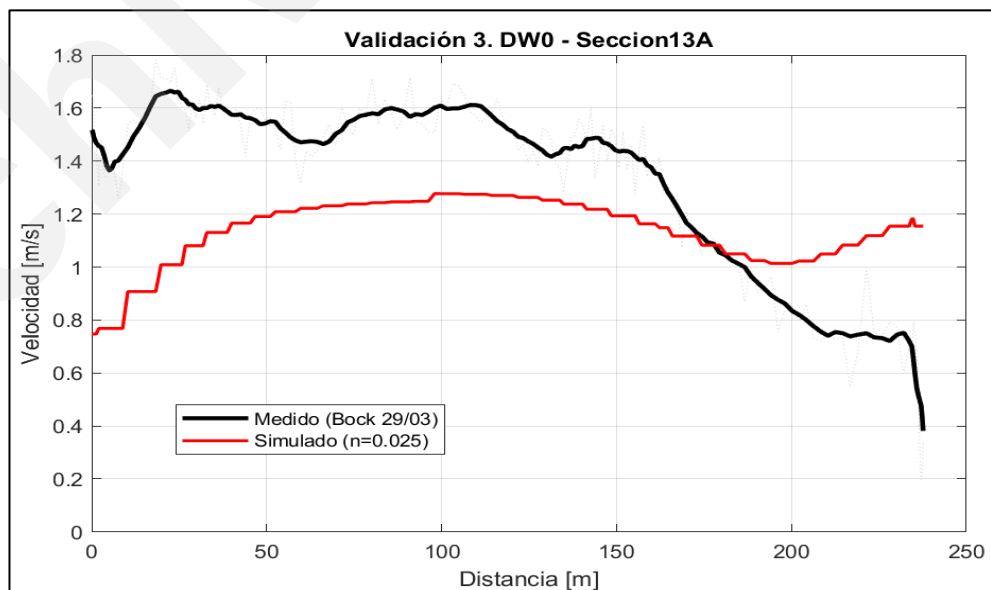


Figura 52. Perfil de velocidades Medido vs. Simulado ($n=0,025$) en la Sección 13A.

Tabla 20 Métricas de desempeño estadístico para la fase de Validación Hidrodinámica ($n=0.025$)

Ubicación	Sección	RMSE	MAE	KGE
Coinciden aprox. Con campaña 1	Sección 1A	15.28%	11.84%	12.55%
	Sección 13A	39.54%	34.72%	56.35%
Nuevo perfil	Sección OA	12.49%	11.83%	12.04%

A partir de estos datos, se observa que la Sección 1A mantiene un desempeño aceptable y consistente. Sin embargo, destaca la Sección OA (perfil nuevo), donde el modelo responde con una precisión notablemente mayor (12,04% de error KGE), lo que valida la capacidad del modelo para representar la hidrodinámica general del cauce.

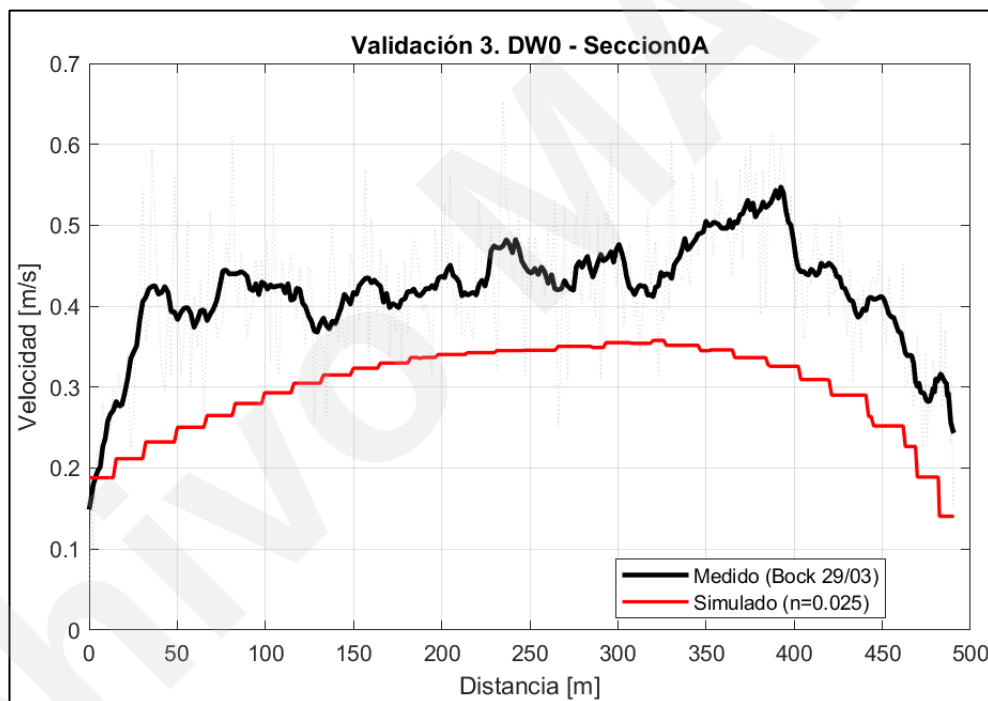


Figura 53. Perfiles de velocidades Medido vs. Simulado ($n=0,025$) en la Sección OA

Es importante señalar que entre la primera y la segunda medición transcurrieron apenas 14 días. No obstante, la discrepancia observada en secciones como 13A y demás secciones en Anexos, se atribuye a la inestabilidad del lecho del río Bermejo. Según testimonios de personales del Puerto, el fondo del río puede experimentar variaciones de hasta 60 cm en un solo día durante eventos de crecida.

Esta alta variabilidad morfológica implica que la batimetría utilizada como base para el modelo puede quedar obsoleta en periodos de tiempo muy cortos. La dificultad de obtener datos consistentes en un entorno de erosión y sedimentación tan dinámica justifica la dispersión en algunas métricas, reforzando la necesidad de interpretar estos resultados bajo un enfoque de sensibilidad.

5.4.13 Condiciones de borde para escenarios hidrodinámicos

Para la simulación numérica, se han configurado cinco escenarios (A – E) que abarcan desde condiciones de estiaje hasta crecidas máximas. Los caudales de entrada para el río Paraguay y el Bermejo corresponden a los valores transitados obtenidos mediante la modelación hidrológica descrita en la sección 5.4.4.

Asimismo, la condición de borde aguas abajo (DW) se determinó aplicando la curva de descarga polinómica calibrada al caudal total del sistema. La Tabla 21 resume las condiciones de frontera impuestas en el modelo para cada escenario.

Tabla 21. Resultados de caudales transitados mediante modelación en SSA

Escenario	Descripción	Q Ber – (m³/s) El Colorado Transitado	Q Py – (m³/s) Formosa Transitado	Q Pto. (m³/s) Bermejo Transitado	Nivel de Agua (m)	Condición DW (m)
A	Mínimos	198,2	1.552,0	1.568	1,39	46,38
B	Medios	374,9	2.711,0	2.893	2,66	48,05
C	Crecida Media (Q Py) y Alta (Q Ber)	1.379,4	2.635,8	3.963	3,73	49,01
D	Crecida Alta (Q Py) y Media (Q Ber)	1.046,2	4.149,3	5.107	4,88	50,02
E	Máximos	1.126,6	7.597,6	7.813	7,58	51,88

5.5 MODELACIÓN SEDIMENTOLÓGICA

En el tramo del río Paraguay bajo estudio la dinámica morfológica del fondo está dominada por el periódico aporte sustantivo de sedimentos por parte del río Bermejo, con la consecuente formación de extensos depósitos de material, seguida de su lavado durante el paso de las crecidas del río Paraguay. Como fue indicado antes, esta dinámica no sufrirá cambios relevantes por la construcción del canal. La cuestión morfológica remanente es la sedimentación en el canal.

Serman & Asociados (2025) ha desarrollado un análisis para tratar de vislumbrar las posibles condiciones de sedimentación en el canal, en base a la modelación sedimentológica y estableció que, dado que no se dispone de información antecedente para poder anclar las predicciones del modelo, las predicciones sólo deben considerarse como estimaciones criteriosas.

La metodología de modelación empleada se describe a continuación.

Se distinguen dos fracciones de los sedimentos transportados por el río: una gruesa y una fina. La fracción gruesa está constituida por arena autóctona, es decir, es el mismo sedimento

presente en el fondo del río, con el que interactúa. Esa fracción gruesa se desplaza bajo dos modos de transporte: por arrastre de fondo y en suspensión. Por su parte, la fracción fina está constituida por limo y arcilla, cuya fuente se encuentra en la alta cuenca, es decir, es un material alóctono, proveniente del lavado por las precipitaciones.

Dada la relativamente larga escala temporal de variación de las condiciones hidrodinámicas del río Paraguay, el transporte de fondo de la fracción gruesa se encuentra en equilibrio local, es decir, sólo depende de las condiciones hidrodinámicas en la columna de agua. En consecuencia, para su cuantificación es posible recurrir a fórmulas de transporte. Lo mismo sucede con la concentración de la fracción gruesa adyacente al fondo, que surge entonces de fórmulas. Por su parte, la carga de lavado depende del aporte desde aguas arriba.

La modelación del transporte de sedimentos fue realizada mediante el software TELEMAC 2D montado sobre un modelo hidrodinámico 2D.

5.5.1 Caracterización del sedimento

Durante el transcurso del estudio Serman & Asociados realizó una toma de muestras y posterior análisis del sedimento de fondo. Las curvas granulométricas obtenidas se muestran en la Figura 55. A partir de ellas, descartando la de la muestra MS07 que está asociada al material fino descargado por el río Bermejo (Figura 54), se seleccionaron dos valores de diámetro medio (d_{50}), 250 y 500 μm .



Figura 54. Localización de muestras de sedimentos de fondo (Serman&Asociados, Julio de 2025)

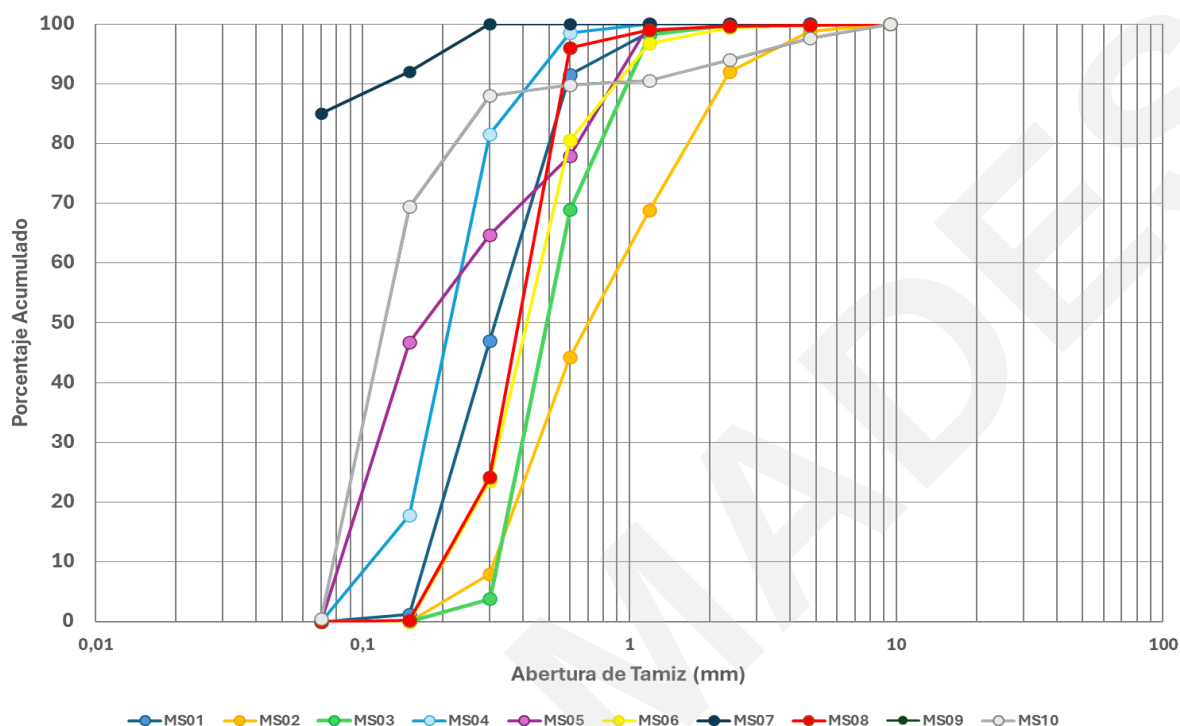


Figura 55. Distribuciones granulométricas de material de fondo (Serman&Asociados, Julio de 2025)

Asimismo, se realizaron dos campañas contratadas por Serman & Asociados S.A. a LOGOS SRL – Ingeniería y Consultoría, para la ejecución de un conjunto de perforaciones (con realización de ensayos in situ y extracción de muestras para su posterior análisis en laboratorio).

Una de ellas entre el 20 y 22 de julio de 2025, y la segunda entre el 13 y el 26 de noviembre de 2025, en la que se adicionaron 8 sondeos:

Sondeos en suelo (5), donde se encontraron principalmente materiales tipo CL (Arcilla arenosa de mediana plasticidad, gris con motas marrones, firme) y en una de ellas SM-SC (Arena limo arcillosa, marrón, muy suelta)

- Sondeo P6: 15,45 m desde el terreno natural. Rechazo en cota 41,66m IGN-Py N golpes >50.
- Sondeo P7: 12,45 m desde el terreno natural. Rechazo en cota 40,40m IGN-Py N golpes >50.
- Sondeo P8: 12,45 m desde el terreno natural.
- Sondeo P9: 10,45 m desde el terreno natural.
- Sondeos P10: 10,45 m desde el terreno natural.

Sondeos en agua (2), donde se encontraron principalmente materiales tipo SM (Arena limosa):

- Sondeo P11: 6,45 m bajo lecho.

- Sondeo P12: 6,45 m bajo lecho.

La Figura 56 presenta la ubicación de las perforaciones realizadas en la segunda campaña.

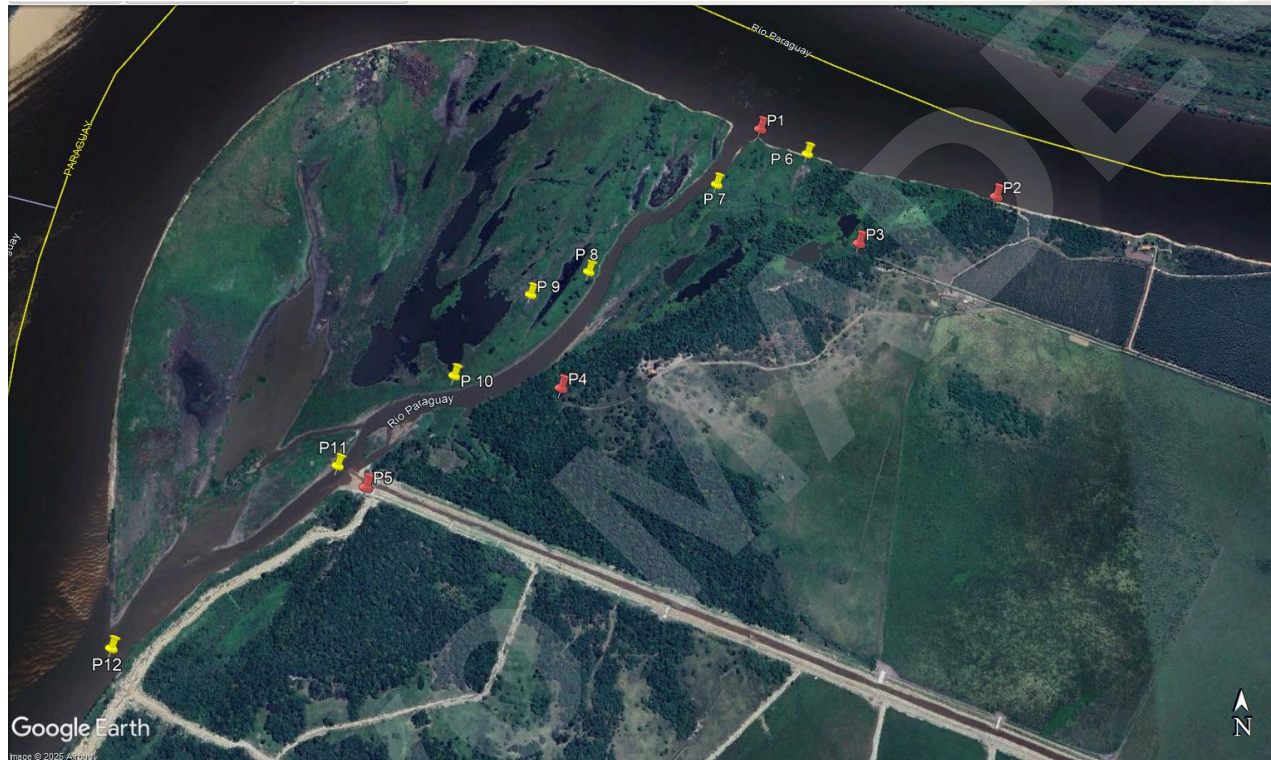


Figura 56. Ubicación de los sondeos realizados en alrededores de la confluencia de los ríos Paraguay y Bermejo (LOGOS SRL – Ingeniería y Consultoría) sobre imagen Google Earth

De acuerdo con el informe geotécnico obtenido, se concluyó que:

- El perfil geológico de los sondeos en suelo presenta suelos con “rechazo” formados por arenas limosas (SM) de densidad relativa muy densa.
- Sobreyacen dichos suelos con “rechazo”, suelos arcillo arenosos de mediana plasticidad (CL) de consistencia blanda a muy dura de característica dispersiva.
- En el sondeo P10 se registraron suelos areno limosos (SM) y areno limo arcillosos (SM-SC) en superficie, hasta los 6,45 m de densidad relativa suelta a medianamente densa (probablemente por deposición del cauce debido a su ubicación).
- Los suelos con “rechazo”, Número de Golpes del Ensayo S.P.T. mayor a cincuenta ($N > 50$), fueron registrados en las cotas: +41,66 m IGN-Py (P6) y +40,40 m IGN-Py (P7).

Se destaca que estas condiciones de rechazo se registraron entre unos aproximadamente 2,5 m y 3,5 m por debajo de la cota de diseño de la solera del canal.

En la cota de diseño 44,12 m IGN-Py, según la perforación el valor de N varía entre un mínimo de 7 (P9) y un máximo de 44 (P6) con tres valores intermedios alrededor de N=20 en las perforaciones en tierra, y valores de N iguales a 27 (P12) y 32 (P11) para las perforaciones en agua, evidenciando que en diversos tramos del canal se encontrarán en cercanías del fondo dragado sedimentos cohesivos rígidos a muy rígidos y sedimentos arenosos densos, que limitarán los procesos erosivos.

A los fines de la modelación, se adoptó el valor de 2650 kg/m³, típico del cuarzo para la densidad de grano. En cuanto a la porosidad, se tomó un valor de 0,4. La tensión crítica de erosión de las arenas (tensión de Shields) se calcula a partir del diámetro medio. El espesor de arena en el fondo se fijó en 1,0 m.

La carga de lavado (material fino) no aporta a la sedimentación efectiva, ya que las velocidades en el canal son en general lo suficientemente altas como para mantener un balance entre deposición y resuspensión, máxime teniendo en cuenta que la boca de entrada del canal se ubica aguas arriba de la desembocadura del río Bermejo con lo cual no se ve afectada por las altas concentraciones aportadas por este último.

Se aplicó la fórmula de van Rijn (1993) para el cálculo del transporte de fondo de la fracción gruesa.

La concentración de equilibrio de la fracción gruesa cerca del fondo se calculó con la correspondiente fórmula de van Rijn (1993).

5.5.2 Condiciones de borde

El modelo sedimentológico requiere condiciones de borde en la frontera de aguas arriba. Se supuso un perfil de concentración de equilibrio local, el cual luego se adapta rápidamente a las condiciones impuestas por el flujo.

5.5.3 Paso de tiempo

Dado que la escala de tiempo de la evolución morfológica es mucho mayor que la escala de tiempo hidrodinámica, es práctica común emplear un "factor morfológico" para amplificar el paso temporal del cálculo morfológico. Se utilizó un valor de 20, que la experiencia ha indicado como adecuado para este tipo de ríos (Menéndez et al, 2021).

5.6 CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO BIOLÓGICO

5.6.1 Ecorregión del Bajo Paraguay y Chaco Húmedo

Desde 2013, el MADES cuenta con la Resolución MADES N° 614/2013, que establece directrices para la elaboración de políticas públicas relacionadas con la conservación en Paraguay, incluyendo un mapa integrado de ecorregiones para todo el país. Según esta resolución, el sector oriental del área de estudio abarca las ecorregiones Aquidabán y Litoral Central, mientras que el sector occidental corresponde a la ecorregión del Chaco Húmedo.

Las ecorregiones representan el nivel más amplio de clasificación, basándose en el funcionamiento de los distintos tramos fluviales y en las condiciones de la vegetación ribereña característica (Serman & Asociados S.A., 2024). A continuación, se describen las ecorregiones que atraviesan el tramo del río Paraguay en estudio.

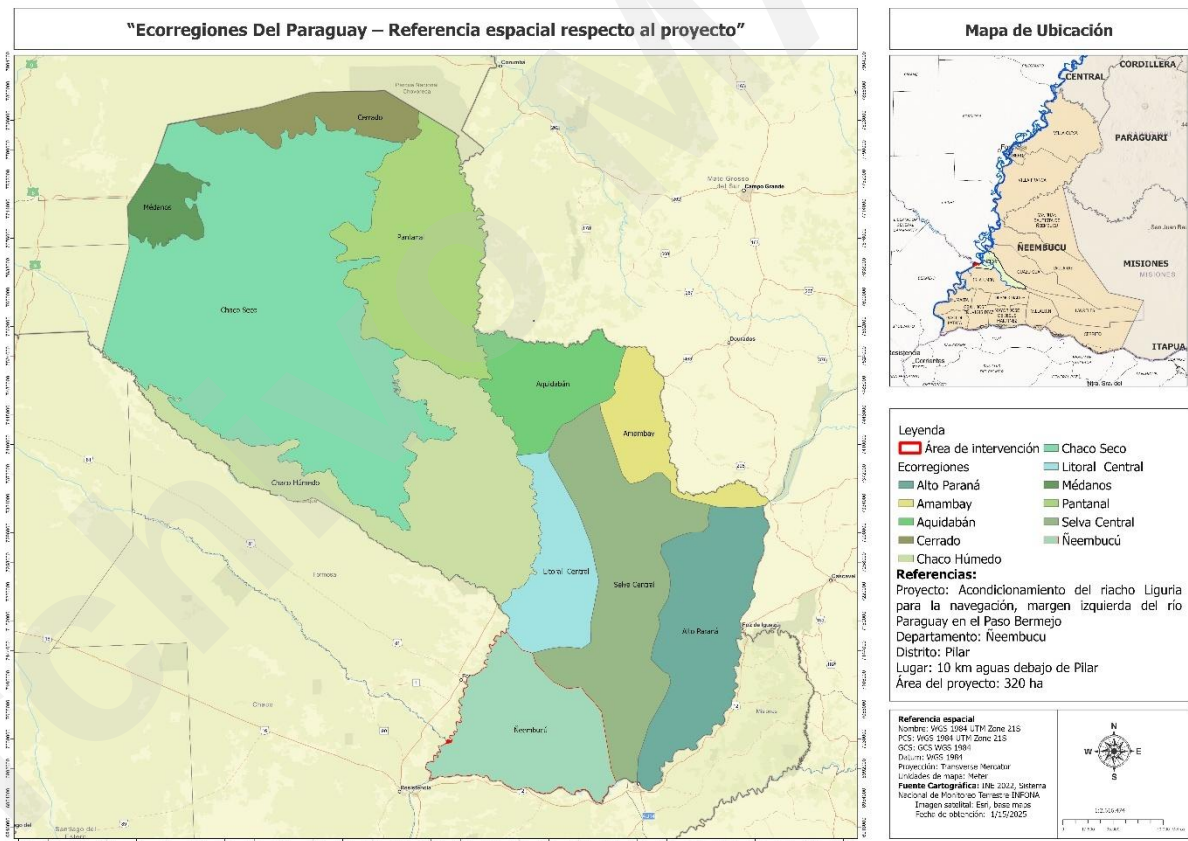


Figura 57. Ecorregiones del Paraguay según la Resolución 614/2013

El área de estudio se encuentra en la ecorregión denominada Ñeembucú, que guarda relación con los esteros del Yberá en Argentina. Esta ecorregión abarca 35.700 km² y está ubicada en los departamentos de Ñeembucú y Misiones, parte de Itapúa, Caazapá, Paraguari y Central.¹¹

Se caracteriza por un relieve plano, con alturas entre 48 m y 333 m; con zonas anegadizas e inundadas como consecuencia de los desbordes de los ríos Paraguay y Paraná. Predominan los suelos hidromórficos.

Con respecto a los ecosistemas sobresale la sabana arbolada con extenso tapiz herbáceo. En los bañados y esteros abunda la vegetación herbácea y arbustiva, con embalsados, bosques medios y bajos en suelos saturados e inundados; forman parte importante de este ecosistema los arroyos y nacientes de agua.

En cuanto a la flora, entre las especies arbóreas que son escasas y no superan los 15 metros de altura, se encuentran: ka'a ovetí, yvyrá pytá, lapacho, yvyrá pepa, guapoy, yvyra ju y laurel. Las especies herbáceas, características de estos terrenos bajos son: guano, carrizal, piri, totora, camalotes y llantén del agua. En las praderas se destacan los palmares, arasapé y varias gramíneas.

La fauna de esta ecorregión cuenta con especies chaqueñas y de los bosques del este de la Región Oriental: habitan el guasú pulu, papagayo, glauco y yacaré overo, entre otros.

El impacto humano se caracteriza por la actividad ganadera que registra la mayor exportación del país, desarrollada en los departamentos de Ñeembucú, Misiones y Paraguari.

Dentro de esta región se encuentran las áreas protegidas del Parque Nacional Ypoá y Refugio de Vida Silvestre, a gran distancia de la zona de proyecto.

¹¹ <https://www.scribd.com/presentation/387037660/Las-Ecorregiones-Del-Paraguay>

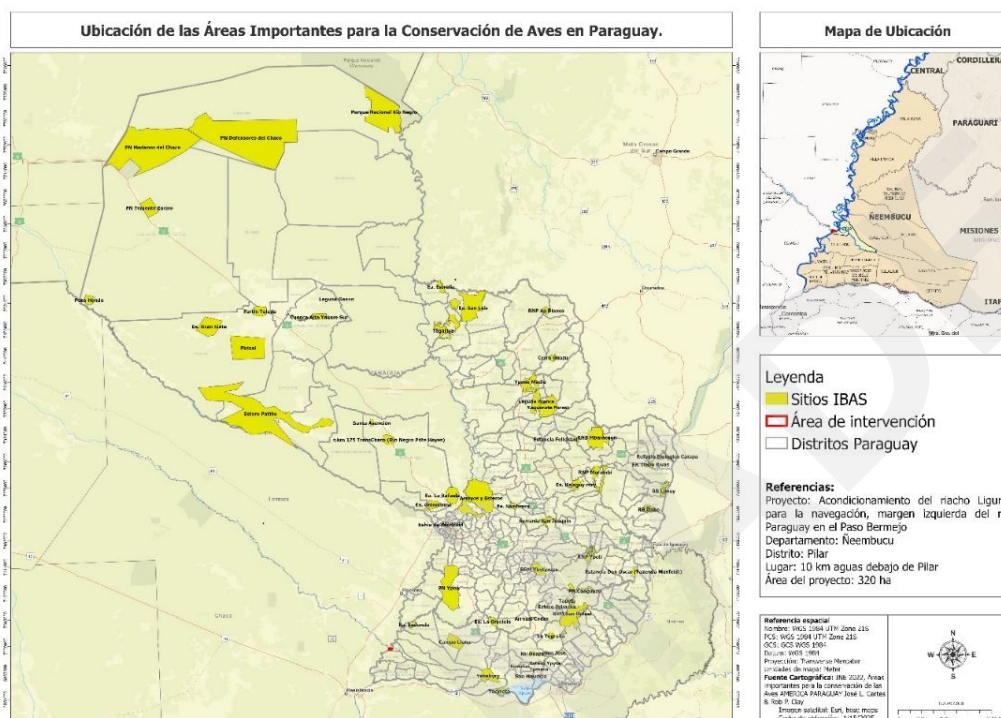


Figura 58. Mapa de las zonas importantes para la conservación de las aves, IBAS, a nivel nacional

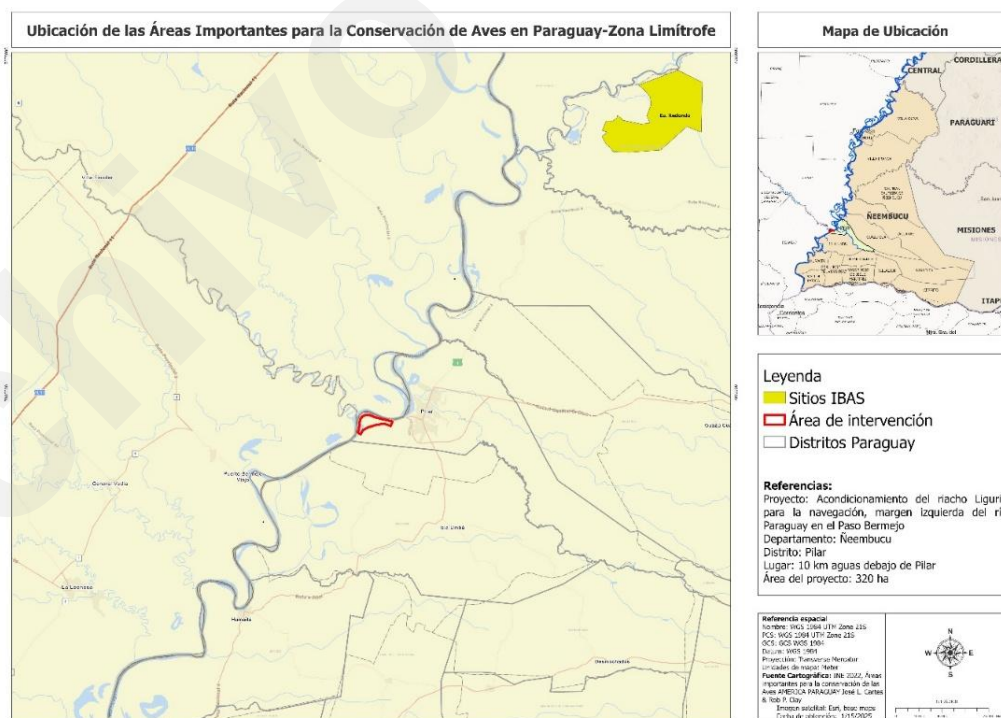


Figura 59. Mapa de las zonas importantes para la conservación de las aves, IBAS, con relación al proyecto

5.6.2 Áreas Silvestres Protegidas

Las Áreas Silvestres Protegidas (ASP) del Paraguay representan una de las herramientas clásicas de conservación de la diversidad biológica. adquieren su dimensión social de patrimonio natural a perpetuidad, a través de la promulgación de la Ley N° 352/1994 de Áreas Protegidas, decretos y resoluciones reglamentarias. En el año 1994, el Congreso Nacional sancionó la Ley N° 352 de Áreas Silvestres Protegidas (ASP) que se comprende dentro del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas (SINASIP). Esto permite administrar estos parques a través de un plan estratégico. El Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Paraguay (SINASIP) está conformado por el conjunto de Áreas Silvestres Protegidas de relevancia ecológica y social, a nivel internacional, nacional y local, y cuenta con un plan estratégico que permite cumplir con los objetivos y políticas de conservación establecidos por el gobierno paraguayo, según el Artículo 5° de la Ley de Áreas Silvestres Protegidas (Cartes, 2008).

Las áreas silvestres protegidas del Paraguay se encuentran divididas en sub-sistemas: público, privado y autárquico abarcando alrededor de 2.793.000 ha. del territorio nacional. Así también, Paraguay ha adoptado la Figura de conservación y protección de la biodiversidad del Programa sobre el Hombre y la Biósfera de la UNESCO reconocida como Reserva de Biósfera en tres grandes áreas del territorio que totalizan alrededor de 3.407.000 ha. sin incluir a las zonas núcleo que representan las áreas protegidas. De esta manera las áreas protegidas en Paraguay totalizan cerca de 6.200.000 ha., lo cual refleja 15,25% de la superficie del país (DASP, 2018).

Dentro de las categorías de manejo, se tiene de estricta protección:

- **Parque nacional:** integra uno o más ecosistemas. Su objetivo principal es conservar la flora y la fauna en su estado natural, así como promover la atracción turística, que permite la fuente de ingreso para el mantenimiento de los parques.
- **Monumentos naturales:** protegen un recurso específico de interés nacional. Los recursos pueden ser rasgos naturales y material genético. El área puede tener potencialidades para la educación, la investigación o la recreación.

Las otras categorías de uso flexible son: Refugio de vida silvestre, paisajes protegidos, reserva de recursos manejados, reserva de biosfera. Dentro del manejo especial, se encuentran: reservas ecológicas y reservas naturales.

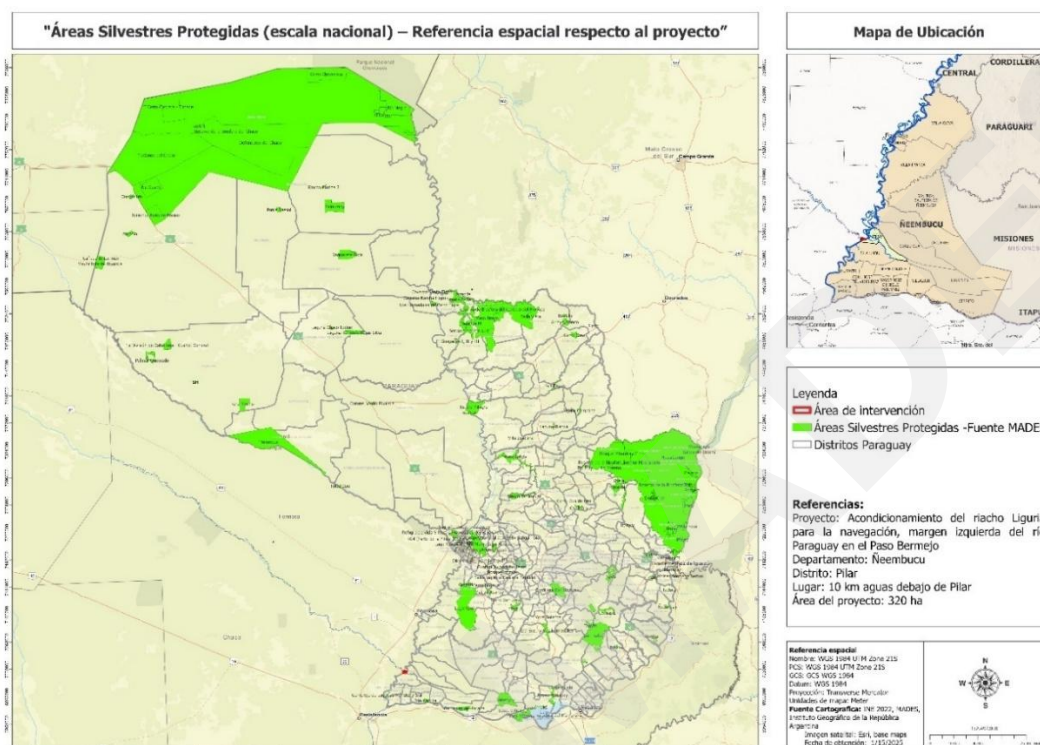


Figura 60. Áreas Silvestres Protegidas a escala nacional

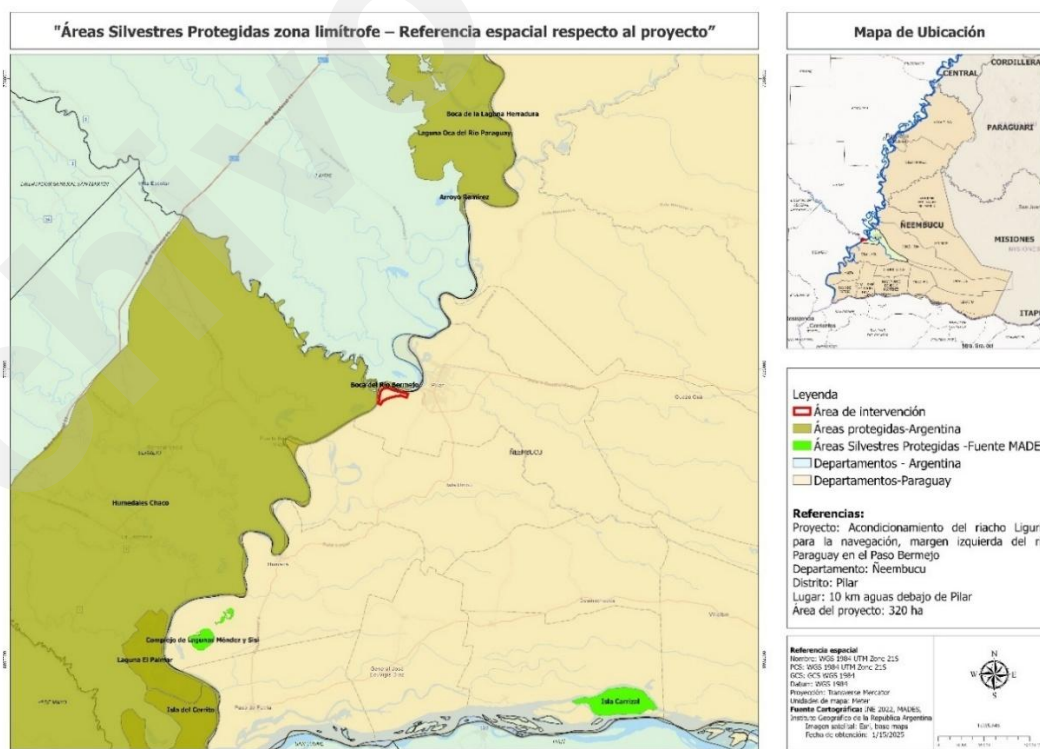


Figura 61. Áreas Silvestres Protegidas en la zona del proyecto

5.6.3 Humedales

En Paraguay los principales humedales son: la parte del Pantanal en territorio nacional, los esteros de Ñeembucú y del Lago Ypoá. En el mapa elaborado por el MADES, se indican además la llanura de inundación del río Paraguay, y los desbordes del Pilcomayo; así como otras zonas más pequeñas de humedales.

El mayor sistema de humedales lo constituye el Pantanal en Mato Grosso que conecta con los humedales del río Paraguay y del río Paraná, hasta llegar al río de la Plata. Cumple funciones como mitigar grandes inundaciones y sequías, recarga de acuíferos, provisión de alimentos, mantener áreas para la cría de peces, facilitar la agricultura y la ganadería y proveer agua dulce; con lo cual genera trabajo y renta.

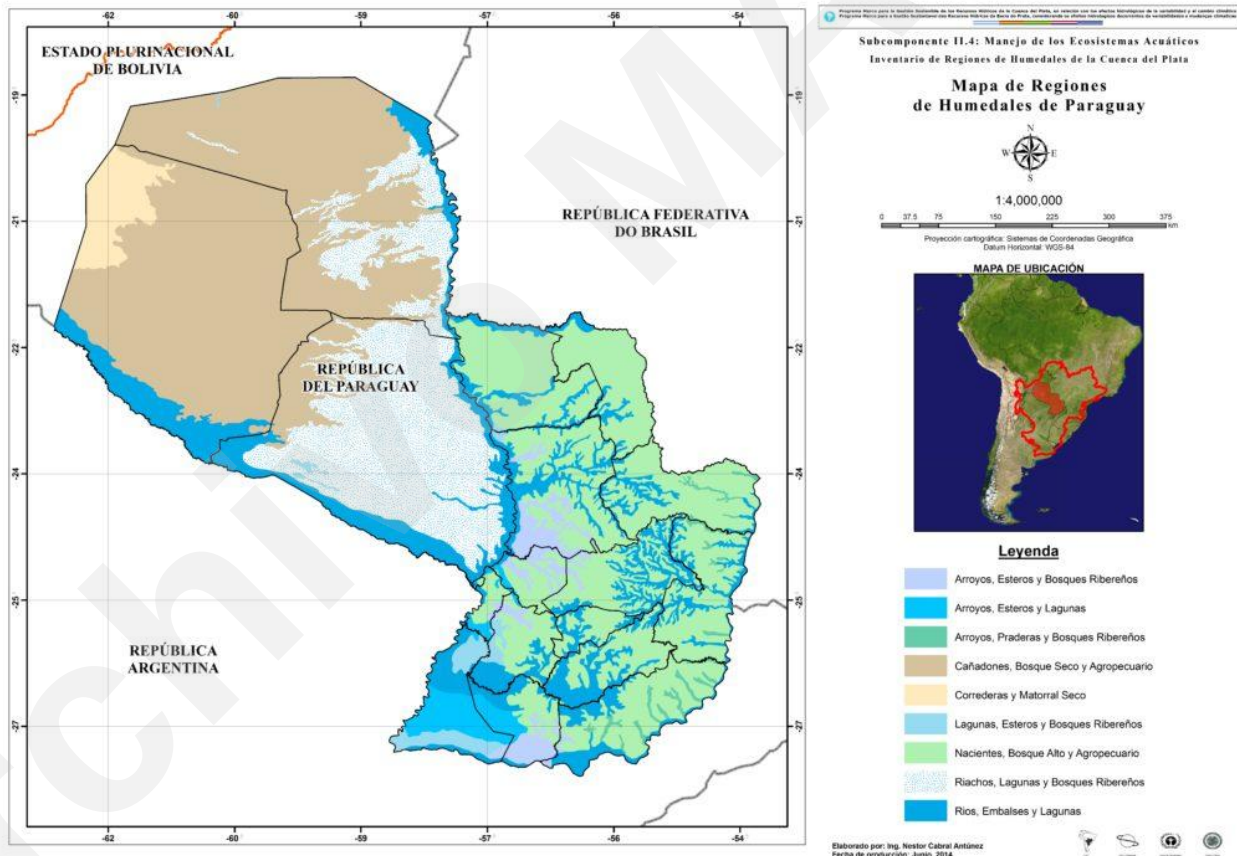


Figura 62. Humedales del Paraguay, Burgos, 2003 (SEAM, 2016)

5.6.4 Sitios RAMSAR

La Convención sobre Humedales, conocida como la Convención de Ramsar, es un tratado ambiental intergubernamental establecido en 1971 por la UNESCO, que entró en vigor en 1975. La Convención de Ramsar identifica humedales de importancia internacional, especialmente

aquellos que proporcionan hábitat para aves acuáticas. Particularmente, Paraguay es signatario a y ratificó mediante la Ley N° 350 en el año 1994 adhirió a dicha convención e incluyó en la lista del Convenio Ramsar seis humedales: Río Negro de 370.000 ha. (Alto Paraguay); Laguna Tte. Rojas Silva de 8.470 ha. (Boquerón); Laguna Chaco Lodge de 2.500 ha. (Pdte. Hayes); Tinfunqué de 280.000 ha. (Pdte. Hayes); Estero Milagro de 25.000 ha. (San Pedro); Lago Ypoá de 100.000 ha. (Paraguarí, Ñeembucú, Central). En consecuencia, estas zonas pasaron a ser de interés mundial y estar bajo vigilancia internacional. No obstante, sólo Río Negro, Lago Ypoá y Tinfunqué son áreas silvestres protegidas (pero no implementadas), y Chaco Lodge es una reserva natural privada no oficial, todas ellas se encuentran por fuera del área de influencia del proyecto.

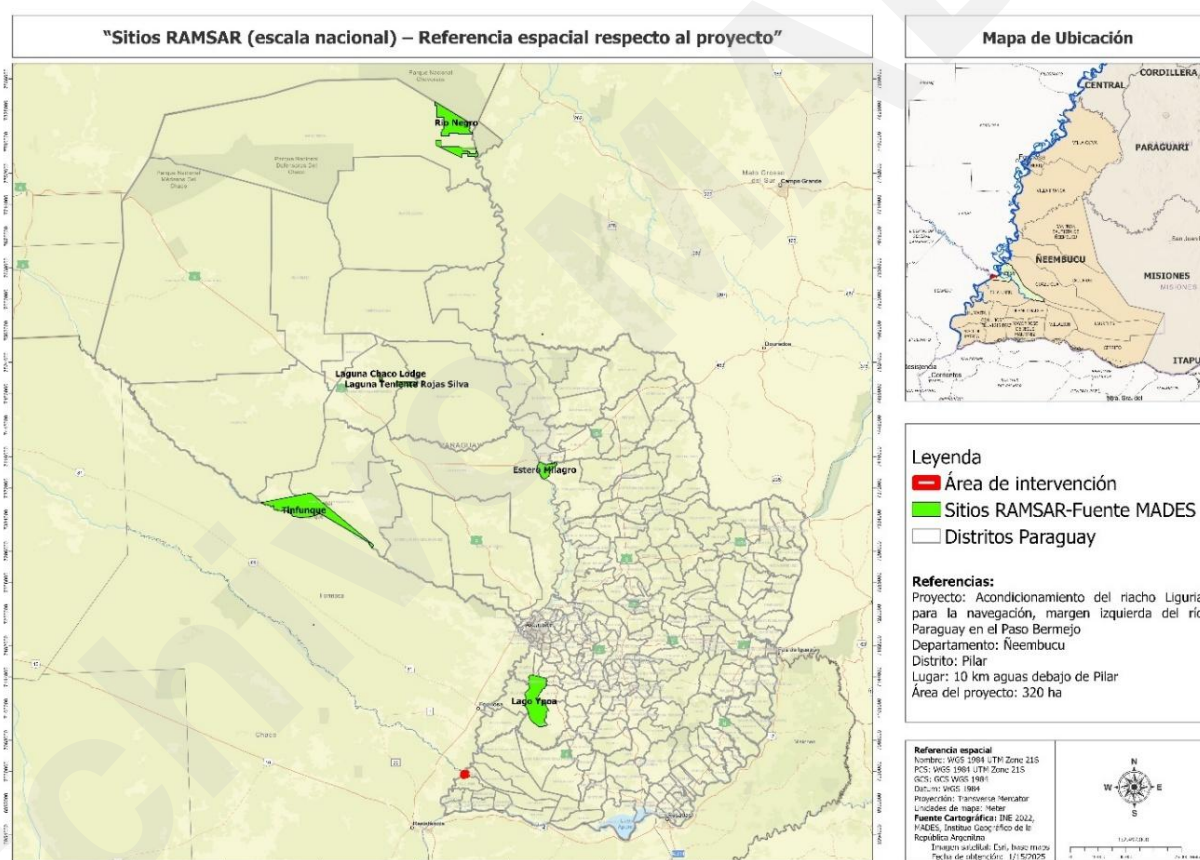


Figura 63. Sitios Ramsar en Paraguay

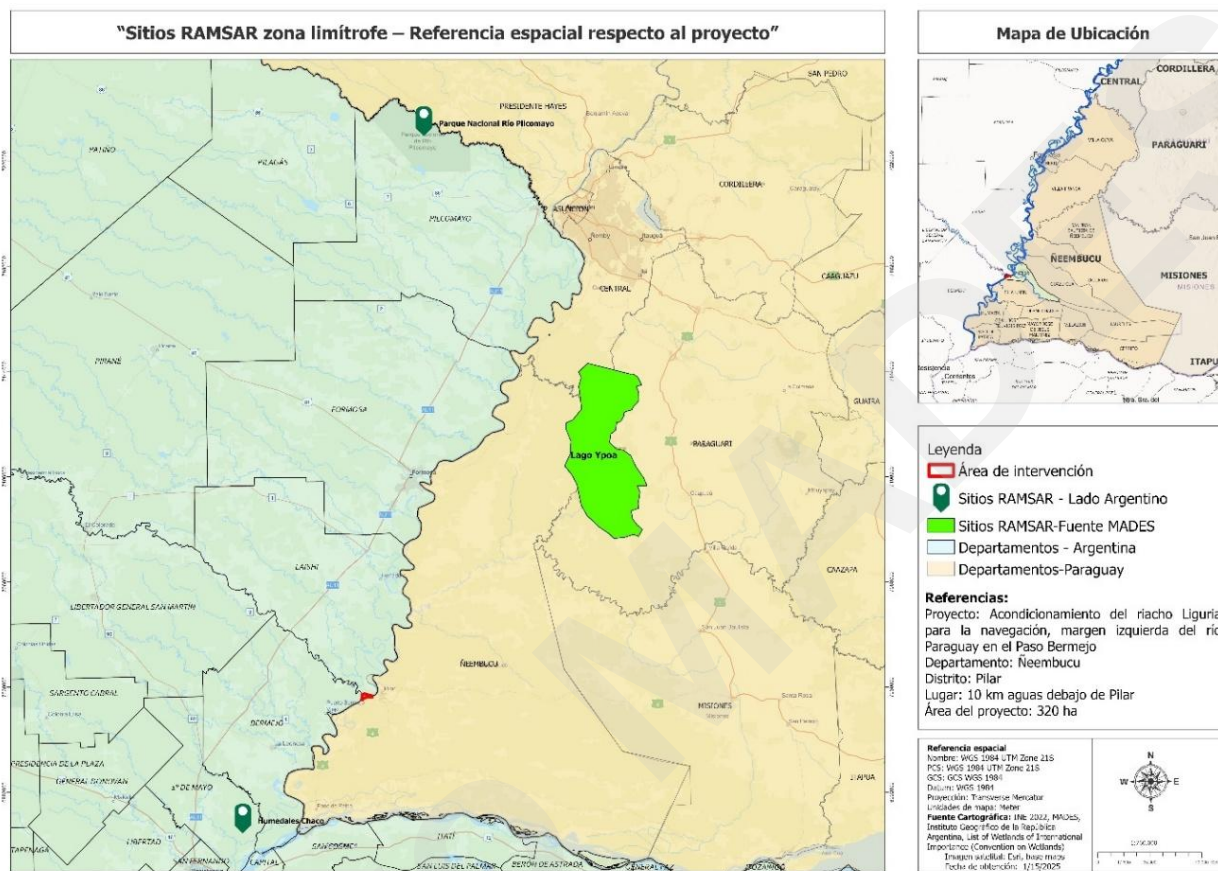


Figura 64. Sitios Ramsar con relación a la zona del proyecto

5.6.5 Paisajes en la zona de estudio

El departamento de Ñeembucú se caracteriza por una topografía plana y baja y un clima fresco y húmedo que es debido tanto a la presencia de numerosos esteros, ríos y arroyos como a su ubicación en la confluencia de los ríos Paraguay y Paraná.

El departamento de Ñeembucú se caracteriza por una topografía plana y baja y un clima fresco y húmedo que es debido tanto a la presencia de numerosos esteros, ríos y arroyos como a su ubicación en la confluencia de los ríos Paraguay y Paraná siendo a destacar que la vertiente del primero de ellos, a nivel departamental, está conformada por el río Tebicuary y sus afluentes (el río Negro y el arroyo Yacaré) y varios arroyos siendo los más conocidos el Ñeembucú y el Hondo (que desaguan en la zona de esteros).

Particularmente, al Sur de la ciudad de Pilar, se desarrolla un vasto complejo de ambientes asentados sobre una planicie de muy escasa pendiente, en general inferior al 2,0%, que se encuentra orientada hacia los ríos mayores (es decir, los ríos Paraguay y Paraná).

De acuerdo con los estudios bioecológicos sobre los humedales del Ñeembucú, el rasgo relevante está dado por un mosaico fisiográfico y de vegetación conformado por un complejo de formaciones palustres, riparias y de interfluvio que han sido denominados por diversos

autores, como “esteros”, “bañados”, “cañadas”, “arroyos”, “espejos de agua” (temporarios y/o permanentes) y “lagunas” todos ellos poblados con “pastizales”, “palmares”, “malezales”, “asociaciones leñosas” y “formaciones boscosas”, “selva marginal” o “bosque en galería” (Contreras Roqué Julio R., Andrés O. Contreras Chialchia y Miguel Á. Delpino Aguayo., 2007).

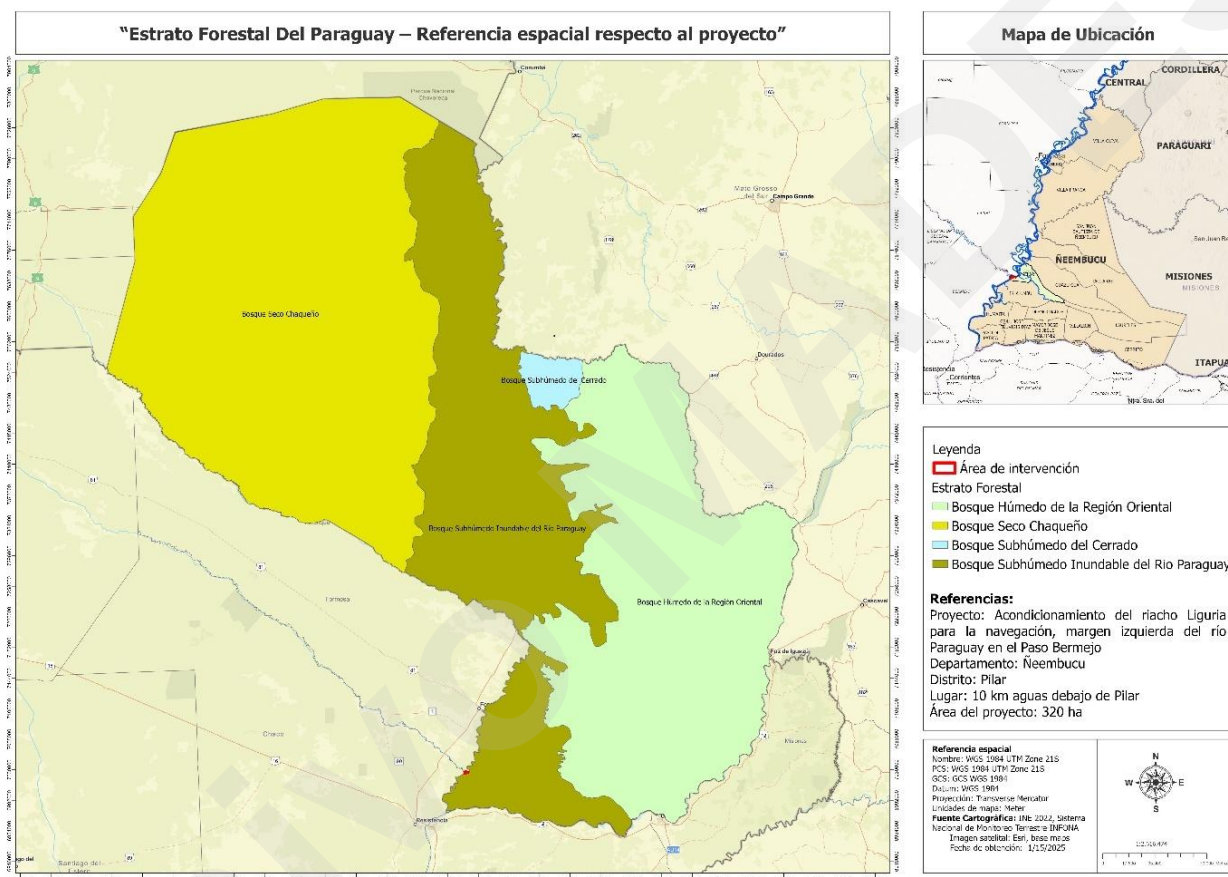


Figura 65. Estrato forestal del Paraguay como referencia

La zona de estudio se encuentra en el corazón de los extensos **esteros de Neembucú**, uno de los sistemas de esteros y pastizales de inundación más grandes de Sudamérica. Estos humedales forman una compleja red de ambientes acuáticos, planicies y bosques ribereños que sostienen una alta biodiversidad de fauna acuática y terrestre. El área es de gran relevancia ecológica y está siendo objeto de inventario científico continuo.

5.6.6 Áreas de importancia para la conservación de aves

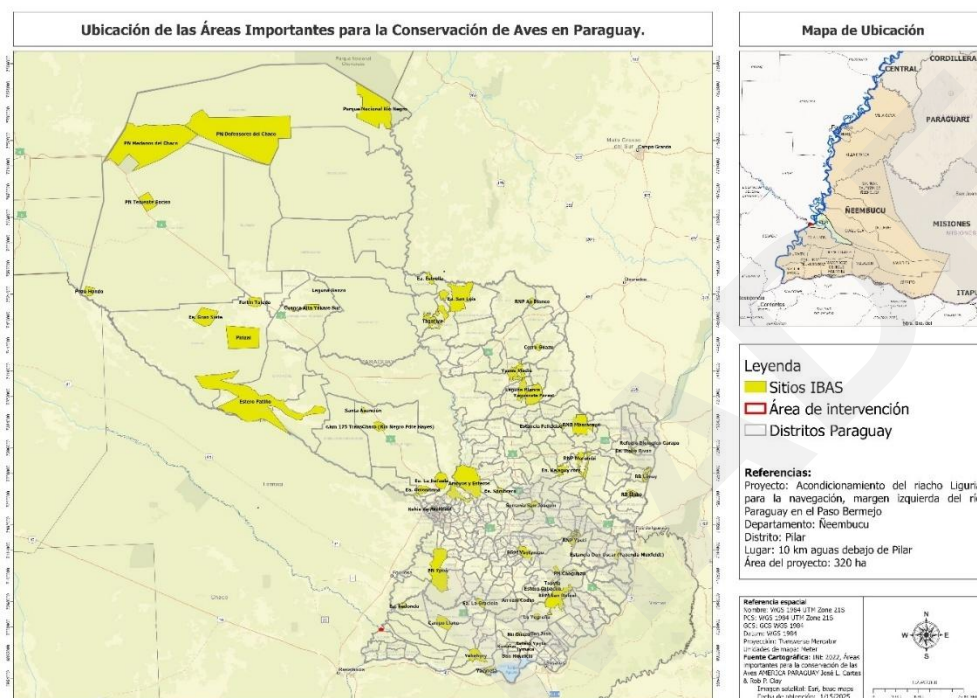


Figura 66. Áreas importantes para la conservación de aves en Paraguay

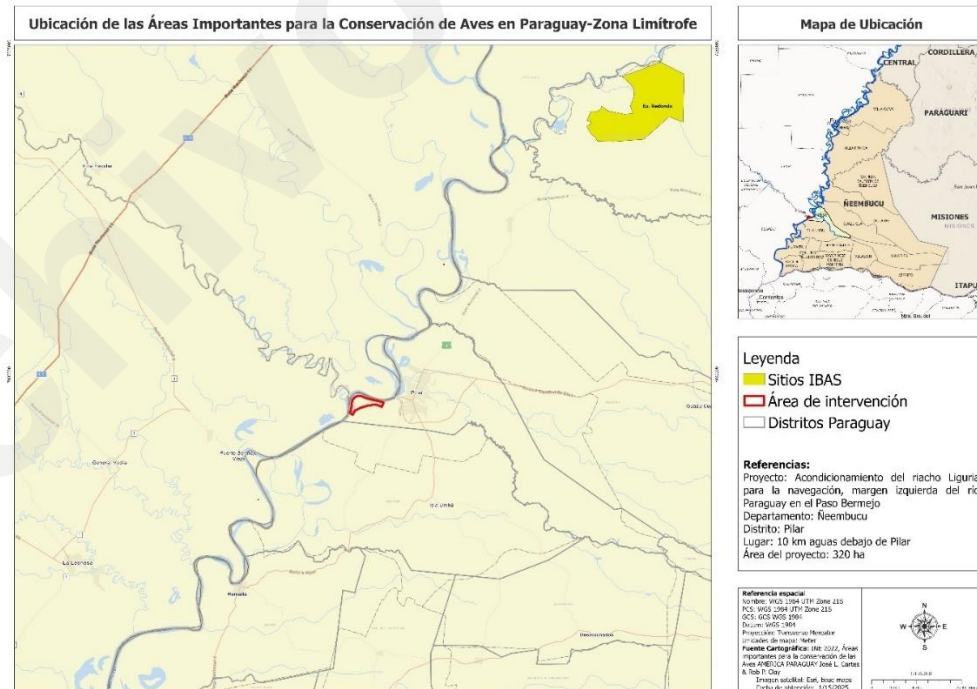


Figura 67. Áreas importantes para la conservación de aves en la zona del proyecto

5.7 LÍNEA DE BASE DE BIODIVERSIDAD

5.7.1 Objetivo del estudio

El objetivo del estudio de biodiversidad fue realizar un diagnóstico del medio biológico (macroinvertebrados, peces, aves, mamíferos, anfibios, serpientes y flora) del área de influencia del proyecto e identificar los posibles impactos ambientales más significativos de la intervención en su etapa constructiva y operativa y que puedan afectar a este componente, proponiendo a su vez, medidas de prevención, mitigación, compensación y/o monitoreo que gestionen correctamente estos impactos y/o los monitoreen, de manera que el proyecto sea socio-ambientalmente viable.

5.7.2 Contexto geográfico

El brazo Liguria constituye un ecosistema lótico secundario de vital importancia para la conectividad biológica entre el curso principal del río Paraguay y los humedales internos de Ñeembucú. De aproximadamente 3 km de longitud y un promedio de 50 m de anchura, su configuración se caracteriza por una asimetría marcada, con una orilla continental con selva en galería densa y una orilla insular por la Isla Ybycuí, que actúa como barrera protectora contra el flujo principal.

5.7.3 Metodología de muestreo

Se realizaron muestreos de peces, toma de muestra de ictioplancton y sedimentos para análisis de macroinvertebrados. Para realizar este estudio se utilizó el método de EER (evaluación ecológica rápida), que es una metodología flexible y eficiente diseñada para obtener información biológica y ecológica de un área en un tiempo limitado. La EER se centra en la caracterización de la biodiversidad, la identificación de los hábitats clave y la evaluación de posibles amenazas. Con la Evaluación cualitativa se registra el tipo de vegetación ribereña, la presencia de plantas acuáticas, el estado de las orillas (erosión, estabilidad) y la morfología del lecho del río. Con un Inventario rápido de especies se registran las especies más representativas de la flora y fauna acuática y terrestre, prestando atención a la presencia de especies indicadoras de la salud del ecosistema (como ciertas aves o peces). La información obtenida en la EER permite tomar decisiones rápidas y efectivas para la conservación de la biodiversidad y la mitigación de los impactos ambientales.

- **Periodo de monitoreo:** del 23 al 25 de enero de 2026. El trabajo se desarrolló en horario diurno para registro de peces y aves, principalmente, y otros taxones con observación del estado de la flora circundante. En horario nocturno para otros animales de hábitos nocturnos.
- **Técnica de monitoreo:** La técnica utilizada fue de observación directa y registro de datos observados, el recorrido fue realizado por los sitios indicados en el tramo del brazo Liguria utilizado como transecto, aunque se hizo también recorrido por la zona de Paso Bermejo y visita a la isla Ybycuí para entrevista con pescadores. Se hicieron muestreos

con replicas para peces y por el método por puntos de conteo para aves, registrando las especies de peces colectadas y las aves detectadas visual y auditivamente. El muestreo indirecto fue basado en huellas y rastros, así como presencia de excrementos. Además, datos aportados por pescadores y vaqueanos.

- **Parámetros monitoreados:** identificación de especies de fauna, presencia o ausencia, estado del hábitat.
- **Fauna bentónica:** toma de muestras según técnicas estándar en el tramo de estudio.
- **Unidades de muestreo:** se trazó un transecto estableciendo como punto de partida el inicio del brazo Liguria y su desembocadura en el río Paraguay, hasta 200 m más abajo. La isla Ybycuí para animales terrestres y aves, además de sitio de pescadores sobre la parte continental un espacio estrecho en la orilla debido a que son propiedades privadas, salvo la zona del canal de desagüe del arroyo Ñeembucú, que permitió un ingreso más profundo.
- **Criterios de selección:** los puntos de muestreo de peces se realizaron a lo largo del riacho en varios sitios y la toma de muestra de sedimentos se realiza en tres puntos (muestra compuesta), técnica utilizada para obtener una representación más completa de la calidad ecológica del sitio, así como muestras para análisis de ictioplancton. Los sitios de muestreo para la observación de los demás taxones fueron seleccionados al azar, de acuerdo con la abundancia de vegetación y a la mayor actividad de especies, así como la observación de huellas de animales terrestres, especialmente en las playadas y bancos de arena.
- **Para el registro de especies** se utilizaron binoculares, cámara fotográfica, cámara con GPS, cuaderno de campo, aplicación Merlin Bird para registro auditivo de aves. También se usaron las diversas artes de pesca para muestreo y colecta de peces, redes de arrastre, trampas, tarrafas y, espineles; red de espera y mallones que son utilizados por los pescadores locales, quienes también aportaron con sus especies.

5.7.4 Unidades de muestreo



Figura 68. Sitios de monitoreo de Biodiversidad

5.7.5 Caracterización florística

El principal objetivo es tener una línea base de la vegetación, para posteriormente poder monitorear los impactos que las actividades podrían producir en la vegetación en los tramos de estudio. Si bien la vegetación está adaptada a las condiciones ambientales, mediante observación visual, se utilizaron indicadores cualitativos sencillos que no requieren muestreos destructivos ni mediciones complejas. Esta metodología es ideal para un primer acercamiento. El Liguria es un brazo del río Paraguay en zona del distrito de Pilar a la altura del Paso Bermejo en el departamento de Ñeembucú. Se caracteriza por sus aguas tranquilas y su conexión con el ciclo de inundaciones del río Paraguay. Es un ecosistema de transición. Su vegetación está compuesta por plantas flotantes como el *Eichhornia* (Jacinto de agua) formando islas flotantes o embalsados. Se distinguen árboles de ribera, el sauce criollo, el aliso de río y el inga, especies que soportan raíces bajo agua. Además, el Karanda'y, *Copernicia alba* típico de los paisajes inundables de la zona.

El brazo Liguria presenta una morfología asimétrica que define su ecología. En sus aproximadamente 3 km de extensión y 50 m de ancho (promedio visual), se observan dos realidades opuestas, hacia una de las márgenes, la vegetación se presenta como una pared compacta, aquí dominan especies de ecosistema de baja altura, pero de buena densidad,

caracterizado por especies arbóreas como el laurel, y selva en galería vitales para la estabilidad ecológica de la zona. Comprenden una variedad de árboles y arbustos hidrófilos como el *Inga marginata*, la densidad sugiere una estratificación de arbustos y enredaderas que caen sobre el agua, creando microhábitats de sombra. Es aquí donde los camalotales se anclan con mayor fuerza, aprovechando la protección contra el viento. La orilla opuesta pertenece a una isla delgada que separa el riacho del curso principal del río Paraguay, con una vegetación predominante de pastizales. Esta isla debería funcionar como un corredor biológico, pero la instalación de campamentos de pescadores en dirección a Paso Bermejo ha transformado el paisaje.

5.7.5.1 Estratificación vegetal

En la orilla continental, que es la margen densa se observó un estrato arbóreo donde sobresalen el sauce criollo, *Salix humboldtiana*, el aliso de río, *Tessaria integrifolia*, y el Ingá. Además, un estrato arbustivo con lianas, chilca y enredaderas densas que crean una pared vegetal. En la zona de transición, agua-tierra se observaron macrófitas flotantes, donde sobresalen camalotales estáticos compuestos principalmente por *Eichhornia crassipes* y repollitos de agua; y especies palustres como juncos y totoras visibles hacia las zonas menos profundas, al costado del riacho, hacia la isla donde se forman lagunas. En la porción de la isla Ybycuí, de lo que se pudo observar la vegetación nativa aparece intervenida con pastizales, árboles frutales y cultivo de mandioca y áreas despejadas por actividad humana con sus campamentos.

5.7.5.2 Especies ribereñas colonizadoras

Son las que están en contacto directo con el agua y soportan el embate de las barcas y la corriente como el sauce criollo, *Salix humboldtiana*, que es el árbol más emblemático de la orilla; sus raíces flexibles son expertas en amarrar el suelo de la barranca para evitar que el oleaje de las lanchas lo desmorone. El aliso de río, *Tessaria integrifolia*, suele formar grupos densos llamados alisales; es una especie colonizadora que aparece rápidamente en bancos de arena y orillas nuevas. El Ingá, *Inga vera* e *Inga marginata*, son muy comunes por sus frutos (vainas) que caen al agua y sirven de alimento a los peces; sus copas suelen extenderse sobre el riacho, creando esas zonas de sombra donde se refugian los alevines.

5.7.5.3 Especies de zona más densa

Hacia el interior de la orilla continental, donde el suelo es un poco más alto y firme, la vegetación se vuelve más diversa y sombría, se observan diversas especies, como: la Sangre de Drago, *Croton urucurana*, es reconocible por sus hojas que se vuelven color naranja antes de caer, su savia es famosa por sus propiedades cicatrizantes; el palo de leche, *Sapium haematospermum*, es un árbol que excreta un látex blanco al herirlo, son especies muy

resistentes a las crecidas estacionales del río Paraguay; el laurel de río, *Nectandra angustifolia*, provee una cobertura densa y perenne, ideal para que las aves que logran quedarse en la zona, así pueden anidar lejos de la vista de los depredadores.

5.7.5.4 Estrato bajo y enredaderas

Lo que hace que la orilla se vea compacta o impenetrable son estas especies que unen los árboles entre sí como las lianas y enredaderas, el ysyó, que cuelga de las ramas más altas hasta tocar el agua. Otra especie común en este estrato es el Curupí, *Sapium glandulosum*, cuyo fruto es muy buscado por las aves frugívoras que aún frecuentan la zona.

5.7.5.5 Importancia ecológica

La importancia de la flora para el ecosistema del Liguria es básicamente de amortiguación porque actúa como una barrera contra el ruido de los motores de lanchas y barcas. Es también de sustento ya que la caída de hojas y frutos de estos árboles es la principal fuente de energía para los peces. Sin embargo, es de alta vulnerabilidad, porque estos árboles podrían perder el sustento y podrían caer al cauce, acelerando la degradación del lugar si perdieran su suelo (Mereles, 2001) (Vogt, 2006).

Tabla 22. Listado estrato arbóreo

Especie	Nombre común	Características
<i>Salix humboldtiana</i>	Sauce criollo	Especie colonizadora en las orillas arenosas.
<i>Tessaria integrifolia</i>	Aliso de río	Forma rodales densos llamados alisales
<i>Tabebuia nodosa</i>	Palo cruz	Especie común en zonas bajas inundables de Ñeembucú y Chaco húmedo
<i>Inga marginata</i>	Ingá	Especie cuyas raíces estabilizan las riberas
<i>Handroanthus heptaphyllus</i>	Lapacho hu	Su hábitat natural son lugares bajos con suelos húmedos y profundos
<i>Handroanthus impetiginosus</i>	Lapacho rosado	Crece en suelos arenosos y húmedos
<i>Vachellia aroma</i>	Aromita	arbusto nativo del Chaco paraguayo, común en Ñeembucú
<i>Cedrela fisilis</i>	Cedro	Habita bosques altos de suelos profundos y bien drenados, especialmente en cuencas de ríos como el Paraná y Paraguay, y en bosques higrófilos ribereños

Especie	Nombre común	Características
<i>Peltophorum dubium</i>	Yvyra pyta	Crece en suelo profundo, fértil y bien drenado; se adapta a suelos pobres, arcillosos, e incluso algo húmedos, con pH ácido a alcalino.
<i>Patagonula americana</i>	Guayaybi	habita en bosques y áreas ribereñas, especialmente en zonas húmedas y de suelos inundables
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	Timbó	Es un árbol emblemático del Paraguay y la ecorregión del Ñeembucú, un ecosistema de humedales y bosques en galería asociado a los ríos Paraná y Paraguay, donde prefiere suelos húmedos
<i>Copernicia alba</i>	Karanda'y	Es una palma emblemática de ambientes húmedos y anegadizos, crece en suelos pobres y actúa como planta pionera en zonas inundables
<i>Salix humboldtiana</i>	Sauce colorado	Común en las barras de arena en el río Paraguay
<i>Phyllanthus sellowianus</i>	Sarandí blanco	Arbusto adaptado a vivir con las raíces bajo agua durante meses; son esenciales para evitar la erosión de las costas.
<i>Cephalanthus glabratus</i>	Sarandí negro	Arbusto adaptado a vivir con las raíces bajo agua durante meses; son esenciales para evitar la erosión de las costas.
<i>Nectandra angustifolia</i>	Laurel de Río	Es nativo, estrechamente ligado a ambientes acuáticos y zonas de alta humedad. Es característico de bosques en galería

Fuente: elaboración propia basada en Mereles, F. (2004); Vogt, C. (2006).

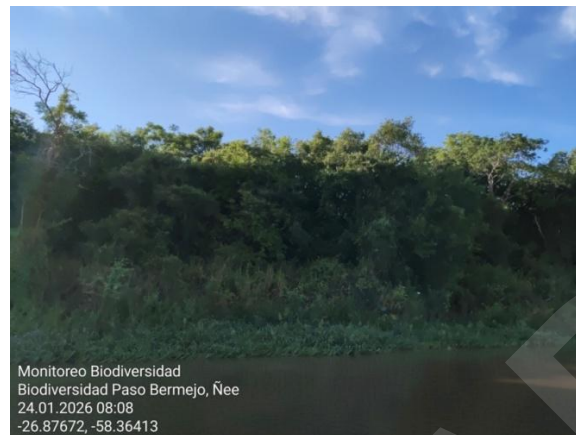


Figura 69. Estrato arbóreo



Figura 70. Estrato herbáceo y vegetación acuática

5.7.5.6 Consideraciones sobre la vegetación

El hábitat comprendido por la zona de estudio está protegido por la Ley N° 6.676/2020, conocida como de Deforestación Cero, que prohíbe, por 10 años desde diciembre de 2020, la transformación de bosques nativos en la región oriental de Paraguay, en este caso son protegidos los bosques en galería que bordean el riacho y río Paraguay. La zona de Paso Bermejo y brazo Liguria forma parte del complejo de humedales de Ñeembucú, un ecosistema de importancia internacional que busca proteger la biodiversidad en forma integral.

5.7.6 Caracterización de macroinvertebrados

El análisis del sedimento (ver Anexo) evidenció la presencia de macroinvertebrados pertenecientes al *Phylum Mollusca*, *Clase Bivalvia*, registrándose individuos del género *Corbicula* sp. y la especie *Limnoperna fortunei* (mejillón dorado). La presencia de bivalvos bentónicos indica disponibilidad de materia orgánica y condiciones adecuadas para organismos filtradores asociados a sedimentos finos característicos de ambientes lénticos o de baja velocidad de corriente.

Tabla 23. Macroinvertebrados registrados

Parámetro evaluado	Resultado obtenido	Interpretación ecológica	Implicancia ambiental
Abundancia total	2 ind/kg	Baja densidad bentónica	Puede asociarse a dinámica hidrológica variable o disturbio del sedimento
Dominancia taxonómica	Mollusca — Bivalvia	Comunidad poco diversa	Sistema con baja heterogeneidad biológica en el sedimento
Especies registradas	<i>Limnoperna fortunei</i> y <i>Corbicula</i> sp	Bivalvos filtradores dominantes	Alta capacidad de filtración del agua y aprovechamiento de materia suspendida
Presencia de especie invasora	<i>Limnoperna fortunei</i>	Especie exótica altamente adaptable	Indicador de conectividad hídrica regional y posible alteración ecológica
Estado ecológico general	Comunidad simplificada	Baja diversidad funcional	Sistema resiliente pero ecológicamente sensible

La comunidad de macroinvertebrados registrada evidencia un sistema acuático funcional, caracterizado por organismos adaptados a condiciones hidrológicas variables y elevada disponibilidad de materia orgánica (Barbour, M. T., Gerritsen, J., Snyder, B. D., & Stribling, J. B., 1999) y (Wallace, J. B., & Webster, J. R., 1996). La predominancia de taxones tolerantes sugiere procesos naturales asociados a ambientes de planicie inundable y periodos de estiaje (Bonada, N., Prat, N., Resh, V. H., & Statzner, B., 2006). En conjunto, el ensamble biológico refleja un estado ecológico intermedio, con capacidad de resiliencia frente a cambios ambientales propios del sistema (Hauer, F. R., & Lamberti, G. A., 2017).

Considerando la baja abundancia bentónica registrada y la dominancia de moluscos filtradores tolerantes, se recomienda que las actividades de ampliación para navegación se desarrollen mediante intervenciones sectorizadas, minimizando la remoción simultánea del sedimento y preservando áreas refugios laterales (Petts, G., & Gurnell, A., 2005) y (Smith, D. G., & Pettibone, M., 2008). Asimismo, la presencia de especies invasoras obliga a implementar

protocolos de bioseguridad para maquinaria y manejo de sedimentos, acompañados de monitoreo biológico continuo que permita evaluar la resiliencia del ecosistema frente a modificaciones hidro-morfológicas (Ricciardi, A., & MacIsaac, H. J., 2011) y (Dallas, 2008).

5.7.7 Caracterización faunística

Además de la observación directa, la identificación de las especies se complementó mediante la busca de huellas, materia fecal y madrigueras, técnicas no invasivas que permiten detectar la presencia de mamíferos difíciles de avistar debido a su comportamiento esquivo o actividad nocturna. Estos indicios son fundamentales para ampliar el inventario faunístico y entender mejor la distribución y uso del hábitat por parte de la fauna silvestre en áreas impactadas por actividades humanas. A falta de registros se recurrió a entrevistas a pescadores y vaqueanos de la zona.

5.7.7.1 Ictiofauna

La información disponible sobre la ictiofauna del río Paraguay se basa principalmente en inventarios realizados por consultoras, ONG e instituciones académicas. Sin embargo, aspectos relevantes como la ecología de las especies, su dinámica poblacional, niveles de explotación y estado de conservación presentan aún vacíos de información actualizada, por lo que resulta necesario profundizar los análisis a lo largo del sistema fluvial para obtener una caracterización más precisa de la composición de la ictiofauna del río Paraguay.

Los antecedentes sobre la ictiofauna del río Paraguay incluyen trabajos clásicos y recientes como los que se mencionan en la bibliografía y cuyos autores son: (Eigenmann, C. H., & Kennedy, C. H., 1903), (Eigenmann, C. H., McAtee, W. L., & Ward, D. P., 1907), (Géry, J., V. Mahnert & C. Dlouhy, 1987), (Azpelicueta, M., 1990), (Chernoff, B., D. Mandelburger, M. Medina, M. Toledo-Piza & J. Sarmiento, 2001), (Lucena, C.A.S., 2003), (Menezes, N.A., 1976), (MNHP, 1996), (Perugia, A., 1897), (Vari, R.P. & C.J. Ferraris, 1998), (Vera, 2004), (Neris, N., C. Koehn, F. Villalba, G. Ruiz Díaz & G. Franco, 2008), (Neris, N., F. Villalba, D. Kamada & S. Viré, 2010) y (Villalba F, Vire S, Resquin J., 2012)

En Paraguay se estima la presencia de aproximadamente 250 especies de peces (Kullander, S.O., 2003), de las cuales alrededor de 175 especies han sido citadas para el río Paraguay, principalmente en el tramo comprendido entre los ríos Negro, Apa y el riacho La Paz (Toledo-Piza, M., 2000). En la zona específica de estudio brazo Liguria, se realizaron colectas, muestreos y entrevista a los pescadores. Se consideró, por los datos obtenidos, realizar muestreos en el río Paraguay porque complementa lo descrito por los pescadores de la zona. La isla Ybycuí es zona exclusiva de pesca para los pescadores malloneros, especialmente los meses de octubre a febrero.

Teniendo en cuenta los especímenes obtenidos de ambas zonas, tanto del brazo Liguria (muestreo), como en el río Paraguay (pescadores), se registraron 31 especies de peces,

pertenecientes, principalmente, a los órdenes Characiformes y Siluriformes (Tabla 24). La presencia de estas especies refleja la capacidad de adaptación de estas especies a ambientes fluviales altamente dinámicos, caracterizados por pulsos de crecientes y bajantes (Neiff, J. J., 1990). Mientras que de Perciformes no se encontraron especies, durante la campaña, sin embargo, los pescadores afirman la presencia de especies de este Orden. La elevada presencia de Siluriformes, particularmente de las familias Doradidae y Pimelodidae, se asocia a las condiciones de alta turbidez, fondos blandos y mayor profundidad del cauce principal (río Paraguay), intensificadas durante la bajante del río.

Tabla 24. Especies encontradas en la zona de estudio y alrededores

Orden	Familia	Especie	Nombre común
CHARACIFORMES	Characidae	Aphyocharaxanisisti	Piky
		Aphyocharaxrathbuni	Piky
		Astyanaxasuncionensis	Mojarra
		Astyanaxfasciatus	Mojarrita
		Bryconamericusexodon	Mojarrita
		Moenkhausiadichrourea	Colita blanca
		Moenkhausia intermedia	Colita roja
		Psellogrammuskennedyi	Mojarrita
		Odontostilbepequira	Piky
		Serrapinusssp	Piky
	Erythrinidae	Hopliasmalabaricus	Tareyi
	Prochilodontidae	Prochiloduslineatus	Carimbata
	Serrasalminidae	Piaractusmesopotamicus	Pacú
		Pygocentrusnattereri	Piraña
		Serrasalmusmaculatus	Piraña
		Serrasalmusmarginatus	Piraña
	Auchenipteridae	Ageneiosusinermis	Mandove
		Trachelyopterusgaleatus	Apretador
SILURIFORMES	Doradidae	Pterodorasgranulosus	Armado
		Rhinodorasdobignyi	Armado
	Pimelodidae	Hemisorubimplatyrhynchos	tres puntos

Orden	Familia	Especie	Nombre común
		Hypophthalmusedentatus	Patimandové
		Iheringichthyslabrosus	Bagre
		Pimelodusargenteus	Bagre
		Pimelodusmaculatus	Bagre
		Pimelodusornatus	
		Pinirampuspirinampu	Pati
		Pseudoplatystomacorruscans	Surubi pintado
		Pseudoplatystomafasciatum	Surubi rayado
		Sorubim lima	Pico de pato
		Zungarujahu	Manguruyu



Figura 71. *Pimelodidae Sorubim lima (Pico de pato)*

Especies endémicas

Las especies endémicas se definen como aquellas que habitan exclusivamente en un área geográfica determinada. La zona de estudio correspondiente al río Paraguay utilizado principalmente como área de tránsito y redistribución de peces, especialmente durante períodos de migración y variaciones hidrológicas, referente al brazo Liguria es una zona de alimentación y desarrollo temprano para los peces

En función de los resultados obtenidos y a la bibliografía disponible, no se puede afirmar que la zona de estudio constituya un área de endemismo, ya que las especies registradas presentan una amplia distribución dentro de la cuenca del Paraguay. La mayor abundancia

registrada de armados y surubíes responde a condiciones ambientales temporales y a la dinámica hidrológica, más que a la presencia de especies exclusivas del área.

Especies amenazadas

En la Tabla 25, se observa que, en la zona caracterizada como zona de pescadores, se registraron especies categorizadas como especies de **Preocupación Menor**, tales como *Piaractus mesopotamicus* (pacú), *Pterodoras granulosus* (armado), *Ageneiosus inermis* (mandove) y *Pseudoplatystoma* spp. (surubíes), revisten especial importancia debido a la presión ejercida por la pesca comercial y deportiva. La especie comercial *Hemisorubim platyrhynchos* (bagre) está categorizada como especie **casi amenazada**

Otra especie que llamó mucho la atención es la presencia del *Zungaro jahu* categorizada como **vulnerable** es un bagre de gran tamaño de cuerpo rojizo y grueso, considerada especie depredadora de aguas abiertas.

Tabla 25. Especies categorizadas encontradas en la zona de estudio

Orden	Familia	Especie	Nombre comun	Estado de conservación
CHARACIFORMES	Characidae	Aphyocharaxanisisti	Piky	datos insuficientes
		Aphyocharaxrathbuni	Piky	datos insuficientes
		Astyanaxasuncionensis	Mojarra	No evaluado
		Astyanaxfasciatus	Mojarrita	No evaluado
		Bryconamericusexodon	Mojarrita	No evaluado
		Moenkhausiadichroua	Colita blanca	No evaluado
		Moenkhausia intermedia	Colita roja	No evaluado
		Psellogrammuskennedyi	Mojarrita	No evaluado
		Odontostilbepequiria	Piky	No evaluado
		Serrapinusssp	Piky	No evaluado
	Erythrinidae	Hopliasmalabaricus	Tareyi	No evaluado
	Prochilodontidae	Prochiloduslineatus	Carimbata	Preocupación menor
	Serrasalminidae	Piaractusmesopotamicus	Pacú	Preocupación menor
		Pygocentrusnattereri	Piraña	No evaluado
		Serrasalmusmaculatus	Piraña	No evaluado
		Serrasalmusmarginatus	Piraña	No evaluado
	Auchenipteridae	Ageneiosusinermis	Mandove	Preocupación menor
		Trachelyopterusgaleatus	Apretador	No evaluado

Orden	Familia	Especie	Nombre comun	Estado de conservación
SILURIFORMES	Doradidae	Pterodorasgranulosus	Armado	Preocupación menor
		Rhinodorasdobigny	Armado	No evaluado
	Pimelodidae	Hemisorubimplatyrhynchus	tres puntos	Casi amenazado
		Hypophthalmusedentatus	Patimandové	
		Iheringichthyslabrosus	Bagre	No evaluado
		Pimelodusargenteus	Bagre	No evaluado
		Pimelodusmaculatus	Bagre	No evaluado
		Pimelodusornatus	Bagre	No evaluado
		Pinirampuspirinampu	Pati	No evaluado
		Pseudoplatystomacorruscans	Surubi pintado	Preocupación menor
		Pseudoplatystomafasciatum	Surubi rayado	Preocupación menor
		Sorubim lima	Pico de pato	No evaluado
		Zungarujahu	Manguruyu	Vulnerable



Figura 72. Zungaro jahu, especie colectada en el río Paraguay en zona Bermejo por los pescadores que habitan la isla

Especies migratorias

Las especies ícticas del río Paraguay presentan distintos patrones migratorios asociados a factores ambientales como temperatura, caudal, oxígeno disuelto y variaciones fisicoquímicas (Granado, C., 2002). En la Tabla 26, se distinguen especies con migraciones activas de larga distancia, como el dorado y especies con migraciones pasivas o desplazamientos laterales de menor escala, frecuentes en Siluriformes y pequeños Characiformes (Ringuelet, R. A., 1975); (Menni, R. C., 2004).

Las especies como el armado y el carimbata que se encontraron en gran cantidad en aguas del río Paraguay, realiza migraciones activas de 450 a 500 km (Espinach Ros, A., & Sverlij, S. B., 1986).

Los grandes bagres, como los surubíes y el manguruyú, realizan migraciones complejas que también se asocian a los estímulos generados por el ascenso del nivel hidrométrico y de la temperatura, aunque son menos conocidas, según investigaciones preliminares realizadas por otros autores (Pereira, L. F., Silva, R. F., & Gómez, J. P., 2009).

Tabla 26. Especies Migradoras en la zona de estudio en el río Paraguay

Orden	Familia	Especie	Nombre comun	Tipo de migracion
Characiformes	Prochilodidae	Prochilodus lineatus	Carimbata	Migración activa
Siluriformes	Pimelodidae	Ageneiosus militaris	solalinde	Migración pasiva
Siluriformes	Pimelodidae	Pseudoplatystoma corruscans	surubi pintado	Migración pasiva
Siluriformes	Pimelodidae	Pseudoplatystoma fasciatum	surubi rayado	Migración pasiva
Siluriformes	Pimelodidae	Sorubim lima	Pico de pato	Migración pasiva
Siluriformes	Pimelodidae	Zungarujahu	Manguruyu	Migración compleja



Figura 73. *Prochilodus lineatus* – Carimbata

Especies de importancia económica

De acuerdo con la clasificación del Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADES), se registraron 10 especies de importancia económica, representando el 36% del total de especies colectadas (Tabla 27). La cercanía del área a zonas de pesca artesanal refuerza su relevancia socioeconómica.

Tabla 27. Especies comerciales en la zona de estudio

Orden	Familia	Especie	Nombre común	Importancia económica
Characiformes	Characidae	<i>Piaractusmesopotamicus</i>	Pacu	comercial
Characiformes	Serrasalminidae	<i>Serrasalmusmaculatus</i>	Piraña	comercial
Characiformes	Prochilodontidae	<i>Prochiloduslineatus</i>	Carimbata	comercial
Siluriformes	Doradidae	<i>Pterodorasgranulosus</i>	Armado	comercial
Siluriformes	Pimelodidae	<i>Ageneiosusmilitaris</i>	Solalinde	comercial
Siluriformes	Pimelodidae	<i>Hemisorubimplatyrhynchos</i>	tres puntos	comercial
Siluriformes	Pimelodidae	<i>Pseudoplatystomacorruscans</i>	surubi pintado	comercial
Siluriformes	Pimelodidae	<i>Pseudoplatystomafasciatum</i>	surubi rayado	comercial
Siluriformes	Pimelodidae	<i>Sorubim lima</i>	Pico de pato	comercial
Siluriformes	Pimelodidae	<i>Zungarujahu</i>	Manguruyu	comercial

5.7.7.2 Ictioplancton

El estudio del ictioplancton constituye una herramienta fundamental para la identificación de zonas reproductivas y períodos de desove, siendo recomendable su realización durante al menos dos ciclos anuales. En el presente estudio se efectuó un muestreo exploratorio en el brazo Liguria, adyacente al cauce principal del río Paraguay, con el objetivo de detectar la presencia de huevos y larvas.

Se registraron cáscaras de huevos de peces y larvas de *Pseudoplatystomaspp.* (surubí), lo que indica que este ambiente cumple una función relevante como área de retención y desarrollo temprano. Las características del riacho, tales como menor velocidad de corriente y mayor heterogeneidad estructural, favorecen la supervivencia larval, especialmente durante períodos de aguas bajas.

La detección de cáscaras de huevos y larvas de surubí confirma la importancia funcional del área en los procesos reproductivos, evidenciando que los peces desovan aguas arriba y que los ambientes secundarios cumplen un rol fundamental en el reclutamiento.

Estos resultados concuerdan con la clasificación de estrategias de historia de vida propuesta por Winemiller (Winemiller K. & Rose K., 1992), donde especies como el surubí, dorado y pacú presentan estrategias periódicas, con desoves asociados al cauce principal y dispersión de huevos y larvas hacia ambientes secundarios.

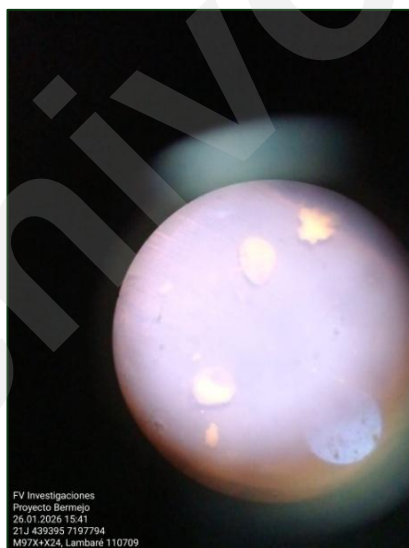


Figura 74. Larvas



Figura 75. Cascaras de huevos

Consideraciones sobre ictioplancton

Los resultados obtenidos permiten concluir que la zona de estudio cumple múltiples funciones ecológicas dentro del sistema del río Paraguay. La dominancia de Doradidae y Pimelodidae durante períodos de bajante responde a procesos de redistribución espacial y concentración de peces en el cauce principal, más que a incrementos poblacionales reales.

El riacho adyacente se configura como un hábitat crítico, utilizado tanto como área de alimentación para Characiformes como zona de retención y desarrollo temprano de larvas de especies migratorias de importancia ecológica y pesquera, como el surubí.

El muestreo exploratorio de ictioplancton realizado en el brazo Liguria permitió detectar la presencia de cáscaras de huevos de peces y larvas de *Pseudoplatystoma* spp., lo que constituye evidencia directa del uso de este ambiente como área de retención y desarrollo temprano. La presencia de cáscaras sugiere eventos de desove ocurridos aguas arriba, mientras que la detección de larvas indica que los ambientes secundarios cumplen un rol clave en la supervivencia de los estadios iniciales.

Estos resultados se ajustan a las estrategias de historia de vida descritas por Winemiller (Winemiller K. & Rose K., 1992), particularmente a la estrategia periódica, característica de especies migratorias de gran porte como el dorado, pacú y surubí. Estas especies realizan desoves en el cauce principal, liberando huevos pelágicos que son transportados por la corriente hacia ambientes de menor energía, donde las larvas encuentran condiciones más favorables para su desarrollo.

La conectividad lateral entre el cauce principal y los riachos resulta, por tanto, fundamental para el éxito reproductivo y el reclutamiento de especies de Pimelodidae, destacando la importancia de conservar estos ambientes secundarios dentro del sistema fluvial. En conjunto, estos hallazgos subrayan la necesidad de incorporar ambientes secundarios y variables hidrológicas en los programas de monitoreo, manejo pesquero y conservación del río Paraguay, especialmente en escenarios de alteración del régimen hidrológico.

5.7.7.3 Herpetofauna

La biodiversidad de Ñeembucú se caracteriza por el fenómeno del pulso de inundación, especialmente para las especies de ictiofauna y anfibios (Sobrevivencia). Estas dependen de que el río Paraguay ingrese a los humedales en épocas de crecida para completar sus ciclos biológicos. Sin embargo, durante la campaña no se visualizaron especies de la herpetofauna de la zona, aun en sus horarios de mayor actividad que es el atardecer y noche, sin embargo, de las entrevistas realizadas con pescadores en la isla Ybycuí, se supo que suelen aparecer serpientes típicas de ecosistemas húmedos como las del género *Bothrops* spp., yarara y *Eunectes notaeus*, kurijú, y el *Salvator mairiana*, lagarto overo, que aparece también en la orilla continental y son avistados en los campamentos de los pescadores. Las yararás prefieren bosques, pastizales cerca de ríos y la kurijú es semiacuática de zonas húmedas de riberas. No se visualizaron tampoco ninguna de las especies de yacarés.

Causas probables de la ausencia

El brazo Liguria, al ser un ecosistema de humedal, debería tener abundante actividad de anfibios durante el verano. Pueden ser varios los factores que generan este vacío ecológico, sin embargo, en este caso, la combinación de factores como el uso del riacho como atajo para lanchas rápidas y canoas a motor, sugiere un fuerte impacto antropogénico que altera su ciclo de vida. Los anfibios dependen casi exclusivamente de la comunicación sonora para el apareamiento durante el verano, por lo que los motores de lanchas rápidas generan un ruido ensordecedor bajo el agua y vibraciones constantes. Esto no solo estresa a los ejemplares adultos, sino que encubre el canto de los machos, impidiendo que las hembras los localicen. Si no pueden comunicarse, suelen abandonar la zona buscando sitios más tranquilos (Narins, P. M., 1982); (Libramento De los Santos, G., 2017). Los anfibios suelen depositar sus huevos en las orillas, adheridos a la vegetación acuática. El oleaje constante desprende las masas de huevos o las deja fuera del agua, secándolas y el movimiento del agua remueve el sedimento del fondo, reduciendo el oxígeno disuelto y dificultando la supervivencia de los renacuajos (Vitt, L. J., & Caldwell, J. P., 2013). En el caso de los yacarés, se puede considerar la presión humana y el desplazamiento a nuevos hábitats. Al ser usado como atajo, el riacho pierde su calidad de refugio y los yacarés prefieren aguas tranquilas y orillas bajas, el oleaje de las lanchas perturba el hábitat donde normalmente se camuflan.



Figura 76. Monitoreo de biodiversidad

5.7.7.4 Avifauna

La avifauna del río Paraguay inferior, específicamente en la zona de Ñeembucú, es una de las más ricas y complejas del sur de América, ya que funciona como un corredor biológico donde convergen especies del chaco, del pantanal y de la Mesopotamia (Guyra Paraguay, 2005). En el brazo Liguria al igual que con los anfibios y yacarés, la ausencia o baja detectabilidad de

especies clave como el yetapa de collar, *Eleothreptus anomalus*, ave emblemática de los pastizales de la región categorizada como vulnerable VU, o el *Jabiru mycteria*, indican que el sitio tiene problemas de salud hídrica optima y disponibilidad de alimentos como peces y anfibios. Durante el verano, podría explicarse su ausencia, por la alta sensibilidad de las especies acuáticas al tráfico fluvial y a la alteración del hábitat de ribera. La ausencia del *Rosthramus sociabilis*, caracolero, guardián de los humedales, es un indicador biológico importante porque es una especie especialista, cuyas causas podrían ser atribuidas al aislamiento del sitio o a la alteración del ciclo hidrológico (Ortiz, F., et al., 2024/2025).

Las especies identificadas en forma visual y auditiva son las típicas de zonas terrestres o asociadas a humedales como: *Patagioenas picazuro*, paloma turca; *Paroaria capitata*, cardenilla; *Zonotrichia capensis*, bendito sea; *Sporophila caerulescens*, corbatita común; *Gnorimopsar chopi*, chopí; *Embernagra platensis*, verdón; *Vireo chivi*, chici común; *Sicalis flaveola*, canario Paraguay; *Guira guira*, piririta; *Furnarius rufus*, hornero; *Aramus guarauna*, karau; *Sicalis luteola*, chipiú, *Phacellodomus ruber*, espinero grande; *Pitangus sulphuratus*, pitogue común; *Myiopsitta monachus*, cotorrita; *Thraupis sayaca*, chogui; *Passer domesticus*, gorrión; *Saltator caerulescens*, pepitero gris; *Tapera naevia*, chochi; *Progne tapera*, golondrina parda; *Tyrannus melancholicus*, suirirí real; *Certhiaxis cinnamomeus*, curutie colorado; *Caracara plancus*, carancho.

Las aves acuáticas como: *Megaceryle torquata*, Martin pescador grande; *Chloroceryle amazona*, Martin pescador mediano; *Vanellus chilensis*, tero tero; *Charadrius collaris*, playerito; *Platelea ajaja*, espátula rosada, *Rynchops niger*, rayador americano; *Phaetusa simplex*, atí; *Sternula superciliaris*, gaviotín chico; *Nannopterum brasilianum*, mbigua; *Ardea cocoi*, garza mora; *Ardea alba*, garza blanca; *Egretta thula*, garcita blanca; *Amazonetta brasiliensis*, pato alita azul.



Figura 77. *Amazonetta brasiliensis*, *Phaetusa simplex* (banco de arena rio Paraguay)



Figura 78. *Nannopterum brasilianum* (banco de arena)

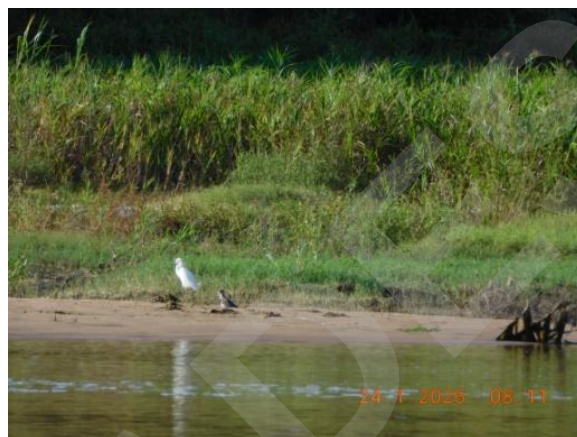


Figura 79. *Egretta thula*, *Vanellus chilensis* (zona canal de desagüe A° Ñeembucu)



Figura 80. *Charadrius collaris*



Figura 81. *Paroaria capitata*



Figura 82. *Rynchops niger*, *Sternula superciliaris*, *Platalea ajaja*

A continuación, se presenta el listado de aves, indicando el orden, familia, especie, nombre común y estado de conservación.

Son 35 especies, 19 familias, 10 órdenes, especies asociadas a humedales y acuáticas, migradoras y residentes de importancia para humedales como la espátula rosada.

Tabla 28. Listado de aves

Orden	Familia	Especie	Nombre común	Estado de Conservación
Passeriformes	Tyranidae	<i>Pitangus sulphuratus</i>	Pitogue	LC
		<i>Tyrannus melancholicus</i>	Suirirí real	Migrador E
	Thraupidae	<i>Sicalis flaveola</i>	Canario paraguay	LC
		<i>Sicalis luteola</i>	Chipiú	LC Migrador S
		<i>Paroaria capitata</i>	cardenilla	LC
		<i>Thraupis sayaca</i>	Chogui, tangara	LC
		<i>Saltator coerulescens</i>	Pepitero gris	LC
		<i>Embernagra platensis</i>	Verdón	LC
	Emberizidae	<i>Sporophina caerulescens</i>	Corbatita común, semillero	LC
	Furnariidae	<i>Furnarius rufus</i>	Hornero	LC
		<i>Phacellodomus ruber</i>	Espinero grande	LC
	Passerilidae	<i>Zonotrichia capensis</i>	Bendito sea	LC
	Icteridae	<i>Gnorimopsar chopi</i>	Chopi, tordo	LC
	Vireonidae	<i>Vireo chivi</i>	Chiví	LC

Orden	Familia	Especie	Nombre común	Estado de Conservación
Falconiformes	Falconidae	<i>Caracara plancus</i>	Carancho	LC
Psittaciformes	Psittacidae	<i>Myioipsitta monachus</i>	Cotorrita	LC
Columbiformes	Columbidae	<i>Columbina picuí</i>	Palomita picuí	LC
		<i>Patagioenas picazuro</i>	Paloma turca	LC
Cuculiformes	Cuculidae	<i>Tapera naevia</i>	Chochi, Crespín	LC
		<i>Guira guira</i>	Piririta	LC
		<i>Crotophaga ani</i>	Ano ano chico	LC
Anseriformes	Anatidae	<i>Amazonetta brasiliensis</i>	Alita azul	LC
Pelecaniformes	Threskiornithidae	<i>Platalea ajaja</i>	Espátula rosada	LC
	Ardeidae	<i>Ardea cocoi</i>	Garza mora	LC
		<i>Ardea alba</i>	Garza blanca	LC
		<i>Egretta thula</i>	Garcita blanca	LC
Suliformes	Phalacrocoracidae	<i>Nannopterum brasilianum</i>	Mbigua	LC
Charadriiformes	Laridae	<i>Rynchops nyger</i>	Rayador americano	LC Migrador austral y boreal
		<i>Sternula supercilialis</i>	Gaviotín chico, atí i	LC Migrador austral
		<i>Phaetusa simplex</i>	Gaviotín, Atí	LC
		<i>Vanellus chilensis</i>	Tero tero	LC
	Jacaniidae	<i>Jacana jacana</i>	aguapeaso	LC
	Charadriidae	<i>Charadrius collaris</i>	Chorlito de collar, mbatu i collar negro.	LC Migrador neártico
Coraciiformes	Alcedinidae	<i>Megasceryle torquata</i>	Martin pescador grande	LC
		<i>Chloroceryle amazona</i>	Martin pescador mediano	LC

Consideraciones de la avifauna

Especialmente llamó la atención durante la campaña de monitoreo, la ausencia del típico habitante de los humedales como el taguato caracolero, *Rosthramus sociabilis*, que se alimenta del caracol manzana, normalmente abundante en estos ecosistemas como el del brazo Liguria. El caracolero es un bioindicador sensible de la salud de los humedales y su presencia depende de la disponibilidad de alimentos, y su ausencia señala alteraciones hidrológicas en la integridad del ecosistema. Si bien hay un 10% de especies registradas del total de aves mencionadas para la zona de Ñeembucú, es probable que esta comunidad este compuesta por mayoría de especies generalistas o sinantrópicas, o sea especies con alta

resiliencia a la fragmentación del hábitat. La riqueza de 10% podría considerarse como una riqueza relativa de Baja/Media, sin embargo, el sitio puede considerarse como un corredor biológico secundario ya que sirve de descanso o paso a las aves, lo que implica un aporte a la conectividad del paisaje del departamento (Contreras, J. R. et al., 1993); (Resolución 254/19 MADES); (Guyra Paraguay, 2005); (Smith, P., Atkinson, K., & Davies, Y. E. , 2021).

5.7.7.5 Mastofauna

No se registraron especies de la mastofauna, ni evidencias de su presencia en el entorno del brazo Liguria ni en la isla, aunque testimonios de pescadores, relatan que anteriormente eran visibles en las orillas del riacho carpinchos, nutrias. La ausencia de mamíferos rara vez se debe a un solo factor que en este caso pueden ser ecológicas y humanas. A pesar de la apariencia saludable del ecosistema de estudio, es probable que el nivel del agua y el tamaño del riacho no sustenten la alimentación suficiente para estos animales. En temporadas de sequía puede llegar a niveles muy bajos por lo que los mamíferos migran hacia lugares de cauce más permanente. La presión antrópica, bastante compleja en la zona de Ñeembucú es el factor más común, particularmente para especies como la nutria de río, el carpincho, que, aunque se encuentra protegido actualmente, el temor instintivo a la presencia humana y a los perros domésticos los mantienen alejados. Esta situación justifica plenamente la ausencia de especies de mamíferos, ya que la isla está permanentemente poblada por pescadores y sus perros (Zuarzo, R., 2018).

5.8 CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO SOCIAL

5.8.1 Contexto territorial

Se describe el departamento, la ciudad y luego la isla ubicada en el área de influencia directa.

5.8.1.1 Departamento de Ñeembucú

Según datos oficiales, el departamento de Ñeembucú presenta una de las densidades poblacionales más bajas a nivel país, con una distribución dispersa y fuerte concentración urbana en la ciudad de Pilar (DGEEC, 2022). Esta configuración demográfica condiciona el acceso a servicios, las oportunidades laborales y las estrategias de subsistencia de la población local.

El departamento de Ñeembucú está ubicado al sur del país limita al oeste con el río Paraguay y al sur con el río Paraná; ocupa un área de 12.147 km², está dividido en dieciséis (16) distritos y su capital es la ciudad de Pilar. La población al año 2023 es de 91.721 habitantes, que representa el 1,2% de la población del país. Se distribuye equitativamente entre hombres y

mujeres, y la estructura de edad muestra que alrededor del 24% es menor de 15 años, y cerca del 65% tiene entre 15 a 64 años, y un poco más de 11% tiene 65 años o más.¹²

Tabla 29. Departamento de Ñeembucú. Población por distrito 2022 – 2025

Distrito	2022	2025
Pilar	33.691	34.014
Alberdi	9.895	10.109
Cerrito	5.889	5.977
Desmochados	1.814	1.821
Gral. José Eduvigis Díaz	4.068	4.079
Guazú Cuá	2.222	2.234
Humaitá	3.095	3.091
Isla Umbú	3.022	3.022
Laureles	3.534	3.535
Mayor José Dejesús Martínez	4.276	4.279
Paso de Patria	2.231	2.274
San Juan Bautista de Ñeembucú	6.009	6.045
Tacuaras	4.028	4.076
Villa Franca	1.517	1.580
Villa Oliva	3.887	3.923
Villalbín	2.542	2.569
Total	91.721	92.628

Fuente: Proyección de la Población por Sexo y Edad, según Departamento, 2000–2025. Revisión 2015. Instituto Nacional de Estadística del Paraguay [INE]

Hay descenso de la población de niños y adolescentes y aumenta la población de adultos mayores a un ritmo más rápido que la de población infanto juvenil.

5.8.1.2 Distrito de Pilar

El proyecto se encuentra en el distrito de Pilar, capital del departamento de Ñeembucú, situado en la región suroeste de la República del Paraguay. La ciudad de Pilar está ubicada en la margen oriental del río Paraguay, formando parte del eje fluvial Paraguay–Paraná.

Desde el punto de vista geográfico, Pilar cumple un rol estratégico como centro urbano y portuario regional, articulando actividades comerciales, productivas y de servicios vinculadas al transporte fluvial, la pesca y la ganadería extensiva. La conectividad territorial se estructura en torno al puerto local, la red vial departamental y los circuitos de navegación interior.

¹² ine.gov.py/Publicaciones/Proyecciones%20por%20Departamento%202023/12_Neembucu_2023.pdf

El distrito limita al oeste con el río Paraguay, al este y norte con otros distritos del departamento de Ñeembucú, y al sur con áreas rurales de baja densidad poblacional. La superficie distrital combina un núcleo urbano consolidado, barrios periurbanos de expansión reciente y amplias áreas rurales y ribereñas.

5.8.1.3 Comunidades indígenas

En el departamento de Ñeembucú no hay comunidades indígenas, se presenta al mapa general del Paraguay a fin de mostrar que se tuvo en cuenta la posible presencia de comunidades nativas, pero no se hay registro de estas.

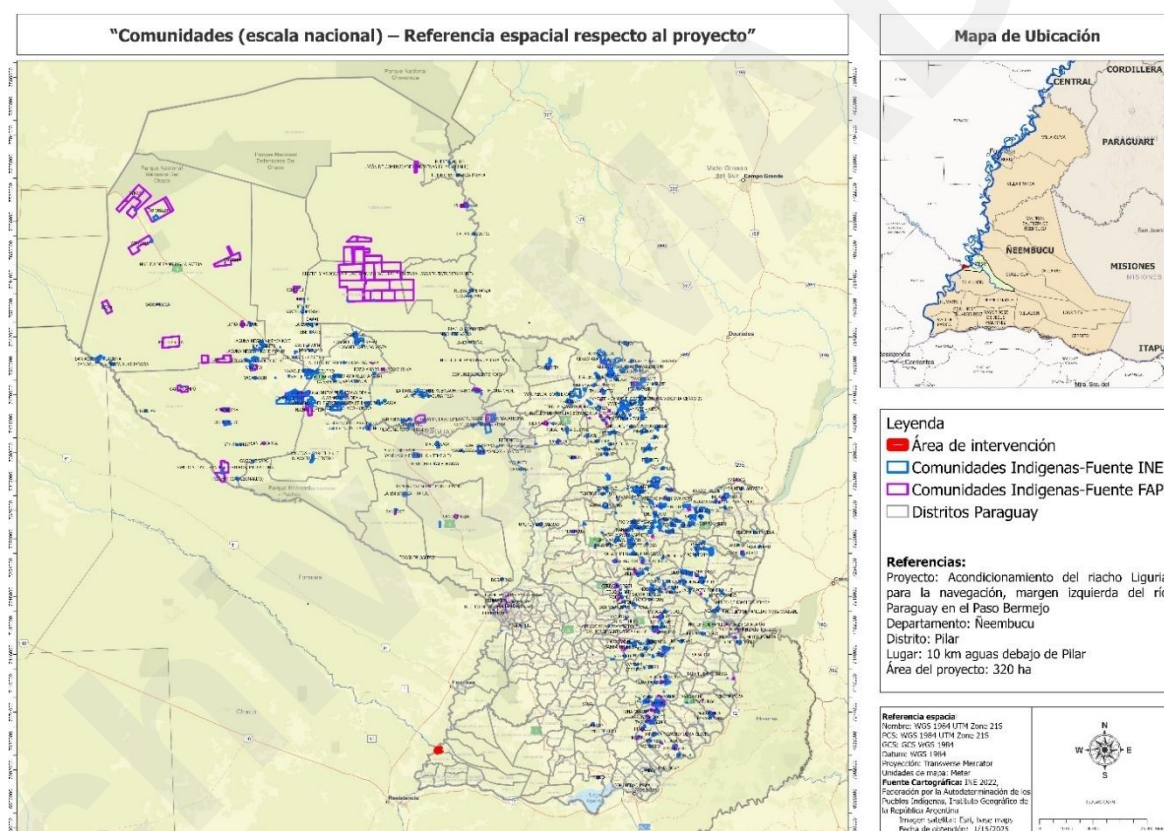


Figura 83. Comunidades indígenas a escala nacional

Consideraciones sobre los pueblos indígenas

De acuerdo con el diagnóstico social y territorial realizado para el proyecto y consulta bibliográfica según los datos del III Censo Nacional de Pueblos Indígenas y fuentes oficiales del Instituto Nacional de Estadística (INE), no se identifican comunidades indígenas en Pilar, por lo que no se encuentran comunidades indígenas locales asentadas en el área de influencia directa ni indirecta del proyecto.

En consecuencia, no se aplica la implementación de un Plan para Pueblos Indígenas específico, lo que implica que las medidas de participación deberán enfocarse principalmente en la población local, distrito de Pilar, departamento de Ñeembucú.

5.8.1.4 Dinámica socioeconómica del territorio

La estructura productiva del distrito de Pilar se apoya principalmente en actividades primarias y de servicios vinculados al entorno fluvial. Entre las actividades económicas predominantes se destacan:

- La pesca tradicional y o comercial.
- La ganadería extensiva sobre campos naturales.
- El comercio minorista y servicios urbanos.
- Actividades portuarias y de transporte fluvial.

La pesca constituye una actividad histórica y culturalmente arraigada en la identidad local. Para numerosos hogares ribereños, representa la principal o única fuente de ingresos monetarios, además de un componente central de la seguridad alimentaria. Como indicador esto se ve reflejado en las respuestas de los pescadores locales de Pilar al ser consultados sobre su fuente de ingresos, el total de entrevistados mencionó a la pesca como única fuente de ingreso en su hogar.

¿Esta actividad es su principal fuente de ingresos?
Orden 3 • Tipo: si_no

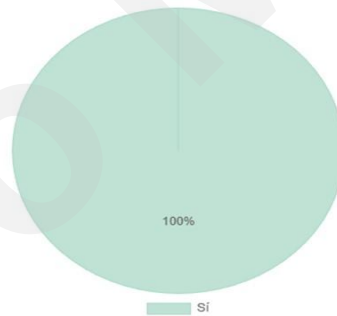


Figura 84. Resultado: para el 100 % la pesca representa su principal fuente de ingresos

5.8.2 Metodología para el levantamiento de datos

El trabajo de campo, *in situ*, se realizó en el mes de enero de 2026 en el área de influencia directa de los ríos Paraguay y paso Bermejo, en el distrito de Pilar, departamento de Ñeembucú. La visita permitió conocer de manera directa las condiciones sociales, productivas y ambientales del territorio, así como las dinámicas cotidianas vinculadas a la actividad pesquera local.

La metodología adoptada combinó herramientas cualitativas y cuantitativas, priorizando el contacto directo con los actores locales y la recopilación de información primaria en campo. Este enfoque permitió comprender las experiencias, percepciones y problemáticas que atraviesan las comunidades pesqueras de la localidad de Pilar.

Durante la visita de campo se realizaron reuniones y entrevistas con representantes de las asociaciones de pescadores, quienes aportaron información relevante sobre la organización del sector, las formas de trabajo, las dificultades actuales.

5.8.2.1 Técnicas de recolección de información

Para la obtención de información se utilizaron las siguientes técnicas:

- **Entrevistas semiestructuradas** a pescadores locales y a representantes de organizaciones del sector, orientadas a conocer sus trayectorias, condiciones de trabajo, formas de organización y percepciones sobre los cambios en el río y en la actividad pesquera, y prácticas de pesca.
- **Aplicación de encuestas** a pescadores activos, acopiadores y otros actores vinculados a la actividad pesquera, con el propósito de relevar información socioeconómica básica, características de la actividad y percepciones tanto sociales como ambientales.
- **Observación directa** de las actividades cotidianas en las zonas de pesca, puntos de desembarque, puerto y área de canchada, así como del entorno social y ambiental inmediato.
- **Registro fotográfico** como herramienta de apoyo para documentar las entrevistas, condiciones del territorio y entorno social-ambiental.

5.8.2.2 Enfoque metodológico

El estudio se desarrolló a partir de un enfoque participativo, que priorizó la escucha activa y el intercambio con los actores locales. La información fue construida a partir del diálogo con los pescadores y otros actores del territorio, complementada con los datos obtenidos mediante encuestas y observaciones en campo.

La combinación de distintas técnicas permitió contrastar y complementar la información recogida, contribuyendo a una comprensión más amplia de la realidad social del área de estudio. Este enfoque facilitó la identificación de problemáticas, necesidades y potencialidades del sector pesquero local, considerando tanto los aspectos productivos como las dimensiones sociales y territoriales.



Figura 85. Entrevista a pescadores en la zona de influencia

5.8.2.3 Población objeto de estudio

La población objeto de estudio está conformada por los actores sociales vinculados directa o indirectamente a la actividad pesquera en el curso fluvial del río Paraguay, en el paso Bermejo, con énfasis en aquellos residentes en el área de influencia directa de las intervenciones previstas.

Se incluyen específicamente:

- Pescadores locales que desarrollan sus actividades de pesca en el río Paraguay, zona de isla Ybycuí próximo al Paso Bermejo.
- Organizaciones formales de pescadores con representación local.

Estas poblaciones presentan una alta dependencia estructural del curso hídrico y de la disponibilidad de peces para su subsistencia económica, seguridad alimentaria y reproducción social.



Figura 86. Reunión con pescadores

5.9 LÍNEA DE BASE SOCIAL

La caracterización del territorio y de la población objeto de estudio constituye un insumo fundamental para la construcción de la línea de base social, al permitir:

- Identificar grupos sociales potencialmente vulnerables.
- Establecer niveles de dependencia económica del recurso hídrico.
- Analizar la capacidad adaptativa de la población frente a cambios en el régimen fluvial.

5.9.1 Identificación y organización social

Como resultados del trabajo, se tiene que, en el área de influencia directa se identificaron tres organizaciones formales de pescadores y fueron realizadas entrevistas entre representantes, pescadores y acopiadores:

- Sindicato de Pescadores Profesionales de Ñeembucú (230 integrantes).
- Asociación de Pescadores Comerciales y Afines de Pilar (72 integrantes).
- Comité de Pescadores de Pilar (27 integrantes).

Total de pescadores: 329 integrantes

Observación. La cantidad de pescadores se actualiza anualmente a mediados de Junio y Julio de cada año, por lo que la cantidad actual corresponde al listado oficial del MADES del 2025, se agrega en anexo la lista de pescadores.

Los representantes entrevistados fueron:

- Sindicato de Pescadores Profesionales de Ñeembucú: vicepresidenta Luciana Muñoz y Tesorero Celestino Landaída.
- Asociación de Pescadores Comerciales y Afines de Pilar: presidenta Lourdes Rojas.

- Comité de Pescadores de Pilar: Presidente Héctor Rojas.



Figura 87. Reunión y entrevista con representantes de las tres organizaciones de pescadores de Pilar



Figura 88. Reunión y entrevista con representantes de las tres organizaciones de pescadores de Pilar.

Las tres organizaciones presentan un buen nivel de articulación interna y coordinación operativa, la cual se evidencia en el uso compartido de la canchada ubicada en la isla Ybycuí y en el desarrollo conjunto de actividades pesqueras.

Estas organizaciones cuentan con representaciones formalizadas y reconocidas por las instituciones como el MADES, MDS y una coordinación de actividades productivas, gestión de demandas ante instituciones públicas y articulación de apoyos sociales para sus miembros, como subsidios percibidos en temporadas de veda, principalmente recibido por

el EBY que corresponde en un desembolso de (1) un millón de guaraníes más 45 kilos de víveres para los pescadores de esa zona del país.

5.9.2 Caracterización socioeconómica y percepción ambiental de la población encuestada

La encuesta fue aplicada a un total de 14 pobladores y pescadores con arraigo territorial en la isla Ybycuí, evidenciándose que el 100% de las personas encuestadas reside de manera permanente en la zona y cuenta con más de cinco años de vinculación. La población encuestada se caracteriza por un predominio masculino (86%) y por una estructura etaria envejecida, concentrándose el 71% en personas de 50 años o más, con un nivel educativo mayormente básico.



Figura 89. Casas improvisadas de los pescadores de la Isla Ybycuí

El río constituye un elemento central en la vida cotidiana, social y productiva de la comunidad, dado que aproximadamente el 71% de los encuestados manifiesta utilizarlo de manera diaria. La pesca se identifica como la principal actividad económica (64%), siendo en el 100% de los casos la fuente principal de ingresos del hogar. En cuanto al nivel de ingresos, el 71% de los encuestados percibe ingresos cercanos a un salario mínimo, lo que evidencia una situación de vulnerabilidad económica.

En relación con los proyectos que se desarrollan o podrían desarrollarse en la zona, el 86% de los encuestados manifiesta estar informado al respecto. Si bien el 64% considera que dicho proyecto podría generar impactos positivos, la mayoría adopta una postura condicionada, señalando que los beneficios dependerán de la forma en que sean implementados. Entre las principales expectativas se destacan la mejora ambiental del río, la generación de empleo y el fortalecimiento de la actividad pesquera.

Finalmente, se evidencia una alta predisposición a la participación comunitaria, ya que el 100% de los encuestados expresa interés en ser informado y participar en espacios de diálogo, priorizando mecanismos como comités locales y reuniones comunitarias. Esta disposición representa una oportunidad relevante para el fortalecimiento de procesos de gestión participativa y gobernanza local en el territorio.

El nivel educativo predominante entre los pescadores es de formación primaria. Esta condición limita el acceso a información técnica, la comprensión de procesos administrativos y el entendimiento de aspectos ambientales y normativos.

Un alto porcentaje de los pescadores depende exclusivamente de la actividad pesquera como principal y, en muchos de los casos, único medio de subsistencia. Teniendo en cuenta esta vulnerabilidad socioeconómica existe un mayor grado de impacto frente a interrupciones temporales en la actividad pesquera, como las generadas por trabajos de dragado o durante los períodos de veda.

Nivel de escolaridad alcanzado:

Orden 4 • Tipo: select

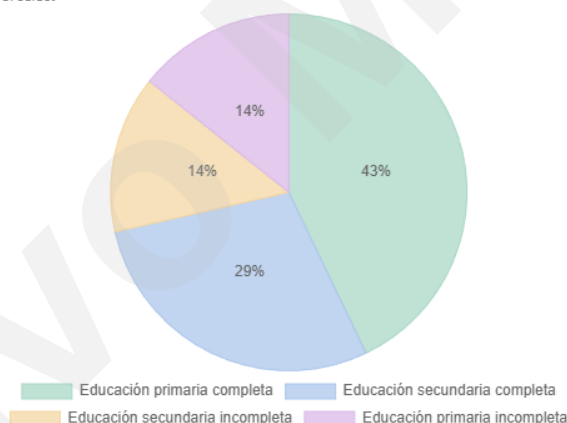


Figura 90. Nivel de escolaridad de la población encuestada

5.9.3 Percepción social y comunicación institucional

Se identificó una debilidad en los mecanismos de comunicación y participación entre las instituciones gubernamentales y municipales y para con la comunidad pesquera local. Esta fue mencionada por los pescadores, quienes manifestaron, que no son informados ni consultados previamente respecto a la realización de trabajos en el río Paraguay, sobre todo relacionadas con las actividades de dragado sobre el río.

Esta situación genera desconfianza social hacia los proyectos y una percepción negativa respecto a sus beneficios potenciales para el sector pesquero.

¿Está informado/a sobre proyectos que se implementarán en la zona del río?

Orden 1 • Tipo: si_no

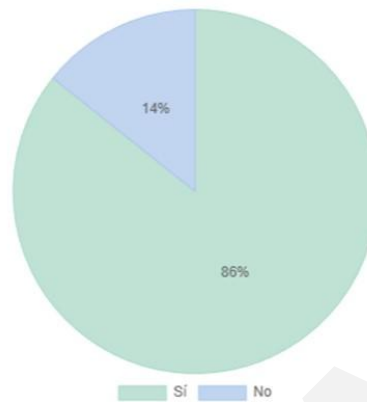


Figura 91. Percepción social de comunicación institucional

5.9.4 Percepción ambiental y sanitaria

Se evidenció un bajo nivel de comprensión sobre los impactos ambientales asociados a las intervenciones en el río y sobre los procesos de contaminación.

Desde el punto de vista ambiental, la percepción sobre el estado del río es predominantemente negativa, ya que el 86% de los participantes considera que se encuentra en mal estado y que su condición ha empeorado con el tiempo. Entre los principales problemas identificados se destacan la contaminación del agua y la disminución de la fauna íctica, mencionados por aproximadamente el 79% de los encuestados. Estas problemáticas afectan directamente la calidad de vida y los medios de subsistencia de la población, dado que el 100% afirma verse impactado, principalmente a través de la reducción de sus ingresos (86%).

¿Cómo considera el estado actual del río Bermejo?

Orden 1 • Tipo: select

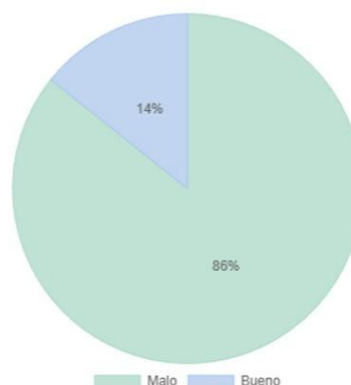


Figura 92. Percepción ambiental y sanitaria

5.9.5 Partes interesadas (*mapa de actores*)

La identificación o mapeo de partes interesadas es un proceso estratégico que permite reconocer y comprender a todas las personas, grupos o entidades que pueden influir en el proyecto o ser afectadas de forma positiva o negativa por él.

A nivel macro, las partes interesadas incluyen una amplia gama de actores externos e internos que tienen un interés significativo en los resultados y el desempeño general del proyecto cuya finalidad es la mejora de la navegación en el Río Paraguay con el proyecto de acondicionamiento del brazo Liguria en la margen izquierda del río Paraguay en el Paso Bermejo.

Entre ellos se encuentran entidades gubernamentales a nivel nacional y local, empresas de transporte y navegación, empresas privadas involucradas en logística y transporte fluvial, así como la comunidad en general que se beneficia de una mejor conectividad y desarrollo económico regional.

A nivel micro, dentro de las áreas específicas de influencia del proyecto, como las comunidades locales y los grupos directamente afectados por las mejoras en la navegación, es esencial entender las dinámicas locales y las necesidades particulares. Esto incluye a los residentes locales que dependen del río para subsistencia, transporte y comercio, pescadores y trabajadores del sector fluvial, organizaciones comunitarias interesadas en el desarrollo económico sostenible, y empleados de empresas locales que se beneficiarán de una mayor accesibilidad por vía fluvial.

La identificación de partes interesadas constituye un componente central de la gestión social de proyectos de infraestructura fluvial, en tanto permite anticipar riesgos sociales, ambientales e institucionales asociados a la implementación de las obras. Organismos multilaterales como el Banco Interamericano de Desarrollo destacan que un mapeo adecuado debe considerar no solo el grado de afectación directa de los actores, sino también su capacidad de influencia, legitimidad social y posicionamiento frente al proyecto, a fin de diseñar estrategias diferenciadas de relacionamiento y comunicación (BID, 2018).

Asimismo, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe señala que, en proyectos desarrollados en territorios ribereños, resulta fundamental incorporar un enfoque territorial y participativo que reconozca las dinámicas sociales, económicas y culturales locales. La inclusión temprana de actores comunitarios y productivos contribuye a reducir conflictos, fortalecer la aceptación social y mejorar la sostenibilidad de las intervenciones, especialmente en contextos donde amplios sectores de la población dependen directamente de los recursos hídricos para su subsistencia (CEPAL, 2019).

Se presenta en las tablas los actores y según los intereses, si la incidencia es directa o indirecta, el nivel de incidencia, la posición frente al proyecto.

Tabla 30. Mapa de actores identificados

Actor	Intereses principales	Incidencia	Nivel de incidencia	Posición frente al proyecto	Observaciones
Asociación de pescadores zona "Ybycuí"	Acceso y conservación de la canchada, ingresos económicos, compensaciones, participación en decisiones	Directa	Media	Generalmente crítica, negociable	Familias vulnerables, afectadas por dragado, ruido y tránsito fluvial
Acopiadores de pescado	Abastecimiento continuo de pescado, estabilidad en la comercialización	Directa	Media	Expectante	Dependencia directa de la pesca artesanal
Familias ribereñas	Estabilidad del entorno, acceso al río, medios de vida, reducción de riesgos	Directa	Baja – Media	Expectante / ambivalente	Riesgo de exclusión si no son incorporadas al diálogo
Empresas navieras y armadores	Fluidez del canal, reducción de costos logísticos, previsibilidad ante crecidas y estiajes	Indirecta	Alta	Altamente favorable	Principal presión para dragado permanente
Amarraderos	Puntos de amarre operativos para barcasas y remolcadores	Directa	Alta	Expectante	Pérdida temporal de funcionalidad e ingresos
Comercios y servicios locales de Pilar	Actividad económica, empleo local	Directa	Media	Favorable	Impactados por interrupciones prolongadas
Prefectura Naval Paraguaya	Seguridad de la navegación, control fluvial, prevención de accidentes	Indirecta	Alta	Regulador	Controla tránsito y operatividad
Autoridades fluviales argentinas	Control de navegación, coordinación binacional	Indirecta	Media	Coordinación técnica	Necesaria gestión binacional
Medios de comunicación locales y nacionales	Información, agenda pública	Indirecta	Media	Variable	Influyen en percepción social del proyecto
ONG ambientales, organizaciones sociales, juveniles y comunitarias	Conservación de ecosistemas, monitoreo	Indirecta	Media	Crítica técnica	Visibilizan conflictos e incidencia pública
Municipalidad de Pilar	Desarrollo local, reducción de conflictos sociales	Indirecta	Media	Facilitador	Puente entre comunidad y Estado

Actor	Intereses principales	Incidencia	Nivel de incidencia	Posición frente al proyecto	Observaciones
Gobernación de Ñeembucú	Desarrollo regional, gestión de riesgos	Indirecta	Media	Coordinador	Apoyo político e institucional
Ministerio del Ambiente (MADES)	Protección ambiental, cumplimiento normativo	Indirecta	Media – Alta	Fiscalizador	Clave para EIAs y mitigación
Transporte fluvial de pasajeros	Continuidad del cruce del río, tiempos del paso	Directa	Alta	Favorable	Influencia directa a través de pasajeros

El mapeo de actores permite clasificar a las partes interesadas según su nivel de incidencia, intereses y posición frente al proyecto, facilitando la identificación de actores clave para la toma de decisiones, la gestión de riesgos y la implementación de medidas de mitigación social. De acuerdo con la CAF, esta herramienta es especialmente relevante en proyectos de dragado y navegación fluvial, donde convergen intereses económicos de gran escala con actividades productivas tradicionales y usos múltiples del río (CAF, 2016).

En el caso del proyecto de acondicionamiento del Brazo Liguria, se identifican actores con alta incidencia y posición favorable, como las empresas navieras y el transporte fluvial de pasajeros, así como actores con incidencia media y posicionamientos críticos o ambivalentes, como las asociaciones de pescadores y las organizaciones ambientales. Esta diversidad de intereses exige una estrategia de articulación institucional y comunitaria diferenciada, que permita canalizar demandas, prevenir conflictos y promover acuerdos sociales en el territorio.

5.9.6 Consideraciones generales

La actividad pesquera en la zona de Pilar, especialmente en la Isla Ybycuí frente al Paso Bermejo (zona Boca Colorado) del río Paraguay, involucra a tres asociaciones de pescadores oficialmente reconocidas por el MADES y cuentan con una canchada de trabajo la cual comparten entre todos los miembros de las distintas nucleaciones de pescadores.

Estos grupos enfrentan desafíos significativos, como la falta de infraestructura adecuada para almacenar y mantener sus productos y así también la necesidad de desplazarse constantemente en la Isla Ybycuí para la pesca donde es más productiva. La ejecución de obras de intervención en el acondicionamiento del Brazo Liguria no tendría un impacto directo en sus actividades y su canchada.

Sin embargo, podrían surgir reclamos debido a la falta de definición clara de los lugares de pesca, ya que existen otros tipos de técnicas de pescas que lo realizan en el brazo Liguria como la pesca con espineles y tarrafas.

Será importante considerar la posibilidad de que las actividades de acondicionamiento del Brazo Liguria puedan generar inquietudes entre los pescadores, quienes podrían percibir interferencias en sus operaciones habituales. Por lo tanto, es recomendable implementar medidas de mitigación adecuadas para gestionar cualquier conflicto potencial y garantizar una comunicación efectiva con las asociaciones que trabajan y frecuentan la zona.

Por su parte en lo que respecta a la pesca recreativa o deportiva que se realiza en la zona de Pilar y así también en el brazo Liguria no se le considera como una de las zonas pesqueras más populares como Mburicá y el arroyo Ñeembucú por lo que no se estaría interrumpiendo esta práctica.

El medio social del área de influencia del proyecto se caracteriza por una fuerte dependencia de las actividades vinculadas al río Paraguay, particularmente la pesca artesanal, el transporte fluvial y el comercio asociado. Según datos del Instituto Nacional de Estadística, el departamento de Ñeembucú presenta elevados niveles de vulnerabilidad social y limitadas alternativas productivas, lo que incrementa la sensibilidad de las comunidades ribereñas ante cualquier intervención que pueda afectar sus medios de vida (INE, 2022).

En este contexto, la percepción social del proyecto adquiere un rol central, aun cuando los impactos directos sobre determinadas actividades sean limitados. Estudios del BID señalan que, en territorios con antecedentes de reclamos sociales, la falta de información clara y oportuna puede generar desconfianza y conflictos, por lo que resulta indispensable implementar mecanismos de comunicación permanente, participación comunitaria y atención de reclamos, especialmente con los grupos que utilizan el río como principal fuente de subsistencia.

5.9.6.1 Pasivos ambientales y sociales

Los pasivos ambientales y sociales asociados a proyectos de acondicionamiento de cauces fluviales requieren una gestión integral que articule medidas técnicas, ambientales y sociales. Según el BID, la alteración de hábitats acuáticos, la sedimentación y los impactos temporales sobre actividades productivas tradicionales pueden generar tensiones sociales si no se acompañan de procesos adecuados de información, consulta y monitoreo participativo (BID, 2018). En contextos donde las comunidades utilizan el agua del río para consumo humano sin tratamiento, como ocurre en sectores de la Isla Ybycuí, estos riesgos adquieren una relevancia adicional desde el punto de vista de la salud pública.

- La remoción o modificación del canal o brazo Liguria modificará el lecho natural del río, afectando hábitats acuáticos y la biodiversidad local. El ruido, las vibraciones y las perturbaciones durante los trabajos pueden afectar a especies acuáticas, como peces y aves.
- La actividad económica, la seguridad alimentaria y los medios de vida de las comunidades que dependen de la pesca comercial y de subsistencia podrían verse

afectados si se perturba el hábitat de los peces, hasta que se adapten y se recompongan en los hábitats modificados.

- Durante y después de las actividades del proyecto, puede ocurrir una mayor sedimentación aguas abajo, alterando la calidad del agua y los ecosistemas ribereños.
- La operación de equipos de dragado y la gestión de residuos pueden generar conflictos con comunidades locales que utilizan el río para múltiples propósitos, como transporte y recreación, si no se gestiona adecuadamente la información y comunicación con las partes interesadas.

Los pasivos ambientales y sociales potenciales deben ser gestionados con cuidado a través de un enfoque integral que considere tanto los impactos ambientales como las implicaciones sociales en las comunidades locales.

Los pasivos ambientales y sociales identificados deben ser analizados desde una perspectiva preventiva y de gestión adaptativa, considerando que los impactos asociados a las obras fluviales suelen ser temporales, pero socialmente sensibles. La CEPAL destaca que la alteración de ecosistemas acuáticos puede generar efectos indirectos sobre la economía local y la seguridad alimentaria, especialmente en comunidades que dependen de la pesca artesanal y del uso directo del agua del río (CEPAL, 2019).

En este sentido, la implementación de medidas de mitigación ambiental debe complementarse con acciones sociales específicas, tales como planes de información comunitaria, monitoreo participativo y protocolos de gestión de conflictos. La CAF recomienda que estos mecanismos se integren desde las etapas tempranas del proyecto, a fin de reducir riesgos reputacionales, fortalecer la confianza con las comunidades y garantizar el cumplimiento de los estándares socioambientales exigidos por los organismos financiadores (CAF, 2016).

5.10 CARACTERIZACIÓN DEL PATRIMONIO

Se realizó una caracterización detallada del patrimonio (Ver Anexo de Patrimonio), con un análisis bibliográfico y se presenta un detallado de Protocolo de Hallazgos Arqueología Preventiva, que se presenta en el Plan de Gestión Ambiental y Social (PGAS).

El brazo Liguria constituye un brazo del río Paraguay que delimita la Isla Ybycuí, en un contexto geomorfológico altamente dinámico, caracterizado por procesos de sedimentación y erosión activa; formación y migración de albardones; reconfiguración periódica de meandros; influencia directa de la confluencia Paraguay–Bermejo

Desde el punto de vista arqueológico regional, estudios como los de Lamenza de arqueología (Lamenza, G. N., 2015) describen esta confluencia como un corredor de movilidad y transición ecológica con ocupaciones humanas tempranas (ca. 6000–2000 a.C.), que incluye asentamientos temporales en terrazas fluviales; uso de estructuras de tierra (montículos y albardones); adaptaciones a regímenes de inundación, y evidencias líticas asociadas a cazadores–recolectores ribereños

Dada la dinámica sedimentaria activa, existe potencial de: contextos subsuperficiales reservados; material cultural redepositado, y hallazgos fortuitos durante movimientos de suelo. Su nivel global de sensibilidad del área es Media, con potencial arqueológico difuso asociado a dinámicas fluviales activas.

En el **Anexo de Patrimonio Cultural** se describe el contexto geográfico y territorial, luego el contexto histórico y arqueológico, en la zona de confluencia de los ríos Paraguay y Bermejo, detallando donde se observa el registro arqueológico, detallando el tipo de alfaría funcional de la tradición guaraní; aun cuando en la zona no se han identificado comunidades indígenas. Esta descripción continua con la línea de tiempo del sitio de estudio. El análisis continúa con la valoración cultural, que incluye además los valores arqueológicos, ecosistémicos, bioculturales, paisajísticos-culturales, y de resiliencia social.

6 ANÁLISIS DE POTENCIALES IMPACTOS

El análisis de los potenciales impactos es una herramienta fundamental para evaluar el efecto que produce una actividad sobre el ambiente; en este caso se analizan tres etapas: una sin proyecto, que corresponde a la situación actual de aguas bajas, otra durante las obras de excavación, dragado, relleno, señalización y la situación posterior a la obra o posdragado.

La navegación trae muchos beneficios económicos y socioculturales, que a su vez crean impactos en algunos factores ambientales; estos efectos varían según las aguas sean altas o bajas. Para este estudio en particular se analiza la situación actual de aguas bajas, que ocasionan inseguridad en la navegación, disminución de carga y obligan al fraccionamiento por lo tanto a pasar varias veces sobre un lugar inseguro; y como impacta sobre los diferentes factores identificados, así mismo se analizan que impactos pueden ocasionar las actividades de proyecto: movilización de las maquinarias, dragado y disposición o vertido del material, para finalmente evaluar la situación con el canal de navegación mejorado.

La metodología se realiza en cuatro fases: i) la primera fase consiste en identificar los factores ambientales que son susceptibles de ser afectados, ii) la segunda fase consiste en la identificación de las actividades potenciales de causar impacto, iii) la tercera fase consiste en la identificación de los posibles impactos en los factores identificados, y iv) la última fase es una valoración de los impactos que sirve para analizar la importancia y magnitud de los impactos que las actividades puedan ocasionar sobre los factores.

6.1 FACTORES AMBIENTALES

A continuación, se presenta una breve descripción de los factores socioambientales específicos analizado en el presente estudio, atendiendo a la particularidad del mismo. Los factores son organizados en físicos, biológicos y socioeconómicos; y responden a los identificados en la caracterización de la línea base.

6.1.1 Medio físico

Entre los factores del medio físico identificados en el proyecto se encuentran: la hidrodinámica, la morfología, la calidad del agua y los sedimentos, la calidad de emisiones en el aire y la calidad sonora.

Tabla 31. Factores del medio físico considerados

FACTOR	DESCRIPCIÓN
Hidrodinámica fluvial	Se refiere al estudio del comportamiento del movimiento del agua, las fuerzas y energías que actúan sobre el agua del río y cómo los flujos de agua interactúan con el entorno natural, incluidos las aguas subterráneas. En este estudio específico se analiza como los niveles del agua, así como las velocidades pueden ser influenciados por las obras y a su vez interactuar sobre el medio en el que se encuentran.

FACTOR	DESCRIPCIÓN
Morfodinámica fluvial	Se refiere a los procesos y las formas asociadas a los ríos y al ambiente acuático, en este estudio se analizan los cambios en el tiempo, a través de los procesos de erosión, transporte de sedimentos y deposición.
Calidad de agua	Se refiere a los aspectos fisicoquímicos del agua, como elemento fundamental de la vida para los ecosistemas y los usos humanos y animales.
Calidad de sedimentos	Refiere a la composición del material depositado en el fondo del río, en el lecho del río. Se refiere a los contaminantes que pueden estar presentes en los sedimentos: como metales pesados, pesticidas y otros compuestos tóxicos que afectan la salud de los ecosistemas acuáticos y la calidad del agua.
Ruido y emisiones	Se menciona este factor, aunque no se realizó un análisis detallado, se deberá realizar previo a la construcción, durante la obra y posterior a la misma.

6.1.2 Medio biológico

El medio biológico incluye varios factores ambientales, para este proyecto se analizaron dos: la fauna acuática y la fauna terrestre.

Tabla 32. Factores del medio biológico considerados

FACTOR	DESCRIPCIÓN
Vegetación	Hace referencia a las especies vegetales, incluyendo árboles, arbustos, hierbas, musgos y líquenes. La flora es fundamental para la estabilidad de los ecosistemas, proporcionando hábitat y alimento para la fauna, además de contribuir a la regulación del ciclo del agua y la captura de carbono. Incluye las dos márgenes del brazo Liguria.
Fauna acuática	Incluye todas especies que viven en el río, en ambientes acuáticos, como peces, moluscos, crustáceos, y otros organismos como los bentos, plancton, entre otros. La salud de la fauna acuática es un indicador clave de la calidad del ecosistema acuático.
Fauna terrestre	Incluye todas las especies de animales que viven en la tierra, incluyendo mamíferos, aves, reptiles, insectos y otros invertebrados.
Avifauna	La isla es un hábitat del 10% de la avifauna del departamento.

6.1.3 Medio socioeconómico y cultural

El componente social hace referencia a las actividades humanas, teniendo en cuenta el ambiente en el cual se desarrollan; por un lado, incluye los factores culturales, económicos, las dinámicas sociales, la calidad de vida, empleo, y otros.

Tabla 33. Factores del medio socioeconómico considerados

FACTOR	DESCRIPCIÓN
Transporte fluvial	Se refiere al movimiento de embarcaciones y mercancías a lo largo de los ríos, en este caso la Hidrovía Paraná – Paraguay. Este factor es crucial para la economía local y regional, y su eficiencia puede ser afectada por cambios en la hidrodinámica del río, en particular los niveles y las velocidades del agua en el río también por la morfología del río o por restricciones en la navegabilidad debido a condiciones físicas o regulaciones.
Economía local	Incluye las actividades económicas que se desarrollan en una comunidad y/o región, enfocándose en la distribución y consumo de bienes, el transporte fluvial, la pesca, y el turismo.
Economía nacional y regional	Se refiere a las actividades económicas a mayor escala, que para este estudio están relacionadas con el transporte fluvial, incluyen los bienes y servicios que se transportan a nivel nacional y regional.
Dinámica social de las comunidades	Se refiere a las relaciones, organización y desarrollo de las comunidades locales, incluyendo cambios demográficos, migración, cohesión social y cultura. Las situaciones naturales como sequías o inundaciones, así como los proyectos pueden influir en estas dinámicas, durante la ejecución o posterior al mismo, alterando la forma de vida y las estructuras sociales existentes.
Empleo	Relacionado con la creación o pérdida de trabajos debido a la situación actual, a las actividades del proyecto, o como resultado después del proyecto. Estas tres situaciones pueden ofrecer nuevas oportunidades de empleo o disminuir trabajos existentes.
Salud, Higiene y Seguridad ocupacional	Involucra la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores y de las comunidades en la zona de proyecto. Esto incluye el manejo de riesgos laborales, la exposición a contaminantes y la implementación de prácticas de trabajo seguras.
Pesca de subsistencia y comercial	Se refiere al uso del recurso pesquero para consumo, y/o para generar ingresos adicionales, este factor evalúa cómo la situación actual, el proyecto o la operación afectan la pesca que sustenta a parte de las comunidades locales y contribuye a la economía regional.
Actividades recreativas y turismo	Analiza el impacto de la situación, de proyecto y posterior sobre las actividades de ocio y turismo, que pueden ser una fuente importante de ingresos y de disfrute para las comunidades locales y visitantes.
Paisaje	Se refiere a la apariencia visual del entorno, como representa un aspecto conceptual subjetivo, se parte de las condiciones actuales con elementos antrópicos que influyen en el paisaje y con el tiempo, forman parte del mismo, como son las embarcaciones y las mismas dragas.

FACTOR	DESCRIPCIÓN
Hallazgo de patrimonio arqueológico y paleontológico	Se refiere al potencial hallazgo de patrimonio arqueológico, que es un conjunto de bienes materiales e inmateriales relacionados con las sociedades humanas del pasado, que han sido objeto de estudio y conservación por su valor histórico, cultural o científico. En el caso del patrimonio paleontológico está compuesto por los restos fósiles de organismos que vivieron en el pasado, incluyendo animales, plantas y microorganismos. Este patrimonio es fundamental para la comprensión de la evolución de la vida en la Tierra, del cambio climático a lo largo de las eras geológicas y de la historia biológica del planeta.

6.2 PRINCIPALES ACTIVIDADES POTENCIALES DE CAUSAR IMPACTOS

Los impactos ambientales y sociales asociados a proyectos de acondicionamiento de cauces fluviales requieren una gestión integral que articule medidas técnicas, ambientales y sociales. Según el BID, la alteración de hábitats acuáticos, la sedimentación y los impactos temporales sobre actividades productivas tradicionales pueden generar tensiones sociales si no se acompañan de procesos adecuados de información, consulta y monitoreo participativo (BID, 2018). En contextos donde las comunidades utilizan el agua del río para consumo humano sin tratamiento, como ocurre en sectores de la Isla Ybycuí, estos riesgos adquieren una relevancia adicional desde el punto de vista de la salud pública.

- La remoción o modificación del canal o brazo Liguria modificará el lecho natural del río, afectando hábitats acuáticos y la biodiversidad local. El ruido, las vibraciones y las perturbaciones durante los trabajos pueden afectar a especies acuáticas, como peces y aves.
- La actividad económica, la seguridad alimentaria y los medios de vida de las comunidades que dependen de la pesca comercial y de subsistencia podrían verse afectados si se perturba el hábitat de los peces, hasta que se adapten y se recompongan en los hábitats modificados.
- Durante y después de las actividades del proyecto, puede ocurrir una mayor sedimentación aguas abajo, alterando la calidad del agua y los ecosistemas ribereños.
- La operación de equipos de dragado y la gestión de residuos pueden generar conflictos con comunidades locales que utilizan el río para múltiples propósitos, como transporte y recreación, si no se gestiona adecuadamente la información y comunicación con las partes interesadas.

Los impactos ambientales y sociales potenciales deben ser gestionados con cuidado a través de un enfoque integral que considere tanto los impactos ambientales como las implicaciones sociales en las comunidades locales.

Los impactos ambientales y sociales identificados deben ser analizados desde una perspectiva preventiva y de gestión adaptativa, considerando que los impactos asociados a

las obras fluviales suelen ser temporales, pero socialmente sensibles. La CEPAL destaca que la alteración de ecosistemas acuáticos puede generar efectos indirectos sobre la economía local y la seguridad alimentaria, especialmente en comunidades que dependen de la pesca artesanal y del uso directo del agua del río (CEPAL, 2019).

En este sentido, la implementación de medidas de mitigación ambiental debe complementarse con acciones sociales específicas, tales como planes de información comunitaria, monitoreo participativo y protocolos de gestión de conflictos. La CAF recomienda que estos mecanismos se integren desde las etapas tempranas del proyecto, a fin de reducir riesgos reputacionales, fortalecer la confianza con las comunidades y garantizar el cumplimiento de los estándares socioambientales exigidos por los organismos financiadores (CAF, 2016).

Los impactos evaluados en este trabajo comprenden la acción de excavación y dragado; con el depósito del material extraído en los recintos señalados, se manera continua como movimiento de suelos. El análisis de afectación de este proyecto contempla tres etapas concretas que pueden ocasionar efectos distintos:

1. ACTUAL. Situación actual de aguas bajas:

- i. Con riesgo para la navegación, riesgos ambientales de colisión, volcamiento, derrames, accidentes ambientales y laborales.
- ii. La disminución de carga, lo cual ocasiona pérdida de empleo, escasez de suministro a las poblaciones locales. En términos de eficiencia energética hay un incremento en el consumo de combustible por tonelada de carga.
- iii. Fraccionamiento: que obliga a pasar varias veces por el mismo lugar de riesgo, con actividades que aumentan la probabilidad de accidentes laborales y ambientales. Esto significa un incremento en el consumo de combustible y por lo tanto un aumento de emisiones, ruido y molestias a las demás embarcaciones.

2. OBRAS. Situación durante la obra por dragado y vertido del material:

- i. Movilización del equipo
- ii. Profundización del riacho y transformación en un canal por medio de excavaciones y dragado
- iii. Relleno de zonas cercanas con el material excavado y dragado.

3. OPERACIÓN: Uso del brazo Liguria como canal de navegación:

Posterior a los trabajos de dragado, existe y se espera un potencial aumento de la navegación, con disminución en los tiempos de navegación durante las aguas bajas.

A continuación, se presentan algunas afectaciones ambientales identificadas según la bibliografía, las que no necesariamente se aplican a este proyecto, pero se realiza una breve descripción de cómo fueron abordadas. Uno es de Chile (Ortiz-Sandoval, J. J., Ortiz, N., Cifuentes, R., González, J., & Habit, E., 2009) y otra de Venezuela (Landaeta, C. J., 1995).

POTENCIALES IMPACTO	ABORDAJE
Alteración de procesos hidráulicos, con énfasis en la variación de los niveles del agua y las velocidades, lo cual podría afectar a la naturaleza si disminuye el nivel de inundación	Desde hace varios años, hasta el presente 2026, se tiene una bajante del río Paraguay que afecta el comportamiento general de la biología en el río por los cambios en la frecuencia de inundación y la reducción de la inundación en la planicie
Alteraciones de los procesos de erosión y sedimentación, creando problemas en la navegación o las laderas del cauce	Se realizaron modelos hidrodinámicos para evaluar los cambios en los niveles y las velocidades, así como modelos conceptuales morfológicos para evaluar la respuesta a las intervenciones; se encontró que eran de pocos centímetros, con un máximo de 15 cm en épocas de aguas bajas y la diferencia disminuye para caudales medios a altos.
Incremento de la turbidez, suspensión de sedimentos contaminados	El Paso Bermejo se caracteriza por una gran cantidad de sedimentos y turbidez en la desembocadura del río Bermejo en el río Paraguay. Se realizaron análisis de calidad de agua y sedimentos, y se propone un plan de monitoreo.
Cambios en la composición fisicoquímica del agua	Se realizaron mediciones de línea base para identificar posibles pasivos ambientales relacionados con la calidad del agua y los sedimentos para de esta manera corroborar una vez terminado el trabajo, como se encuentran aquellos parámetros sensibles a las obras.
Cobertura y/o remoción de los organismos vivos presentes en la zona del brazo Liguria que se acondicionará como canal navegable y en la zona de relleno del material	Se realizó un monitoreo de fauna acuática, que incluye la fauna íctica, los bentos y los macroinvertebrados. Durante las obras y una vez concluidas se monitoreará nuevamente la fauna acuática.
Pérdida de zonas de refugio y reproducción para fauna acuática y terrestre.	Se realizó una campaña de muestreo para tener una línea base y se propone un monitoreo durante el dragado y posterior a las obras.
Alteración de la cadena trófica	Se analizó que el impacto es temporal y hay

POTENCIALES IMPACTO	ABORDAJE
	colonización nuevamente, en cuanto a la fauna acuática, la más afectada es la avifauna.
Aumento de la cacería, pesca y comercio de especies silvestres	Este potencial impacto ocurre actualmente con la navegación y es particular con el fraccionamiento de carga de los convoyes. Se incluye un plan de capacitación a trabajadores.
Aumento de basuras y desechos sanitarios	Se deberá cumplir con lo dispuesto en la ley.
Introducción o propagación de enfermedades de contacto	Se debe incluir en el programa de seguridad y salud ocupacional y trato a terceros, el código de conducta. Se incluye un plan de capacitación a trabajadores.
Afectación a la pesca comercial y de subsistencia	Es una situación presente actualmente, por las aguas bajas del río, las otras actividades la alteran indirectamente como dragado de mantenimiento y la navegación. Se incluye un programa de apoyo a pescadores.
Afectación a la circulación de pequeñas embarcaciones y limitación de actividades recreativas	Existe comunicación entre las embarcaciones y se establecen horarios y además se realizará un balizamiento para que las embarcaciones menores puedan continuar operando con seguridad.
Aumento de la contaminación sonora	Es lejos de las poblaciones, los trabajadores usan protocolos de Salud y Seguridad Ocupacional (SYSO). Se incluye un plan de capacitación a trabajadores.

6.3 IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Durante los niveles bajos extremos, se generan impactos sobre la navegación por la presencia de los pasos con fondos duros. Estos efectos son ampliamente descritos en el estudio de "Efectos de los pasos de fondo duro en la navegación del río Paraguay" (Latincomp, 2024).

6.3.1 Riesgos a la navegación

Los riesgos a la navegación se presentan por la posibilidad de colisionar con las rocas, con la posibilidad de ocasionar derrames, volcamientos, accidentes ambientales y laborales. Se crean además condiciones de maniobra muy complejas.

6.3.2 Disminución de cargas

La limitación de calado conlleva una disminución de las cargas, lo cual a su vez trae consigo problemas económicos para las empresas y también para muchos empleados que pierden su trabajo, al parar la navegación, se disminuye el suministro de materiales, incluidos materias primas a las localidades ribereñas, que deben pagar más por los productos, que llegan con ese sobre costo o por otros medios.

6.3.3 Fraccionamiento y demoras

El fraccionamiento del convoy y la necesidad de amarres nocturnos incrementa la probabilidad de accidentes, al aumentar la cantidad de veces que se navega por un paso inseguro, además de los sobre costos por la demora en los viajes y el sobre costo en la cantidad de combustible para cruzar una carga.

En términos ambientales es un aumento de probabilidad de riesgos ambientales y aumenta la inseguridad laboral por las actividades de fraccionamiento y amarre.

Esto significa un incremento en el consumo de combustible y por lo tanto un aumento de emisiones, ruido y molestias a las demás embarcaciones.

Los sobre costos se generan por el consumo adicional de combustible, mayor tiempo de navegación, mayor costo de empleados, demoras en las entregas, que se traducen en el costo final del producto para los consumidores.

6.4 PASIVOS Y ACTIVOS AMBIENTALES

Como resultado de la caracterización presentada en el capítulo anterior de la línea base se tienen a manera de resumen varios aspectos inherentes a la zona, que no dependen de la ejecución o no del proyecto.

Tabla 34. Pasivos y activos ambientales

MEDIO	PASIVOS	ACTIVOS
FÍSICO	Alta variabilidad de los caudales y por lo tanto, de los niveles del río. Elevada cantidad de sedimentos del río Bermejo. Desfasaje en las crecidas: bajo el río Paraguay y alto el río Bermejo.	Recuperación con la crecida del río Paraguay y la bajante del río Bermejo. Capacidad de transporte de los sedimentos hasta el delta del Plata, no se quedan en el río Paraguay o en el río Paraná.
BIOLÓGICO	Biodiversidad baja a media No hay mamíferos y bajo registro de reptiles	Vegetación con pastizales naturales en la isla. Registro alto de un 10 % de aves de la zona.

MEDIO	PASIVOS	ACTIVOS
SOCIAL	Gran cantidad de pescadores. Baja credibilidad. Asentamientos informales en la isla, con población de pescadores con alta dependencia de la pesca y bajo nivel de educación formal.	Organizados en asociaciones. Abiertos a la comunicación.
OTROS	Participación de varias instituciones	Interés de instituciones y gremios privados.

6.5 POTENCIALES IMPACTOS DURANTE LA OBRA

Se continua el análisis de los factores físicos, biológicos y sociales; encontramos que los impactos durante esta etapa serán:

6.5.1 Impactos a la calidad del agua y los sedimentos

Una Matriz de Riesgos Ambientales permite priorizar los riesgos identificados, combinando la probabilidad de ocurrencia y el nivel de impacto ambiental potencial sobre los componentes agua superficial y sedimentos.

Tabla 35. Escala de Impacto/Probabilidad vs Riesgo

Impacto / Probabilidad	Baja	Media	Alta
Bajo	Riesgo Bajo	Riesgo Bajo	Riesgo Medio
Medio	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Alto
Alto	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Riesgo Crítico

Los riesgos clasificados como Alto o Crítico requieren la implementación prioritaria de medidas de prevención, mitigación y monitoreo, conforme al Plan de Gestión Ambiental del proyecto.

En la siguiente tabla se presenta la Matriz de Riesgos Ambientales, en la que se identifican los riesgos internos (debilidades) y riesgos externos (amenazas) asociados al proyecto, considerando las etapas: diagnóstica, constructiva y operativa/mantenimiento, evaluando sus probabilidades de ocurrencia e impacto ambiental potencial, conforme al enfoque del Estudio de Impacto Ambiental y Social (EIAS).

Tabla 36. Matriz de riesgos ambientales sobre la calidad del agua y sedimentos en las distintas etapas de proyecto

Etapas del Proyecto	Tipo de Riesgo	Descripción del Riesgo	Componente Afectado	Probabilidad	Impacto	Medidas de Gestión Ambiental
Diagnóstica	Interno (Debilidad)	Accesibilidad limitada a puntos de muestreo	Agua superficial / Sedimentos	Media	Media	Planificación hidrológica, definición de puntos alternativos y uso de embarcaciones adecuadas.
Diagnóstica	Interno (Debilidad)	Representatividad limitada de las muestras	Agua superficial / Sedimentos	Media	Alta	Aplicación estricta del diseño de muestreo, uso de muestras compuestas y registro de condiciones de campo.
Diagnóstica	Externo (Amenaza)	Eventos hidrológicos extremos (crecidas/bajantes)	Agua superficial / Sedimentos	Alta	Alta	Flexibilización del cronograma, registro hidrométrico y uso de información secundaria histórica.
Constructiva	Interno (Debilidad)	Incremento de sólidos en suspensión por dragado	Agua superficial	Alta	Alta	Dragado controlado por tramos, monitoreo de turbidez y suspensión temporal de actividades si es necesario.

Etapa del Proyecto	Tipo de Riesgo	Descripción del Riesgo	Componente Afectado	Probabilidad	Impacto	Medidas de Gestión Ambiental
Constructiva	Interno (Debilidad)	Resuspensión de sedimentos potencialmente contaminados	Sedimentos / Agua	Media	Alta	Caracterización previa de sedimentos y manejo diferenciado del material dragado.
Constructiva	Externo (Amenaza)	Variabilidad hidrodinámica del sistema fluvial	Agua superficial / Sedimentos	Media	Media	Ajustes operativos en tiempo real y monitoreo continuo durante la obra.
Operativa y Mantenimiento	Interno (Debilidad)	Modificación de la dinámica sedimentaria	Sedimentos	Media	Media	Implementación de monitoreo periódico y dragados de mantenimiento adaptativos.
Operativa y Mantenimiento	Externo (Amenaza)	Aportes continuos de sedimentos del Río Bermejo	Sedimentos / Navegabilidad	Alta	Alta	Seguimiento batimétrico periódico y programas de mantenimiento preventivo.

6.5.2 Impactos sobre la biodiversidad

El transporte de partículas finas en los ríos puede sofocar la zona bentónica y la comunidad, obstruyendo los espacios intersticiales entre las partículas de sustrato utilizadas por los invertebrados como hábitat y refugio (Blettler, y otros, 2014).

Entre los posibles impactos a la biodiversidad se tiene que, siendo el brazo Liguria, un brazo secundario del río Paraguay ubicado en una de las zonas más críticas de la Hidrovía, que es la confluencia con el río Bermejo, estas son las recomendaciones que se sugieren tener en cuenta basadas en los resultados de la campaña de monitoreo realizada.

1. Los bosques en galería y las islas estabilizan los sedimentos, si quitan el bosque y canalizan, el suelo podría soltarse. La eliminación de la vegetación ribereña, documentada en este monitoreo, provocaría un colapso de las márgenes, aumentando la carga de sólidos. Esto destruiría el hábitat de las aves.
2. La isla Ybycuí es el escudo del brazo Liguria, cuya función es proteger al bosque en galería de la erosión directa del canal principal y crea un microclima para aves. Su remoción o la alteración del riacho que la circunda podrían provocar el desmoronamiento de las márgenes incrementando la sedimentación.
3. El monitoreo de biodiversidad, aunque se menciona ausencia de algunos taxones por las probables causas mencionadas, demuestra que el lecho del riacho es estable y productivo. Una intervención mecánica en una zona de alta descarga sedimentaria podría anular los servicios ecosistémicos de cría íctica. Al ser un brazo lateral, funciona como un área de decantación y refugio de aguas claras, por lo que se podría eliminarse el único refugio de baja energía donde la fauna puede sobrevivir a la turbidez y violencia del canal principal.
4. El presente informe demuestra la alta sensibilidad biológica del brazo Liguria, debiéndose aplicar medidas de compensación fuera del sitio que igualen los servicios ecosistémicos afectados.

Tabla 37. Matriz de riesgos para la empresa basada en los resultados

Factor	Riesgo etapa posterior a la obra	Consecuencia legal/técnica
Ictiofauna	Muy alto: desaparición de zona de cría	Denuncia por daño a recursos pesqueros
Avifauna	Alto: abandono de ruta migratoria	Incumplimiento de tratados internacionales CMS, convención de Bonn/Ley N° 1.121/1997
Estabilidad	Critico: erosión de márgenes y sedimentación (por remoción de vegetación)	Costos de mantenimientos altos y multas MADES

6.5.3 Impactos y riesgos sociales

6.5.3.1 Riesgos internos (debilidades)

- **Ausencia de una estrategia formal de comunicación social.**

La ausencia de un plan estructurado que defina cómo se comunicará la información del proyecto a la comunidad. Esto puede generar incertidumbre, desinformación y resistencia de los pescadores ante las actividades de dragado. Es necesario establecer canales claros de comunicación, con responsables definidos y frecuencia de información.

- **Falta de mecanismos para una participación ciudadana.**

No se cuenta con procedimientos formales para que los pescadores y otros actores locales puedan expresar sus opiniones, sugerencias o preocupaciones respecto al proyecto. Esto limita la construcción de confianza y la toma de decisiones participativa.

- **Necesidad de un programa de apoyo o compensación social previamente definido.**

Existe la necesidad de establecer criterios y lineamientos claros sobre cómo se compensará a los pescadores ante una eventual pérdida temporal de ingresos o restricciones de acceso a zonas de pesca, lo que puede generar conflictos y percepción de inequidad.

6.5.3.2 Riesgos externos (amenazas)

- **Interrupción prolongada de la actividad pesquera durante el dragado.**

Las operaciones de dragado pueden afectar zonas de pesca, limitando temporalmente la actividad económica de los pescadores y afectando su subsistencia.

- **Generación de conflictos sociales con las organizaciones de pescadores.**

La falta de coordinación o de información puede generar disputas internas o enfrentamientos entre las organizaciones de pescadores, e incluso con las autoridades o el equipo de proyecto.

- **Percepción de inequidad en la distribución de apoyo a pescadores.**

Si la compensación o los beneficios no son percibidos como justos o equitativos por todos los pescadores, puede surgir un clima de desconfianza y malestar social.

6.5.3.3 Identificación y valoración de impactos socioeconómicos

La mejora de la navegabilidad del río Paraguay se inscribe dentro de una estrategia más amplia de desarrollo logístico y competitividad regional. De acuerdo con la CEPAL y el BID, la reducción de costos logísticos y la mayor previsibilidad en el transporte fluvial generan efectos positivos sobre el comercio, el empleo y la integración territorial, particularmente en regiones periféricas con alta dependencia del transporte por vía fluvial (CEPAL, 2019); (BID, 2020). No obstante, dichos beneficios deben equilibrarse con la protección de los medios de

vida locales, a fin de evitar que los impactos negativos se concentren en los grupos más vulnerables.

Tabla 38. Impactos socioeconómicos identificados

Impacto	Tipo	Duración	Grado
Pérdida temporal de ingresos de pescadores	Negativo	Corto plazo	Alta
Restricción de acceso a zonas de pesca	Negativo	Corto plazo	Media-Alta
Conflictos sociales por falta de información	Negativo	Corto-mediano plazo	Media-Alta
Mejora de la navegabilidad y seguridad fluvial	Positivo	Largo plazo	Media

6.5.3.4 Identificación de impactos durante las etapas de proyecto

A. Etapa de diagnóstico

Riesgos sociales internos

- Poco alcance en la difusión de la información relacionada con el proyecto, lo que puede generar confusión o interpretaciones erróneas en la comunidad.
- Baja concurrencia de algunos pescadores en instancias de consulta, lo que reduce la representatividad de las opiniones recogidas.
- Generación de expectativas respecto a beneficios inmediatos que no se corresponden con los alcances del proyecto.

Riesgos sociales externos

- Desconfianza de la población hacia el proyecto, asociada a experiencias anteriores con intervenciones similares al proyecto.
- Limitaciones de acceso a determinadas áreas debido a condiciones climáticas o variaciones en el nivel del río.

B. Etapa de ejecución

Riesgos sociales internos

- Falta de articulación entre el cronograma de trabajo y las rutinas habituales de pesca.
- Interrupción temporal de la actividad de pesca tradicional durante los días de ejecución del dragado u otro tipo de trabajos.

- Afectación de los ingresos diarios de las familias que dependen directamente de la pesca.
- Riesgos sociales que podría generar la situación de las aguas compartidas con Argentina teniendo en cuenta la cercanía.

Riesgos sociales externos

- Posibles conflictos entre pescadores por el uso de las zonas habilitadas durante el período de obras.
- Percepción de trato desigual entre comunidades o grupos de pescadores.

C. Etapa operativa y de mantenimiento

Riesgos sociales internos

- Dependencia prolongada de las medidas compensatorias sin fortalecimiento sostenido de la actividad pesquera.
- Insuficiente seguimiento de la situación social una vez concluidas las obras.

Riesgos sociales externos

- Variaciones en el comportamiento del río que continúen afectando la actividad pesquera.

6.5.3.5 Impactos positivos

- **Reducción de tiempos de transporte**

La mejora de los tiempos de transporte fluvial tiene un impacto significativo en la accesibilidad y la calidad de vida de las comunidades ribereñas. Facilita el traslado rápido y eficiente de pasajeros, incluyendo a aquellos que necesitan atención médica urgente, y mejora el acceso a servicios esenciales que generalmente solo se encuentran en grandes centros urbanos, como; salud, educación, servicios financieros, judiciales, entre otros.

- **Reducción de costos logísticos**

Canales navegables inclusive con aguas bajas permite a los barcos transportar más carga y operar de manera más eficiente, lo que reduce los costos logísticos tanto para las empresas como para los consumidores finales.

- **Mejora en la economía local y regional**

Facilita el transporte fluvial de bienes y reduce los costos operativos para las empresas, reduce los tiempos de transporte, lo que puede facilitar el comercio y la actividad económica local y regional.

- **Generación de empleo**

Durante la fase de construcción y posterior mantenimiento del proyecto, se pueden crear empleos temporales, especialmente en sectores como servicios, construcción y logística. Además, la presencia del personal de la obra dinamizará la economía local de las comunidades ribereñas al fomentar el consumo en negocios locales.

6.5.3.6 Impactos negativos

- **Conflictos sociales**

La ejecución del proyecto podría potencialmente generar conflictos con comunidades locales, pescadores y otros grupos que dependen de los recursos del río afectados por las intervenciones, especialmente si perciben que sus intereses o medios de vida se ven afectados de alguna manera.

- **Impacto en la actividad pesquera**

Aunque los trabajos serán de gran envergadura y en una zona donde no se concentran la mayor cantidad de pescadores este pequeño porcentaje de pescadores podrían verse afectados al tener que desplazarse mayores distancias para encontrar áreas de pesca viables, lo que incrementaría sus costos de combustible, esfuerzos y tiempo dedicado a la actividad pesquera.

- **Calidad del agua para consumo humano**

Si bien en la zona existen servicio de agua potable en la Isla Ybycuí no se cuenta con este servicio y consumen agua directamente del río sin tratamiento previo. Durante los trabajos de construcción, cualquier alteración podría tener impactos significativos en la calidad del agua, potencialmente afectando la salud de quienes dependen de este recurso para consumo humano.

- **Molestias durante la fase de construcción**

La construcción misma del proyecto puede generar ruido, vibraciones y tráfico adicional, lo que podría molestar a residentes locales y afectar temporalmente la calidad de vida en las áreas adyacentes.

Los impactos socioeconómicos del proyecto deben analizarse en una lógica de equilibrio entre los beneficios macroeconómicos y los efectos locales diferenciados. De acuerdo con el BID, la mejora de la navegabilidad fluvial contribuye de manera significativa a la reducción de los costos logísticos, al fortalecimiento del comercio regional y a la integración territorial, particularmente en países con alta dependencia del transporte por vía fluvial como Paraguay (BID, 2020).

No obstante, la CEPAL advierte que estos beneficios pueden coexistir con impactos negativos localizados si no se implementan medidas adecuadas de protección social. En

particular, los grupos con menor capacidad de adaptación, como pescadores artesanales y familias ribereñas, requieren acciones específicas que mitiguen los efectos temporales sobre sus medios de vida, evitando que los costos sociales del desarrollo recaigan de manera desproporcionada sobre los sectores más vulnerables (CEPAL, 2019).

6.6 IDENTIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS EN LA OPERACIÓN

El objetivo de la obra es permitir la navegación fraccionada en el arroyo Liguria, durante los periodos de aguas bajas. Una vez concluidas las obras, los impactos sobre la biodiversidad y la comunidad serán similares a los actuales, sin obra, con un eventual incremento del a navegación.

A continuación, se detalla el comportamiento esperado del sistema desde el punto de vista hidráulico y morfodinámico.

6.6.1 Análisis hidrodinámicos y morfodinámicos

El estudio de los niveles de agua revela un cambio en la configuración hidráulica del sistema, cuya magnitud varía según el régimen de caudal analizado:

6.6.1.1 Comportamiento de los niveles de agua

Escenarios de estiaje y crecidas medias

En estas condiciones, donde el flujo se mantiene principalmente dentro de los cauces, se observa de manera más clara el descenso de los niveles de agua. Al profundizar el riacho, se facilita el paso del flujo por esta vía, lo que provoca una reducción del nivel del pelo de agua que se origina en la zona de intervención y se propaga hacia aguas arriba. Este descenso es constante a lo largo del tramo y alcanza puntos distantes como la zona de Pilar, alterando la condición natural de los niveles en el cauce principal.

Escenarios de crecidas altas y desbordes

Durante eventos de caudales elevados con desborde hacia las llanuras, el impacto en los niveles de agua tiende a ser proporcionalmente menor que en estiaje. Sin embargo, la intervención sigue influyendo en la forma en que el sistema drena el excedente hídrico, manteniendo la tendencia de niveles más bajos en comparación con la situación original.

6.6.1.2 Análisis de dinámica de velocidades

La modificación del canal del brazo Liguria altera la forma en que el agua se distribuye entre los distintos brazos del sistema y las velocidades con las que circula: El aumento de la sección de flujo en el brazo secundario fue evaluada en un 9% del flujo total.

El incremento del caudal que ingresa al riacho viene acompañado de un aumento en las velocidades de flujo dentro del nuevo canal.

6.7 VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS

6.7.1 Definición de naturaleza, magnitud e importancia

Para la evaluación ambiental se usan distintas matrices de valoración de impactos, una de ellas es la Matriz de Leopold con sus aspectos de magnitud, importancia y signo o naturaleza. (Leopold, L. B., Clarke, F. E., Hanshaw, B. B., & Balsley, J. R., 1971) .

La naturaleza indica si un impacto es positivo (+) o negativo (-), en caso de no ser relevante o neutro queda cero.

La magnitud expresa la intensidad, grado o severidad del cambio producido por una actividad del proyecto sobre un factor ambiental determinado, considerando la variación respecto de la situación de referencia (línea base). Se refiere a cuánto cambia el factor ambiental, no a cuán relevante es ese cambio.

La importancia representa la relevancia ambiental, social, económica o legal del impacto, considerando factores como: extensión espacial, duración, reversibilidad, sensibilidad del medio, valor ecológico o socioeconómico, marco normativo aplicable. Es decir, indica qué tan importante es ese cambio, independientemente de su magnitud física.

Tabla 39. Criterios de valoración de impactos

VALOR	CRITERIO	IMPACTO
(NA)	NATURALEZA	Puede ser positivo o negativo
+	Positivo	Impacto beneficioso por la actividad para el medio analizado.
-	Negativo	Impacto adverso por la actividad para el medio analizado
0	Neutro	No es relevante o no existe impacto.
(MAG)	MAGNITUD	Grado de afectación
±1 – ±2	Magnitud muy leve, apenas perceptible	Cambio muy leve, apenas perceptible
±3 – ±4	Magnitud leve a moderada	Cambio leve a moderado
±5 – ±6	Magnitud moderada	Cambio moderado
±7 – ±8	Magnitud alta	Cambio alto
±9 – ±10	Magnitud muy alta o crítica	Cambio muy alto o crítico
(IMP)	IMPORTANCIA	Significado
1	Importancia muy baja	Impacto localizado, reversible, sin restricciones

VALOR	CRITERIO	IMPACTO
		legales
2	Importancia baja	Impacto de alcance limitado
3	Importancia media	Impacto relevante, requiere medidas de manejo
4	Importancia alta	Impacto sensible, asociado a recursos clave
5	Importancia muy alta	Impacto crítico o regulado estrictamente
(ALT)	IMPACTO o ALTERACIÓN	SIGNIFICADO
+50	Máximo valor	corresponde al mayor impacto positivo
0	Neutro	No es relevante
-50	Mínio valor,	corresponde al mayor impacto o alteración negativa

6.7.2 Resultados de la valoración de impactos

A continuación, se presenta los resultados de la valoración de impactos para las diferentes etapas de proyecto, considerando: i) la situación actual con problemas de navegación y disminución de empleo, economía y otros aspectos; ii) luego, los impactos esperados durante la construcción de la obra de adecuación del brazo Liguria para la navegación, donde se presentan los mayores impactos negativos principalmente al medio biológico al medio biológico, iii) durante la operación del riacho como canal de navegación.

Tabla 40. Valoración de impactos en la situación actual – pasivos ambientales y socioeconómicos

MEDIO	ACTIVIDADES FACTORES AMBIENTALES		SITUACIÓN ACTUAL (SIN PROYECTO)				ABORDAJE
			Navegación, disminución de carga, fraccionamiento, barcazas detenidas sin pasar				
			NAT	MAG	IMP	Impacto	Explicación
FÍSICAS	1	Hidrodinámica (niveles y velocidades)	(-)	-3	4	-12	Limitaciones estacionales del calado para la navegación.
	2	Morfodinámica fluvial	(-)	-3	4	-12	Gran cantidad de sedimentos que provienen del Bermejo.

MEDIO	ACTIVIDADES FACTORES AMBIENTALES		SITUACIÓN ACTUAL (SIN PROYECTO)				ABORDAJE
			Navegación, disminución de carga, fraccionamiento, barcazas detenidas sin pasar				
	3	Calidad del agua	(-)	-2	3	-6	Turbidez natural elevada y consumo de agua sin tratar por los pobladores.
	4	Calidad de los sedimentos	(-)	-2	3	-6	Sedimentos finos en suspensión
	5	Calidad del aire: emisiones	(-)	-2	2	-4	Emisiones de las embarcaciones.
	6	Calidad sonora; ruido y vibraciones	(-)	-2	2	-4	Ruidos de las embarcaciones.
BIOLÓGICAS	7	Vegetación	0	0	3	0	Estado natural en el “continente” y pastizales y cultivos en la isla.
	8	Bentos, macroinvertebrados y peces	(-)	-2	4	-8	Alteración por los sedimentos, pero con el caudal del Bermejo también viene una gran cantidad de peces, seguirá igual.
	9	Fauna terrestre: reptiles y mamíferos	0	0	3	0	No se registraron, solo perros.
FACTORES CULTURALES	10	Tránsito fluvial	(-)	-7	5	-35	Disminuido por los sedimentos del río Bermejo y bajo nivel del l río Paraguay.
	11	Empleo	(-)	-4	4	-16	Disminuido por la reducción de la navegación.
	12	Economía local y regional	(-)	-6	4	-24	Afectada y reducida por la disminución de transporte de bienes, aumento de precios al consumidor final.
	13	Seguridad Laboral	(-)	-4	4	-16	Riesgo por maniobras de fraccionamiento
	14	Pesca comercial y de subsistencia	(-)	-1	4	-4	Variable, según la dinámica ecológica
	15	Actividades recreativas y turismo	(-)	-1	3	-3	Variable según la dinámica poblacional

MEDIO	ACTIVIDADES FACTORES AMBIENTALES		SITUACIÓN ACTUAL (SIN PROYECTO)				ABORDAJE
			Navegación, disminución de carga, fraccionamiento, barcas detenidas sin pasar				
	16	Paisaje del río	(+)	2	2	4	Condición atractiva.
	17	Patrimonio: arqueológico y paleontológico	0	0	4	0	Sin evidencia de cambios.

Para la situación actual, se identifican 13 impactos negativos, 3 neutros y uno positivo. El componente más sensible es el socioeconómico por lo que significa la reducción en la navegación, en la carga, tiempos de espera y fraccionamiento, que además atenta contra la seguridad de los operadores y el ambiente.

- **Físicas:** Impacto acumulado negativo moderado, asociado a limitaciones hidráulica Y sedimentológicas y restricciones de navegabilidad.
- **Biológicas:** Impacto negativo leve a moderado por dinámica natural del sistema.
- **Culturales:** Impacto negativo relevante debido a restricciones al tránsito fluvial, menor competitividad logística y limitación económica regional.

El escenario actual presenta una condición subóptima para la navegación y el desarrollo socioeconómico.

Tabla 41. Valoración de impactos durante la obra

MEDIO	ACTIVIDADES FACTORES AMBIENTALES		CONSTRUCCIÓN				ABORDAJE
			Excavación y dragado, relleno y señalización				
			NAT	MAG	IMP	Impacto	
FÍSICAS	1	Hidrodinámica (niveles y velocidades)	(-)	-4	4	-16	Sin grandes variaciones en el río Paraguay
	2	Morfodinámica fluvial	(-)	-6	4	-24	Incremento en la magnitud
	3	Calidad del agua	(-)	-6	5	-30	Aumenta la turbidez

MEDIO	ACTIVIDADES FACTORES AMBIENTALES		CONSTRUCCIÓN				ABORDAJE
			Excavación y dragado, relleno y señalización				
			NAT	MAG	IMP	Impacto	
	4	Calidad de los sedimentos	(-)	-5	4	-20	Incrementa en el agua por el movimiento de suelos
	5	Calidad del aire: emisiones	(-)	-5	3	-15	Emisiones de las máquinas y embarcaciones
	6	Calidad sonora; ruido y vibraciones	(-)	-8	3	-24	Operación de maquinaria
BIOLÓGICAS	7	Vegetación	(-)	-5	3	-15	Transformaciones en las zonas de relleno
	8	Bentos, macroinvertebrados y peces	(-)	-7	5	-35	Afectación del medio acuático: bentos y peces
	9	Fauna terrestre: reptiles y mamíferos	(-)	-3	3	-9	Potencial disminución por caza, pero no se registró
FACTORES CULTURALES	10	Tránsito fluvial	(-)	-7	5	-35	Incremento por la obra no es significativo en proporción
	11	Empleo	(+)	6	4	24	Aumenta de manera temporal durante la obra
	12	Economía local y regional	(+)	4	4	16	Demanda de servicios
	13	Seguridad Laboral	(-)	-2	4	-8	Riesgo durante las obras
	14	Pesca comercial y de subsistencia	(-)	-3	4	-12	Variable, se puede afectar y deberán desplazarse los pescadores
	15	Actividades recreativas y turismo	(-)	-3	3	-9	Pérdida temporal y localizada
	16	Paisaje del río	(-)	-4	3	-12	Alteración por las maquinarias y cambios

MEDIO	ACTIVIDADES FACTORES AMBIENTALES		CONSTRUCCIÓN				ABORDAJE
			Excavación y dragado, relleno y señalización				
			NAT	MAG	IMP	Impacto	
	17	Patrimonio: arqueológico y paleontológico	(-)	-3	5	-15	Riesgo potencial, requiere monitoreo y protocolos

Se identifica esta etapa como la de **mayor presión ambiental**, con impactos significativos, pero mayormente temporales y mitigables.

- **Físicas:** Impacto negativo alto, principalmente por alteración hídrica, de sedimentos y aumento de turbidez.
- **Biológicas:** Impacto negativo alto, especialmente sobre bentos y comunidades acuáticas y transformación del uso de suelo en la isla.
- **Culturales:** Impacto mixto; efectos negativos temporales en pesca y paisaje, compensados parcialmente por generación de empleo.

Tabla 42. Valoración de impactos durante la obra

MEDIO	ACTIVIDADES FACTORES AMBIENTALES		OPERACIÓN				ABORDAJE
			Navegación continua con fraccionamiento				
			NAT	MAG	IMP	Impacto	Explicación
FÍSICAS	1	Hidrodinámica (niveles y velocidades)	(-)	-4	4	-16	Cambios de distribución de caudal entre el río y el riacho
	2	Morfodinámica fluvial	(-)	-3	4	-12	Procesos de erosión y sedimentación que deben monitorearse
	3	Calidad del agua	(-)	-2	3	-6	Turbidez natural elevada y consumo de agua sin tratar por los pobladores.
	4	Calidad de los sedimentos	(-)	-2	3	-6	Sedimentos finos en suspensión
	5	Calidad del aire: emisiones	(-)	-2	3	-6	Emisiones de las embarcaciones.

MEDIO	ACTIVIDADES		OPERACIÓN				ABORDAJE
	FACTORES AMBIENTALES		Navegación continua con fraccionamiento				
	6	Calidad sonora; ruido y vibraciones	(-)	-2	3	-6	Ruidos de las embarcaciones.
BIOLÓGICAS	7	Vegetación	0	0	3	0	Estabilización progresiva, desaparecen los pastizales naturales y lugares de hábitat para las aves.
	8	Bentos, macroinvertebrados y peces	(-)	-2	4	-8	Adaptación, alteración por presencia del canal, resiliencia en búsqueda de nuevos lugares. Los peces del río Bermejo se mantienen igual.
	9	Fauna terrestre: reptiles y mamíferos	0	0	3	0	No se registraron, solo perros.
FACTORES CULTURALES	10	Tránsito fluvial	(+)	6	5	30	Mejora el tránsito, aún se deben hacer fraccionamientos y amarres
	11	Empleo	(+)	5	4	20	Más estabilidad laboral
	12	Economía local y regional	(+)	5	4	20	Se dinamiza la economía con la recuperación de la navegación
	13	Seguridad Laboral	(+)	-1	4	-4	Aún hay fraccionamientos, no hay riesgo de encallar
	14	Pesca comercial y de subsistencia	(-)	-2	4	-8	Variable, según la dinámica ecológica
	15	Actividades recreativas y turismo	(+)	3	3	9	Variable según la dinámica poblacional
	16	Paisaje del río	(+)	2	4	8	Nueva condición crea un paisaje antropizado que encuentra su propio atractivo.
	17	Patrimonio: arqueológico y paleontológico	0	0	5	0	Sin evidencia de cambios.

El balance estructural del proyecto en operación es **predominantemente positivo en el componente socioeconómico**, compensando parcialmente los efectos físicos y biológicos residuales.

- **Físicas:** Impacto negativo leve a moderado por ajustes permanentes en la dinámica fluvial.
- **Biológicas:** Impacto negativo bajo a moderado por modificación de hábitats, con adaptación de las especies a nuevos nichos.
- **Culturales:** Impacto positivo alto, especialmente en tránsito fluvial y la economía regional.

Tabla 43. Comparación de las tres etapas analizadas

MEDIO	ACTIVIDADES FACTORES AMBIENTALES		SITUACIÓN ACTUAL SIN PROYECTO				CONSTRUCCIÓN				OPERACIÓN			
			Navegación, disminución de carga, fraccionamiento, barcazas detenidas sin pasar				Excavación y dragado, relleno y señalización				Navegación continua con fraccionamiento			
			NAT	MAG	IMP	Impacto	NAT	MAG	IMP	Impacto	NAT	MAG	IMP	Impacto
FÍSICAS	1	Hidrodinámica (niveles y velocidades)	(-)	-3	3	-9	(-)	-4	4	-16	(-)	-4	4	-16
	2	Morfodinámica fluvial	(-)	-3	3	-9	(-)	-6	4	-24	(-)	-3	4	-12
	3	Calidad del agua	(-)	-2	3	-6	(-)	-6	5	-30	(-)	-2	3	-6
	4	Calidad de los sedimentos	(-)	-2	3	-6	(-)	-5	4	-20	(-)	-2	3	-6
	5	Calidad del aire: emisiones	(-)	-2	2	-4	(-)	-5	3	-15	(-)	-2	3	-6
	6	Calidad sonora; ruido y vibraciones	(-)	-2	2	-4	(-)	-8	3	-24	(-)	-2	3	-6
BIOLÓGICAS	7	Vegetación	0	0	3	0	(-)	-5	3	-15	0	0	3	0
	8	Bentos, macroinvertebrados y peces	(-)	-2	4	-8	(-)	-7	5	-35	(-)	-2	4	-8
	9	Fauna terrestre: reptiles y mamíferos	0	0	3	0	(-)	-3	3	-9	0	0	3	0
FACTORES CULTURALES	10	Tránsito fluvial	(-)	-7	5	-35	(-)	-4	5	-20	(+)	6	5	30
	11	Empleo	(-)	-4	4	-16	(+)	6	4	24	(+)	5	4	20
	12	Economía local y regional	(-)	-6	4	-24	(+)	4	4	16	(+)	5	4	20
	13	Seguridad Laboral	(-)	-4	4	-16	(-)	-2	4	-8	(+)	4	4	16
	14	Pesca comercial y de subsistencia	(-)	-1	4	-4	(-)	-5	4	-20	(-)	-2	4	-8
	15	Actividades recreativas y turismo	(-)	-2	3	-6	(-)	-3	3	-9	(+)	3	3	9
	16	Paisaje del río	(+)	2	2	4	(-)	-4	3	-12	(-)	-1	2	-2
	17	Patrimonio: arqueológicos y paleontológicos	0	0	4	0	(-)	-3	5	-15	0	0	5	0

Como cada uno de los componentes tiene diferente cantidad de factores, no se puede comparar la suma de todos, sino el promedio de valoración de factores de cada medio, se tiene un resultado final por componente: físico, biológico y social, se tienen los siguientes resultados.

Tabla 44. Resumen de impactos por etapa

Componente	Actual	Construcción	Operación
Físicas	-6.3	-21.5	-8.7
Biológicas	-2.7	-19.7	-8.7
Socioeconómicos	-12.1	-5.5	10.6

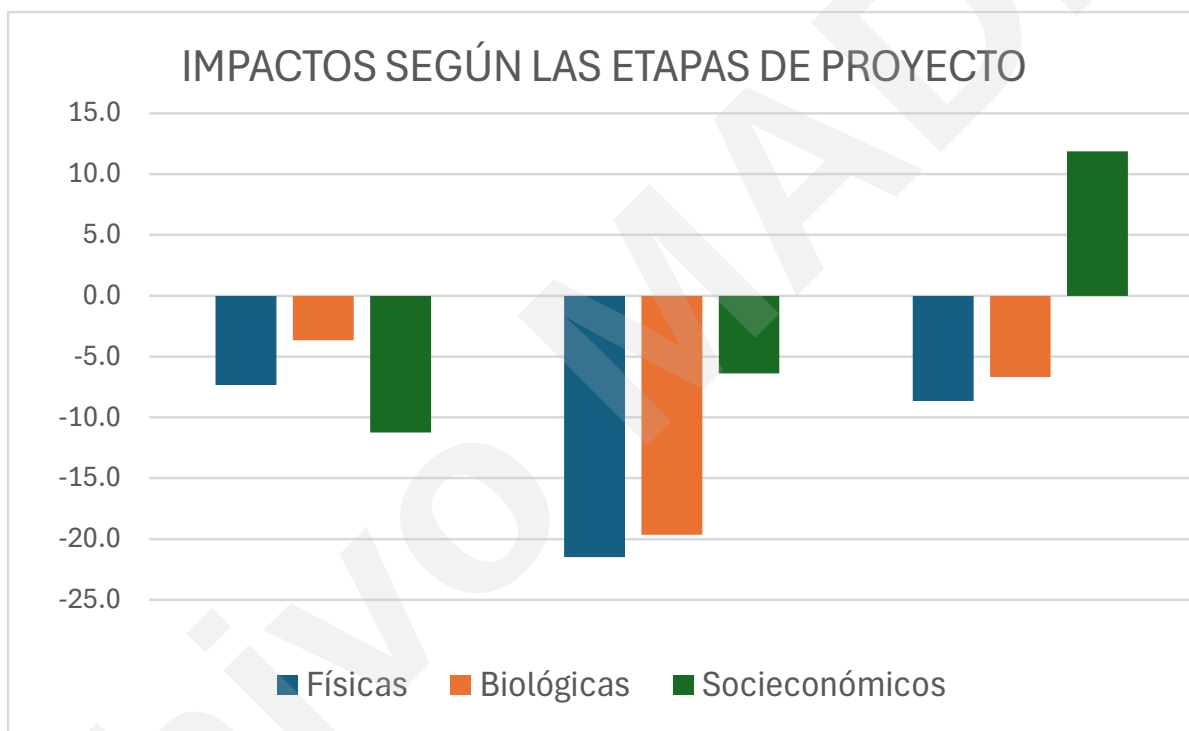


Figura 93. Resumen de impactos por etapa

7 PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y SOCIAL (PGAS)

El Plan de Gestión Ambiental y Social (PGAS) de un proyecto es una herramienta que establece las estrategias, medidas y acciones que se implementarán para gestionar los potenciales impactos ambientales y sociales que pueden surgir durante las distintas fases de un proyecto, a fin de viabilizar la ejecución en términos de sostenibilidad ambiental.

Según las medidas, estas se pueden clasificar como:

- **Medidas de Prevención:** están medidas evitan la ocurrencia de los impactos, por la gestión previa al hecho
- **Medidas Mitigación:** son aquellas que atenúan o disminuyen los posibles impactos manteniéndolo en umbrales aceptables.
- **Medidas de Monitoreo:** permiten observar el cumplimiento de las acciones previas al impacto o de las premisas con las cuales fueran evaluados los impactos.
- **Consulta y Participación:** la autoridad de aplicación (MADES) decide sobre la participación de las partes interesadas y la comunidad local para comprender sus preocupaciones y aclarar las dudas, así como mencionar la participación en el proyecto.

Para el presente Plan de Gestión Ambiental y Social propuesto, estas medidas se agrupan en programas específicos que atenderán los posibles impactos ambientales y sociales identificados anteriormente, en el capítulo 6. Estos programas se agrupan de la siguiente manera:

- Programa General del Contratista durante la obra
- Programas de Monitoreo del Medio Físico
 - Sub-Programa de monitoreo hidráulico
 - Sub-Programa de enriquecimiento de los modelos hidrodinámicos.
 - Sub-Programa de monitoreo morfodinámico
 - Sub-Programa de monitoreo de la calidad de agua y sedimentos
- Programa de Monitoreo de la Biodiversidad
- Programas de Gestión Social y Cultural
 - Sub-Programa de adquisición de terrenos y bienes afectados
 - Sub-Programa de comunicación
 - Sub-Programa de atención a consultas, quejas y reclamos
 - Sub-Programa de apoyo a pescadores
 - Sub-Programa de capacitación a trabajadores y obreros
 - Sub-Programa de hallazgos fortuito del patrimonio cultural
- Programa de adquisición de servicios ambientales

En particular, respecto a las medidas que atienden los riesgos laborales (accidentes, incendios, derrames) y la generación de efluentes líquidos y residuos y emisiones a bordo, es importante destacar que la gestión de estos se enmarca en las normas, regulaciones y protocolos propios de la Organización Marítima Internacional (OMI), ratificados por el Estado paraguayo y que toda empresa que surque aguas de ríos y mares debe cumplir.

A continuación, el desarrollo de los programas que hacen parte del Plan de Gestión Ambiental y Social propuesto para el proyecto.

7.1 RESPONSABLES DE LA APLICACIÓN DEL PGAS

La ejecución de las obras deberá realizarse con el cumplimiento del siguiente Plan de Gestión Ambiental y Social, a fin de garantizar que no se generan impactos negativos sobre los factores físicos, biológicos y socioeconómicos. Esta medida sirve a la vez para valorar los beneficios de este proyecto.

La empresa Proponente como responsable de la ejecución de las obras de dragado por medio del convenio de donación, es también la responsable del monitoreo ambiental y socioeconómico durante la ejecución de las obras y un tiempo estimado de seis meses una vez finalizadas las obras.

7.2 RESUMEN DE LOS PROGRAMAS

El responsable del cumplimiento de los programas LHG Navegación S.A., en marco del convenio realizado con el MIC y la ANNP, para lo cual deberá contratar a una empresa que implemente el Plan de Gestión Ambiental y Social (PGAS), la cual a su vez trabajará e informará de la situación a la ANNP, según el convenio.

Tabla 45. Resumen de Programas

Nº	Sub-Programa	Objetivo	Alcance	Responsable
Programa General del Contratista de Obra				
1	Sub-Programa de Manejo y disposición final de residuos sólidos, efluentes líquidos sanitarios y otros insumos.	Garantizar la correcta disposición de residuos sólidos, líquidos, sanitarios y aceites e hidrocarburos.	Durante la obra	Contratista, empresa de dragado.

Nº	Sub-Programa	Objetivo	Alcance	Responsable
2	Sub-Programa de Salud y Seguridad Ocupacional.	Preservar, mantener y mejorar la salud individual y colectiva de los trabajadores, con el objetivo de prevenir accidentes laborales y enfermedades profesionales.	Durante la obra	Contratista, empresa de dragado.
3	Sub-Programa de Conducta del personal.	Garantizar relacionamiento cordial y respetuoso entre tripulantes y pueblos originarios y comunidades locales.	Durante la obra	Contratista, empresa de dragado.
4	Sub-Programa de Contingencia ante riesgos	Gestionar debidamente riesgos de accidentes, incendios, derrames a bordo de manera a garantizar la vida de personas, los recursos naturales y los bienes propios y de terceros.	Durante la obra y después de la obra	Contratista, empresa de dragado.
5	Sub-Programa de Cumplimientos de estándares internacionales	Estas normas ayudan a las organizaciones a mostrar su compromiso con la calidad, ambiente, seguridad, mejora la imagen y mercado de la empresa.	Durante la obra	Contratista, empresa de dragado.
Programa de Monitoreo del Medio Físico				
6	Sub-Programa de monitoreo hidráulico y morfodinámico	Verificar que las variaciones estimadas por los modelos se encuentran en el rango de lo esperado	Durante la obra y después de la obra	Consultora contratada por LHG
7	Sub-Programa de actualización y retroalimentación del modelo morfodinámico	Batimetrías regulares Corroborar la ejecución de obra	En aguas altas Durante y después de las obras Durante la operación	Consultora contratada por LHG

Nº	Sub-Programa	Objetivo	Alcance	Responsable
8	Sub-Programa de Calidad de agua y sedimentos	Verificar que los parámetros fuera de rango y aquellos susceptibles de ser impactados son monitoreados durante las obras y durante la operación	Campaña durante el dragado	Consultora contratada por LHG
			Campaña posterior, durante a la operación	Consultora contratada por LHG
Programa de Monitoreo de Biodiversidad				
9	-	Monitoreo de la vegetación como hábitat, avifauna, fauna íctica, bentos y macroinvertebrados	Campaña posterior durante la siguiente estación	Consultora contratada por LHG
Programa de gestión social y cultural				
10	Sub-Programa de adquisición de terrenos y bienes afectados	Establecer medidas de mitigación y/o compensación en caso de adquisición o daño a bienes externos	Preobra Durante la obra	Consultora contratada por LHG
11	Sub-Programa de Comunicación	Garantizar la comprensión efectiva del proyecto y sus impactos, a fin de prevenir conflictos y asegurar su implementación exitosa.	Preobra Durante la obra Posterior a la obra	Consultora contratada por LHG
12	Sub-Programa de atención a consultas, quejas y reclamos	Establecer un mecanismo efectivo para recibir consultas, quejas y reclamos durante todas las etapas del proyecto.	Durante la obra	Consultora contratada por LHG
13	Sub-Programa de apoyo a pescadores	Apoyar a los pescadores asociados durante la etapa de ejecución del proyecto para mitigar los impactos negativos en su actividad económica. Se ha duplicado la lista.	Post obra	Consultora contratada por LHG
14	Sub-Programa de capacitacion a los trabajadores y obreros		Durante la obra	Consultora contratada por LHG

Nº	Sub-Programa	Objetivo	Alcance	Responsable
15	Sub-Programa de hallazgos fortuitos del patrimonio cultural	Tener un protocolo aprobado por la SCN, para realizar una gestión adecuada de los hallazgos fortuitos que pudieran considerarse parte del patrimonio arqueológico y paleontológico y que pudieran encontrarse en el área de influencia del proyecto.	Antes del inicio de obras	Consultora contratada por LHG
Programa de adquisición de servicios ambientales				
16	-	Mecanismos de compensación por obra de alto impacto	Antes del inicio de obras	Consultora contratada por LHG

7.3 PROGRAMA GENERAL DEL CONTRATISTA DURANTE LA OBRA

Las empresas de dragado que realizarán este trabajo deberán contar con todos los certificados, los permisos y autorizaciones necesarias para la ejecución de las actividades. También deberán presentar al MIC, ANNP y al MADES un Plan de Gestión que contenga los siguientes sub-programas de prevención, mitigación, seguridad, y contingencia. Estos serán evaluados por la Prefectura General Naval (PGN) y la Dirección General de Marina Mercante (DGMM) como lo hacen con todas las embarcaciones.

Tabla 46. Referencia de los programas del Contratista

Nº	Sub-Programa	Objetivo	Marco de referencia	Responsable
1	Manejo y disposición final de residuos sólidos, efluentes líquidos sanitarios y otros insumos.	Garantizar la correcta disposición de residuos sólidos, líquidos, sanitarios y aceites e hidrocarburos.	Resolución MADES N° 460/2022 "Por la cual se reglamenta la gestión integral de los aceites minerales lubricantes usados y residuos de hidrocarburos generados en el país".	Contratista, empresa de dragado. A ser fiscalizados por la PGN.
2	Salud y Seguridad Ocupacional.	Preservar, mantener y mejorar la salud individual y colectiva de los trabajadores, con el objetivo de prevenir accidentes laborales y enfermedades profesionales.	Ley N° 2.367/2004 el "Convenio internacional para la seguridad de la vida humana en el mar" de 1974 (Convenio SOLAS).	Contratista, empresa de dragado. A ser fiscalizados por la PGN y la DGMM.

Nº	Sub-Programa	Objetivo	Marco de referencia	Responsable
3	Conducta del personal.	Garantizar relacionamiento cordial y respetuoso entre tripulantes y pueblos originarios y comunidades locales.	OIT – C169 – Convenio sobre pueblos indígenas y tribales (Ley N° 234/1993).	Contratista, empresa de dragado. A ser fiscalizados por la PGN y la DGMM.
4	Contingencia ante riesgos <i>Con protocolos en caso de derrame de hidrocarburos u otras sustancias, protocolos en caso de accidentes, entre otros.</i>	Gestionar debidamente riesgos de accidentes, incendios, derrames a bordo de manera a garantizar la vida de personas, los recursos naturales y los bienes propios y de terceros.	Ley N° 2.367/2004 el “Convenio internacional para la seguridad de la vida humana en el mar” de 1974 (Convenio SOLAS).	Contratista, empresa de dragado. A ser fiscalizados por la PGN y la DGMM
5	Cumplimientos de estándares internacionales (ISO y otros)	Estas normas ayudan a las organizaciones a mostrar su compromiso con la calidad, ambiente, seguridad, mejora la imagen y mercado de la empresa.	ISO 9001 (calidad), ISO 14001 (ambiente), ISO 45001 (seguridad) y otras, como ISO 50001 (energía), ISO 26000 (responsabilidad social)	Contratista, empresa de dragado. A ser fiscalizados por la PGN y la DGMM

7.4 PROGRAMA DE MONITOREO DEL MEDIO FÍSICO

7.4.1 Sub-Programa de Monitoreo hidráulico y morfodinámico

El acondicionamiento del brazo Liguria se inserta en un entorno de alta complejidad fluvial marcado por la interacción entre el río Paraguay y el río Bermejo. Para evaluación de la dinámica morfológica, se establecen actividades de monitoreo y modelación que garanticen la estabilidad del sistema a largo plazo; por medio de intervenciones correctivas a tiempo en caso de ser necesarias.

Actividades de gestión por fases del proyecto

La gestión técnica se estructura en un cronograma que abarca desde la preparación del sitio hasta la estabilización del lecho en un periodo mínimo de 36 meses (máx hasta 60 meses).

Fase de pre-dragado

Antes de la intervención, se establecerá la línea de base física mediante:

- Levantamiento batimétrico inicial: Ejecución de batimetría de alta resolución para documentar la configuración del lecho original.
- Instalación de reglas hidrométricas: Colocación de reglas para el monitoreo continuo de niveles de agua, vinculadas a la red geodésica nacional.

- Aforos líquidos de base: Medición de caudales y velocidades con equipo ADCP para confirmar la repartición de flujos previa a la obra.
- Aforos de caudal sólido de base: Medición de caudales sólidos, por medio trampas de mallas de retención y por cantidad de sólidos suspendidos en laboratorio.
- Análisis granulométrico.

Fase de dragado

Durante la ejecución, las actividades se enfocan en el control operativo:

- Batimetrías de Control: Relevamientos frecuentes para asegurar que la excavación se ajuste estrictamente a la sección de diseño optimizada.
- Monitoreo de la Pluma de Sedimentos: Vigilancia de la turbidez para asegurar que la remoción y disposición de material no interfiera con el canal de navegación principal.

Fase de pos-dragado (36 meses)

Una vez concluida la obra, se inicia el seguimiento de la evolución del sistema durante un horizonte de 3 años:

- Campañas Semestrales/Anuales: Relevamientos batimétricos y de caudales para documentar la progresión del lecho.
- Análisis de Estabilidad: Estudio de la Dinámica Espacio-Temporal

7.4.1.1 Monitoreo hidráulico

Este programa busca validar la eficiencia conductiva del riacho. La actividad principal consiste en el monitoreo de los campos de velocidades y la distribución de caudales utilizando Perfiladores de Corriente Acústicos Doppler (ADCP). Se verificará la capacidad de captación del canal, asegurando que el flujo sea suficiente para la operatividad sin generar efectos adversos en el brazo principal del río Paraguay.

7.4.1.2 Monitoreo morfodinámico

Esta actividad supervisa la geometría del cauce. Se realizarán mapas de diferencia batimétrica para cuantificar la evolución del relieve. El monitoreo incluye la inspección de taludes para asegurar que la profundización del canal central no derive en inestabilidades laterales, garantizando la integridad de la sección transversal durante los 60 meses de seguimiento.

7.4.2 Sub-Programa de Actualización y retroalimentación del Modelo morfodinámico (Delft3D)

La pieza fundamental para la gestión es el modelo morfodinámico desarrollado en Delft3D. Este software es el estándar global para ingeniería de ríos debido a su capacidad para acoplar de forma integrada la hidrodinámica con el transporte de sedimentos multiclase (arenas y limos). Su uso en este proyecto permite transformar datos de campo en predicciones operativas.

Para garantizar la precisión de la gestión, el modelo debe cumplir con las siguientes especificaciones técnicas:

- **Configuración de la Grilla:** Se debe utilizar una grilla curvilínea ortogonal. A diferencia de las mallas tradicionales, la grilla de Delft3D permite una alineación exacta con la sinuosidad del riacho y el flujo, optimizando el cálculo de los gradientes de velocidad en el nodo de bifurcación y evitando errores de difusión numérica.
- **Transporte de Sedimentos:** El modelo debe representar tanto el transporte de fondo como el transporte en suspensión. Debe ser capaz de simular la carga sedimentaria proveniente del río Bermejo y su interacción con el lecho arenoso-limoso del Liguria.
- **Factor de Aceleración Morfológica (Morfac):** Se empleará un factor Morfac técnicamente validado para simular la evolución del lecho durante los 5 años proyectados, permitiendo observar el proceso de búsqueda de equilibrio dinámico en tiempos de cómputo eficientes.
- **Enriquecimiento del Modelo:** El modelo no es estático; debe alimentarse de los datos obtenidos en las fases de pre y post-dragado. La recalibración periódica de la rugosidad y las condiciones de contorno (caudales y niveles reales) es esencial para que la herramienta pueda predecir con menor incertidumbre el comportamiento real del río.
- **Análisis de Sensibilidad:** El modelo debe evaluar escenarios críticos de estiaje y crecida, proporcionando mapas de tensiones de corte y trayectorias de partículas que informen sobre la necesidad de posibles mantenimientos preventivos.

7.4.2.1 Análisis de desempeño

Como actividad de cierre anual dentro del período de 3 años, se generarán informes técnicos que consoliden los hallazgos del monitoreo hidráulico y morfodinámico. Estos documentos incluirán la comparación entre los datos de campo y las predicciones del modelo Delft3D, validando la estabilidad del canal y proporcionando la base técnica necesaria para la gestión ambiental ante las autoridades competentes.

7.4.2.2 Cronograma y presupuesto

Se proponen campañas trimestrales para el analizar la evolución el primer año, para el segundo y tercer año, las campañas podrán ser trimestrales, totalizando 8 campañas como mínimo los primeros tres años.

Tabla 47. Cronograma y presupuesto de los estudios hidrodinámicos y morfodinámicos

Actividad	Primer año				Segundo año		Tercer año	
	Primer trimestre	Segundo trimestre	Tercer trimestre	Cuarto trimestre	Primer semestre	Segundo semestre	Primer semestre	Segundo semestre
Batimetrías	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000
Aforos	14.000	14.000	14.000	14.000	14.000	14.000	14.000	14.000
Asesoría hidráulica	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000

Actividad	Primer año				Segundo año		Tercer año	
	Primer trimestre	Segundo trimestre	Tercer trimestre	Cuarto trimestre	Primer semestre	Segundo semestre	Primer semestre	Segundo semestre
Asesoría morfodinámica	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500
Modelo, actualizar interpretar	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000
Cada campaña completa	53.500	53.500	53.500	53.500	53.500	53.500	53.500	53.500
Total								428.000*

(*) Valor expresado en dólares americanos

7.4.3 Sub-Programa de Calidad de agua y sedimentos

Se propone la realización de dos campañas de monitoreo de la siguiente manera:

- Campaña 1: Inicio de obra (Mes 1) – Línea base Operativa
- Campaña 2: Final de obra (Mes 6) – Evaluación final

Tabla 48. Cronograma de monitoreo de calidad de agua y sedimentos

Actividad	Durante la obra						
	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7
Planificación y logística	X					X	
Muestreo de agua superficial	X					X	
Muestreo de sedimentos (Draga Van Veen)	X					X	
Análisis laboratoriales	X					X	
Obtención de los resultados laboratoriales		X					X
Elaboración y presentación del informe técnico		X					X

7.4.3.1 Costo estimado

Tabla 49. Presupuesto de monitoreo por campaña

Concepto	Costo Unitario (USD)
Personal técnico (6 profesionales)	3.000
Embarcación y logística de campo	1.500
Análisis laboratorio agua superficial	2.500
Análisis laboratorio sedimentos	2.500
Transporte, viáticos y materiales	1.000
Elaboración informe técnico con interpretación	2.000
Total por campaña	12.500 USD

Tabla 50. Presupuesto de monitoreo de calidad de agua y sedimentos

Concepto	Monto (USD)
Campaña 1	12.500
Campaña 2	12.500
Total general	25.000 USD

Los montos establecidos corresponden a montos referenciales.

7.5 PROGRAMA DE MONITOREO DE BIODIVERSIDAD

El presente Programa de Monitoreo de Biodiversidad se fundamenta en la necesidad de evaluar la respuesta ecosistémica del brazo Liguria, en la margen izquierda del río Paraguay en la zona de Paso Bermejo, departamento de Ñeembucú. Esta área, es de alta sensibilidad ecológica por su ubicación en la zona de influencia de humedales del Chaco Húmedo, al ser objeto de una intervención de dragado requiere un seguimiento técnico sistemático para garantizar la recuperación de sus funciones biológicas. La base científica de este plan sería la Evaluación Ecológica Rápida (EER) realizada previamente como línea de base, la que permitió identificar la composición taxonómica, la presencia de especies indicadoras y el estado de conservación de los hábitats acuáticos y riparios antes de la obra.

Este monitoreo está diseñado para comparar los indicadores con los datos obtenidos en dicha evaluación, y recolonización y detectar posibles alteraciones en la estructura de las comunidades biológicas. La frecuencia de monitoreo propuesta con frecuencia semestral, se fundamenta en la teoría del Pulso de Inundación de Junk *et al*, 1989, que demuestra que la estructura de las comunidades del río Paraguay varían según el nivel hidrométrico (Junk W.J., Bayley, P.B.&Sparks, R.E., 1989).

7.5.1 Objetivo

Objetivo General

Evaluar el estado de recuperación y la dinámica temporal de las comunidades de flora, fauna, ictioplancton y macroinvertebrados en el brazo Liguria (Paso Bermejo), comparando los datos obtenidos con la línea de base de la EER para garantizar la integridad ecológica del sistema post-dragado.

Objetivos Específicos

- Verificar la recolonización de hábitats para evaluar la Funcionalidad del Corredor Biológico, para determinar si el Brazo Liguria mantiene su rol como zona de refugio y engorde para el ictioplancton y la fauna íctica proveniente del canal principal del río Paraguay tras la alteración morfológica.
- Identificar cambios en la riqueza y abundancia de la fauna y flora asociados a los pulsos hídricos del río Paraguay.
- Supervisar que la vegetación de ribera cumpla su función de control de erosión y filtro de sedimentos, evitando la degradación del paisaje en el área de Paso Bermejo.
- Detectar la posible aparición de especies invasoras o cambios críticos en la calidad del agua que puedan comprometer la biodiversidad local, permitiendo la toma de decisiones correctivas inmediatas.

7.5.2 Justificación Técnica

La estructura del programa se fundamenta en el concepto del pulso de Inundación determinado por Junk *et al.*, 1989, el cual establece que la dinámica biológica de los grandes ríos con llanuras de inundación, como el río Paraguay, está regida por las variaciones estacionales del nivel hidrométrico. De acuerdo con Neiff, 1990, citado por Casco, la alternancia entre las fases de Potamofase o aguas altas y Limnofase o aguas bajas, determina los ciclos de vida en el sistema hídrico, por lo que un monitoreo con frecuencia estacional es el método capaz de capturar la variabilidad de las jerarquías de biodiversidad ante la perturbación física del dragado (Casco & Neiff, 2005).

Según se menciona en Chediak, 2009, el seguimiento sistemático de variables biológicas permite a los que gestionan los recursos naturales, diseñan políticas públicas y a los científicos y especialistas responder preguntas puntuales (Chediack Sandra E., 2009).

7.5.3 Metodología de trabajo

El trabajo de campo se desarrollará en 2 momentos cada año, mediante campañas estacionales de mínimo 3 días de duración, post intervención antrópica. En cada campaña se realizará una exploración de la situación del sitio de estudio para verificar su estado; se seleccionarán los sitios de muestreo y puntos de observación de fauna y flora relevantes. La selección de sitios dependerá de la naturaleza, el patrón y la extensión del hábitat, así como de la cantidad, el tamaño y la distribución de las poblaciones existentes al momento del estudio.

7.5.3.1 Vegetación

Para monitoreo de hábitats y comunidades vegetales se realizarán muestreos, seleccionando una parte de los diferentes hábitats del recorrido del tramo de estudio que tengan influencia directa. Se tendrán en cuenta como indicadores, densidad, endemismo o especies propias de la zona, especies amenazadas o en peligro, especies invasoras, tipos de suelo, actividades humanas no sostenibles, entre otros. El objetivo es ver la modificación o no de los bosques en galería y su respuesta a la perturbación producida por el dragado. El brazo Liguria presenta una morfología asimétrica que define su ecología. En los aproximadamente 3 km de extensión y 50 m de ancho (promedio visual), se observan dos realidades opuestas, hacia una de los márgenes, la vegetación se presenta como una pared compacta, aquí dominan especies de ecosistema de baja altura, pero de buena densidad y en la orilla opuesta es una isla delgada que separa el Liguria del curso principal del río Paraguay, con una vegetación predominante de pastizales.

7.5.3.2 Ictiofauna

Para monitoreo de peces se realizarán muestreos en varios puntos del sitio de estudio. Para este taxón se utilizarán redes de arrastre y tarrafas para los muestreos, trampas y un recorrido en embarcación. Las especies colectadas se fotografiarán in situ con georreferenciación para su localización, y los especímenes serán devueltos luego de fotografiarlos para su identificación posterior en laboratorio. Eventualmente, se realizarán entrevistas a pescadores de la zona para complementar y actualizar los datos de la diversidad íctica con sus aportes.

Con los resultados del monitoreo se realizarán comparaciones bibliográficas y con la línea de base de la zona y se elaborará un registro de las especies que se encuentren, estos resultados serán presentados en una tabla Excel, indicando fecha del monitoreo, ubicación con coordenadas, especie: nombre común y científico, registro fotográfico, estado de madurez, criterios de importancia y cualquier otro dato relevante en observaciones. Los criterios para la determinación de especies importantes para la diversidad se basan en:

- a. especies endémicas,
- b. especies amenazadas,
- c. especies migratorias,
- d. especies de distribución restringida
- e. especies de importancia económica.

Para la categorización de amenazas, se emplearán las listas actualizadas de la UICN, CITES, Ley de Pesca N° 3.556/2008 y las Resoluciones MADES N° 2.242/2006, N° 2.243/2006 y N° 632/2017. En caso de que exista una actualización oficial de la lista de especies amenazadas, se utilizarán estas versiones. Se determinará la diversidad de las especies ícticas, y si existen zonas reproductivas.

7.5.3.3 Avifauna

Para el monitoreo de aves se utilizarán métodos sin captura, el de observación directa por transecto y el método por puntos de conteo, considerando que son métodos que se ajustan al propósito de este estudio. Ambos métodos consisten en búsqueda de aves por área determinada. El de transectos consiste en recorrer una distancia en una dirección determinada en el hábitat o sitio registrando todos los ejemplares de aves observados, siendo el punto y la dirección de partida seleccionados al azar. El método de puntos de conteo consiste en la observación de aves en puntos de observación predeterminados y estáticos, con tiempos definidos, en el cual se registran las aves visibles y/o audibles dentro de un área circular, donde se busca y se registran las aves en un tiempo estandarizado; en este caso por éste método se seleccionarán puntos con cuerpos de agua, zonas abiertas sin vegetación, zonas con vegetación y humedales, donde se observarán por un tiempo estimado de 20 a 30 minutos tomando nota del sitio donde sean localizadas.

La clasificación de aves se hará en base a los hábitats habituales de las especies, y en cuanto a alimentación, nidificación, y sus hábitos de comportamiento de acuerdo con las descripciones hechas en la guía de aves del Paraguay (Narosky T. H. Castillo y R. P. Clay. Guyra Paraguay. Vazquez Mancini, , 2022). Las determinaciones de las especies serán hechas por la experiencia y familiaridad con las aves posadas y en vuelo, y con textos de guías de aves especializados, con los que serán verificadas a través de las fotografías fechadas, además de registro de sonidos utilizando la aplicación Merlin Bird de The Cornell Lab.

7.5.3.4 Fauna terrestre (herpetofauna y mastofauna)

El monitoreo de la fauna terrestre será por medio de relevamientos por avistamientos o encuentros visuales, durante caminatas y recorridas a través de un área o hábitat definido ya sea a lo largo de transectos, en un punto determinado, a lo largo de cursos de agua o alrededor de aguadas y/o tajamares. Para determinar la presencia de los individuos será por el método de observación directa del animal o por búsqueda de indicios de la presencia de animal en el lugar como huellas, restos de mudas de serpientes, cuevas, restos y parte del cuerpo de un individuo entre otros. Para el método de observación directa se seleccionarán puntos de hábitats frecuentes, que se realizarán en horario diurno y nocturno. Los puntos de observación y registro fotográfico se recogerán con Cámara GPS y localizados en un mapa durante la campaña. Para la identificación se utilizarán guías de identificación especializadas. Las especies que sean registradas serán determinadas si son amenazados de extinción o en peligro, según la lista roja de la UICN para cada taxón, o si hubiere según la lista MADES.

7.5.3.5 Macroinvertebrados

Se tomarán muestras de sedimentos del tramo utilizando redes de mano, inspeccionando diversos microhábitats con movimientos de barrido o remoción y luego transferir al recipiente indicado para su traslado a laboratorio. En simultáneo, en cada campaña se tomarán in situ la temperatura del agua, pH, conectividad y transparencia.

7.5.4 Sitios de observación y muestreo

La selección de las zonas de observación y muestreo serán seleccionadas teniendo en cuenta:

Accesibilidad: los sitios de observación o de muestreo deben estar en un lugar fácilmente accesible con las vías de acceso vehicular y peatonal que sean necesarias.

Representatividad: los sitios deben ser lo más representativo posible de las características totales de los ecosistemas

Seguridad: los puntos seleccionados, sus alrededores y las condiciones meteorológicas deben garantizar la seguridad de las personas responsables del monitoreo, minimizando los riesgos de accidentes y de lesiones personales, por lo que se tomarán todas las precauciones utilizando los equipos de seguridad y de protección personal necesarios.

7.5.5 Cronograma de monitoreo de biodiversidad

Objetivo Técnico

Año 1. Semestral: 2 campañas para capturar la variabilidad estacional post-impacto y hacer seguimiento de la resiliencia en periodos críticos.

Año 2. Semestral: 2 campañas para la validación de la estabilidad y cierre del plan.

7.5.5.1 Primer año

Frecuencia: Semestral (2 campañas)

El objetivo es documentar la velocidad de recolonización tras el impacto directo del dragado. El cronograma sugerido es el siguiente pudiendo variar el inicio dependiendo de la finalización de las obras en cualquiera de las estaciones.

Tabla 51. Monitoreo de biodiversidad primer año

Mes	Fase Hidrológica	Objetivo
Junio	Aguas Altas	Evaluación de la estabilidad de taludes (Flora) tras un ciclo anual completo y situación de la fauna en general
Diciembre	Aguas Bajas	Situación de la fauna y la flora y Monitoreo de la biodiversidad bentónica (Macroinvertebrados) consolidada.

7.5.5.2 Segundo año

Tabla 52. Monitoreo de biodiversidad tercer año

Mes	Fase Hidrológica	Objetivo
Junio	Aguas Altas	Monitoreo de Fauna y Flora Verificación final de la funcionalidad del corredor biológico.
Diciembre	Aguas Bajas	Monitoreo de Fauna y Flora Cierre de Ciclo: Informe Final de Impacto y Recuperación Post-Dragado.

7.5.6 Costo estimativo

El presupuesto por cada campaña es de Gs. 44.000.000 que incluye los costos operativos de las actividades de campo y gabinete.

Tabla 53. Presupuesto de monitoreo de biodiversidad

Descripción	Año 1	Año 2
Monitoreo de biodiversidad	2 campañas al año	2 campañas al año
Total	Gs. 88.000.000	Gs. 88.000.000

7.6 PROGRAMA DE GESTIÓN SOCIAL Y CULTURAL

Para la implementación del plan de gestión social, se tendrá un primer periodo de planificación, para articular todos los programas propuestos.

- Sub-Programa de adquisición de terrenos y bienes afectados
- Sub-Programa de comunicación y participación social
- Sub-Programa de atención a consultas, quejas y reclamos
- Sub-Programa de apoyo a pescadores
- Sub-Programa de capacitación a trabajadores y obreros
- Sub-Programa de hallazgos fortuitos del patrimonio cultural

A continuación, se presenta el objetivo de cada uno de los programas, el grupo meta, las etapas, actividades, a que impacto responde, quienes son los responsables de la ejecución, el cronograma y presupuesto estimativo.

- Implementación de un Plan de Comunicación y Participación Social

Definir estrategias, canales, frecuencia de comunicación y responsables. El objetivo es mantener informada a la comunidad sobre el cronograma de dragado, riesgos, medidas de mitigación y beneficios.

- Realización de mesas de diálogo con las tres organizaciones

Programar las operaciones de dragado considerando los momentos de mayor actividad pesquera para reducir la afectación de ingresos y garantizar el acceso a zonas alternativas.

Establecer reuniones periódicas con los líderes de cada organización para coordinar actividades, recibir retroalimentación y resolver conflictos.

En base al diagnóstico socio económico implementado a los pescadores se recomienda una compensación económica temporal proporcional a la pérdida de ingresos, entrega de equipos de pesca (redes, cañas, espineles) y paneles solares domiciliarios para mejorar la calidad de vida de los pescadores afectados (los pescadores relataron que contaban con paneles solares en la zona de la Isla Ybycu'i, para la iluminación y conexión de aparatos menores)

- Coordinación y comunicación de los trabajos de dragado en los horarios de pesca

Definición de criterio de compensación. Cabe resaltar que el total de pescadores entrevistados mencionaron con énfasis a la indemnización monetaria como único método de compensación.

7.6.1 Sub-Programa de adquisición de terrenos y bienes afectados

El Programa de Adquisición de Terrenos es un instrumento de gestión predial y legal orientado a asegurar, de forma ordenada y anticipada, toda la superficie necesaria para la ejecución de la obra en el paso definido. Se basa en la información dominial, catastral y de mercado disponible para los padrones involucrados y propone una estrategia de negociación gradual con propietarios formales, utilizando como referencia rangos de valor de mercado coherentes con la realidad local y con operaciones comparables. Este programa busca reducir riesgos de conflicto, demoras en el inicio de obras y sobrecostos, a través de la contratación de personas especializadas para la negociación, la definición de figuras jurídicas adecuadas (compra, u otras formas) y la formalización rigurosa de todos los actos en los registros competentes.

7.6.1.1 Objetivos

- Asegurar la disponibilidad oportuna de la franja de terreno necesaria para la obra (aprox. 100 m o, alternativamente, la superficie de la margen derecha) mediante acuerdos voluntarios, evitando en lo posible procesos de expropiación.

- Minimizar conflictos legales y sociales derivados de la adquisición de inmuebles situados en el paso Bermejo y afectados por normativa específica de propiedad.
- Optimizar los costos de adquisición utilizando criterios de valoración consistentes con valores fiscales y de mercado en la zona de Pilar y alrededores.

7.6.1.2 Metas

- Formalizar acuerdos de adquisición (compra u otras figuras) sobre el 100% de la superficie prioritaria para el proyecto.
- Lograr que al menos el 80% de las operaciones se realicen vía negociación directa con propietarios, sin recurrir a expropiación.
- Mantener los costos de adquisición dentro de una banda de 60–75 millones Gs/ha, ajustada según condiciones particulares de cada inmueble (frente fluvial, usos, restricciones, etc.).

7.6.1.3 Tipo de medida y actividades a desarrollar

Medida: Medida de gestión predial y legal, de carácter preventivo y compensatorio.

Actividades principales:

Levantamiento y actualización de información:

- Validar situación dominial, gravámenes y restricciones de los padrones y revisión de la situación en registros públicos.
- Actualizar avalúos fiscales y estimaciones de valor de mercado, usando como referencia la relación valor fiscal/mercado identificada (1–2% del valor real, y banda de 60–75 millones Gs/ha en el área de Pilar).

Diseño de la estrategia de adquisición:

- Definir si se opta por: compra de la totalidad de la margen derecha (aprox. 130 ha) o compra estricta de la franja mínima (4–8 ha), considerando costo-beneficio y riesgos de expropiación.
- Determinar figuras jurídicas posibles: compra plena, cesión de uso, entre otras.

Negociación a través de tercero especializado:

- Contratar una consultora u organización intermediaria para iniciar negociaciones, tal como se recomienda para evitar encarecimiento por percepción de gran capacidad de pago o de capital extranjero.
- Preparar propuestas de compra con rangos de precios basados en la metodología de valoración del informe (valor fiscal como base, ajuste según % respecto al mercado).

Trámites registrales y legales:

- Gestionar rectificaciones de plano, mensuras y aclaratorias cuando sean necesarias.

- Asegurar inscripción oportuna de los actos en la Dirección de Registros Públicos y en el Servicio Nacional de Catastro.

Gestión de escenarios de expropiación:

- Preparar, como última ratio, un proyecto de ley de expropiación para la fracción mínima indispensable, identificando previamente los riesgos de litigios por precio.

7.6.1.4 Responsable de la ejecución

- Empresa LHG.
- Consultora especializada en gestión de tierras y negociación (tercero propuesto para iniciar compras).
- Equipo legal registral (abogados especializados en dominio, sucesiones y expropiaciones).
- Asesoría técnica en valoración inmobiliaria.

7.6.1.5 Indicadores:

- Porcentaje de superficie prioritaria adquirida vs. total requerida.
- Número de acuerdos firmados vs. intentos de negociación.
- Número de litigios abiertos por desacuerdos de precio o dominio.
- Costo promedio por hectárea vs. rango previsto en el estudio.
- Reporte mensual de avance predial con mapa de progreso (franjas adquiridas, en negociación y pendientes).
- Revisión jurídica de la situación de cada padrón.

7.6.1.6 Cronograma

Tabla 54. Cronograma del programa

Actividad	Pre constructiva	Constructiva	
	M 1	M 2	M 3
- Revisión y actualización de toda la información dominial y catastral de los padrones involucrados. - Verificación de gravámenes y situación sucesoria donde corresponda. - Actualización de avalúos fiscales y definición de rangos de valor de mercado de referencia por hectárea, diferenciando fracción con frente fluvial y fracción interior. - Definición de la estrategia de adquisición: compra de franja mínima vs. compra de margen derecha/isla; definición preliminar de figuras jurídicas (compra, servidumbres, otros).	X		

Actividad	Pre constructiva	Constructiva	
	M 1	M 2	M 3
- Contratación o formalización del equipo/consultora negociadora y del equipo legal de apoyo. - Elaboración de modelos de propuesta económica y de minutas de contratos. - Primera ronda de acercamientos y reuniones con propietarios. - Identificación temprana de casos sensibles (por precio, conflictos internos, sucesiones) y de posibles "cuellos de botella" para la obra.		X	
- Segunda ronda de negociación con foco en la franja crítica para el inicio de obras (tramos prioritarios). - Cierre de preacuerdos o cartas de intención/boletos/contratos de promesa de venta para los padrones y superficies indispensables para la primera etapa constructiva. - Inicio de trámites registrales y de catastro para formalizar los acuerdos logrados (presentación en Registros Públicos y Catastro). - Identificación de los casos donde, si no hay avances, podría ser necesario considerar la vía de expropiación en una etapa posterior (sin activarla aún, solo mapeando riesgos).			X

7.6.1.7 Cuantificación y costos

- Costos de adquisición de inmuebles

Estimación de valor de mercado entre 60–75 millones Gs/ha, pudiendo alcanzar valores mayores en fracciones con frente fluvial o segmentadas.

Para una adquisición de 130 ha en margen derecha, el rango de costo directo se ubicaría aproximadamente entre 7.800 y 9.750 millones Gs, sin incluir costos transaccionales.

- Costos de gestión

Honorarios de consultora intermediaria en negociación (porcentaje sobre valor de cierre o tarifa fija más éxito).

Honorarios de abogados, escribanos y peritos valuadores.

Costos de mensura, rectificación de planos y trámites registrales.

- Costos contingentes

Reservas para eventuales litigios o compensaciones adicionales en caso de expropiación.

7.6.2 Sub-Programa de comunicación

La Gestión de la comunicación para el Programa de Gestión Social (PGS) se centra en un conjunto de estrategias y acciones delineadas para garantizar que toda la información relevante sobre el proyecto sea compartida de manera transparente con todas las partes involucradas, incentivando la participación activa con las comunidades locales y otros actores clave en la toma de decisiones, garantizando de esta manera la comprensión efectiva del proyecto y sus impactos, a fin de prevenir conflictos y asegurar su implementación exitosa.

7.6.2.1 Objetivos

- Desarrollar e implementar una estrategia de comunicación participativa y efectiva, proporcionando información certera, relevante y oportuna sobre el proceso del proyecto, de manera que llegue a todos los públicos relevantes de forma comprensible.
- Informar de modo objetivo y oportuna todas las etapas, acciones y alcances del proyecto a fin de mitigar posibles conflictos sociales derivados de la desinformación, haciendo que la población afectada esté debidamente informada.
- Gestionar de forma anticipada los impactos negativos del proyecto para prevenir y minimizar conflictos socioambientales a través de una comunicación adecuada.
- Resaltar los beneficios del proyecto para la comunidad a través de una difusión proactiva y positiva de sus impactos favorables.

7.6.2.2 Metas

El público objetivo incluye:

- *Comunidades locales:* Residentes en el área de influencia directa del proyecto, quienes potencialmente pueden experimentar cambios en sus rutinas diarias, costumbres y relaciones con el entorno.
- *Autoridades institucionales:* Autoridades nacionales, ministeriales y municipales involucradas en la supervisión y regulación del proyecto.
- *Ciudadanía en general:* Todos aquellos que pueden beneficiarse indirectamente del proyecto y necesitan estar informados sobre su progreso y beneficios.

7.6.2.3 Etapas

Primera Etapa: Previa al inicio de la intervención

Consensuar acciones previas con la comunidad: Consultas y reuniones con la población local del área de influencia directa, con el propósito de explicar las implicaciones del proyecto, posibles impactos socioambientales y los beneficios esperados. Se fomentará el diálogo para abordar las preocupaciones y expectativas de los actores locales. En este punto es importante considerar que la metodología de comunicación con la comunidad deberá ser en forma interactiva con materiales audio visuales en el lenguaje cotidiano a la comunidad.

Segunda Etapa: Durante la intervención

Comunicación continua sobre las actividades: Mantener informada a la comunidad sobre cada fase del trabajo dentro del proyecto, detallando las acciones realizadas, posibles impactos socio ambientales y las medidas de mitigación implementadas.

Gestión de problemas y desafíos: Se comunicarán abiertamente los desafíos que puedan surgir durante la intervención, junto con las estrategias adoptadas para resolverlos. Se establecerán canales de comunicación (programa de atención a consultas, quejas y reclamos) para recibir retroalimentación y responder a las inquietudes de la comunidad de manera efectiva.

Tercera Etapa: Después de la culminación de la intervención

Participación y seguimiento post intervención: Se involucrará a todas las partes interesadas antes y durante la ejecución del proyecto para evaluar los resultados y discutir los impactos observados. Se proporcionará información sobre las nuevas condiciones del río y cualquier cambio en la dinámica local.

Evaluación de impacto y lecciones aprendidas: Se realizará una evaluación final para medir el impacto de la intervención en la comunidad y el medio ambiente. Se identificarán lecciones aprendidas y se propondrán recomendaciones para futuras intervenciones similares.

7.6.2.4 Tipo de medida y actividades

Para el proyecto de Adecuación del brazo Liguria para la navegación, margen izquierda del río Paraguay, en el paso Bermejo, las medidas y actividades a desarrollar, considerando los tipos de público definidos anteriormente, serán las siguientes:

i. Contratación de un Consultor en Comunicación y equipo de trabajo

Contratar a un Consultor en comunicación con equipo de trabajo con experiencia en proyectos socioambientales, familiarizado con el contexto del proyecto; navegación, obras de excavación y dragado, en el río Paraguay y en el paso Bermejo.

El Consultor y su equipo serán responsable de diseñar y ejecutar la estrategia de comunicación integral del proyecto, asegurando que todas las acciones estén alineadas con los objetivos del proyecto y las expectativas de las partes interesadas.

ii. Elaboración del Plan de Comunicación General

Desarrollar un Plan de Comunicación detallado que incluya:

- Estrategia general de comunicación, destacando los objetivos específicos del proyecto y los mensajes clave a transmitir.
- Programas específicos de comunicación que aborden las diferentes etapas del proyecto de intervención de fondos duros.

- Enfoque de comunicación adaptado a cada tipo de público identificado (institucional, sector naviero, comunidades locales y ciudadanía en general).

iii. Elaboración de un Plan de Comunicación de Crisis

Se deben considerar los sucesos mediáticos y las crisis comunicacionales que se han instalado en otros pasos, como ejemplo y principalmente el paso de Ita Pyta Punta; por lo cual se recomienda la implementación de un plan de comunicación de crisis, para salvaguardar la reputación de los involucrados en el proyecto en una zona como el paso Bermejo que ha sido objeto de publicaciones permanentes en los medios de prensa.

Adoptar un enfoque proactivo en la gestión de la comunicación, anticipando posibles desinformaciones y problemas. Desarrollar estrategias para contrarrestar rumores o desinformaciones, garantizando que los mensajes correctos lleguen de manera efectiva a la audiencia. Además, estar preparado para responder rápidamente a cualquier inquietud o controversia que pueda surgir, para lo cual se evaluará la necesidad de designación de voceros.

7.6.2.5 Partes interesadas

- Identificar y mapear a todas las partes interesadas en el proyecto.
- Evaluar el nivel de involucramiento de cada actor y su influencia en el desarrollo y éxito del proyecto.
- Establecer estrategias y canales de comunicación adecuados para cada grupo de interés, asegurando una interacción efectiva y colaborativa durante todas las etapas del proyecto.

Comunicación Institucional

- Proporcionar información detallada y técnica sobre los aspectos específicos del proyecto que son relevantes a las autoridades nacionales, ministeriales, gubernamentales y municipales.
- Presentar los estudios realizados; ambientales, sociales y económicos de manera clara y accesible, resaltando los beneficios esperados y las medidas de mitigación implementadas.
- Organizar reuniones con las autoridades relevantes para discutir el progreso del proyecto, los desafíos encontrados y las soluciones propuestas.
- Establecer un diálogo abierto y constructivo para abordar inquietudes y obtener retroalimentación sobre las decisiones y acciones tomadas.
- Incluir a las autoridades institucionales en los procesos de toma de decisiones relacionados con el proyecto, asegurando que estén informadas y puedan contribuir con su experiencia y conocimiento.

- Comunicar de manera efectiva los impactos ambientales, sociales y económicos del proyecto, así como los beneficios esperados para la comunidad y el desarrollo regional.
- Destacar la importancia del proyecto en términos de mejora de infraestructura fluvial, navegación y transporte para fortalecer la economía local.
- Proporcionar informes regulares y accesibles sobre el avance del proyecto, el uso de recursos y el cumplimiento de los compromisos adquiridos.
- Establecer comunicación efectiva con el Ministerio de Relaciones Exteriores ante los trabajos en la parte operativa en relación con las aguas compartidas teniendo en cuenta la cercanía.

Comunidades locales

- Para las comunidades locales, del área de influencia del proyecto, la comunicación debe ser sensible, participativa y adaptada a las particularidades culturales y sociales de cada grupo.
- Facilitar espacios de diálogo donde las comunidades locales y líderes puedan expresar sus preocupaciones, expectativas y necesidades relacionadas con el proyecto.
- Realizar consultas comunitarias para asegurar que las inquietudes de todas las partes interesadas sean escuchadas y consideradas en las decisiones del proyecto.
- Utilizar medios de comunicación locales y tradicionales, como radio comunitaria, redes sociales y reuniones públicas, para difundir información relevante sobre el proyecto (solo en caso de necesidad).
- Mantener una comunicación abierta y transparente sobre el progreso del proyecto, los desafíos encontrados y las medidas tomadas para abordarlos.
- Socializar a través de los canales adecuados de comunicación las medidas tomadas para la mitigación de los impactos sociales y ambientales del proyecto.

Comunicación pública

- Implementar un componente de comunicación pública dirigido a la ciudadanía en general, utilizando diversos medios: impresos, digitales, audiovisuales y otros.
- Mantener una comunicación constante y bidireccional para informar sobre el desarrollo y avance de las obras, gestionando expectativas y resolviendo dudas y/o preocupaciones de la población.
- Asegurar que la comunicación sea transparente, oportuna y accesible para todo el público objetivo, destacando las medidas adoptadas para mitigar los impactos socioambientales. La información debe ser clara y comprensible para evitar malentendidos.

7.6.2.6 Indicadores de cumplimiento

- Plan de comunicación aprobado por los ejecutores del Proyecto.
- Registros de todas las comunicaciones realizadas en redes sociales, radios locales, televisión y cualquier otro medio utilizado.

- Informes de gestión con sus registros correspondientes.

7.6.2.7 Cronograma del programa de comunicación

El siguiente cronograma propone el tiempo de ejecución de las principales actividades a ser realizadas.

Tabla 55. Cronograma del programa de comunicación

Actividad	Pre-constructiva			Etapa Constructiva						Etapa operativa		
	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
Contratación de un Consultor en comunicación y equipo de trabajo.	X											
Elaboración del Plan de Comunicación	X	X										
Identificar y mapear a todas las partes interesadas en el proyecto			X									
Implementar un componente de comunicación pública dirigido a la ciudadanía en general			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Publicar informes y actualizaciones sobre el impacto del proyecto en la navegación y logística fluvial				X			X			X	X	
Socializar a través de los canales adecuados de comunicación las medidas tomadas para la mitigación de los impactos sociales y ambientales del proyecto.				X			X			X	X	

7.6.2.8 Costos estimativos

Recursos humanos requeridos:

- Consultor en Comunicación y equipo de trabajo
- Especialista social contratación de medio tiempo
- El costo estimado es de USD 40.000 dólares americanos

7.6.3 Sub-Programa de atención a consultas, quejas y reclamos

El Sub-Programa de Atención a Consultas, Quejas y Reclamos es un mecanismo diseñado para gestionar y resolver las preocupaciones, insatisfacciones y demandas que pudieran surgir en torno a la ejecución del proyecto. Busca asegurar que las comunidades afectadas y otras partes interesadas puedan expresar sus inquietudes y recibir respuestas adecuadas, contribuyendo a la mejora continua del proceso y al fortalecimiento de la relación entre los implementadores del proyecto y la comunidad.

7.6.3.1 Objetivo

- Establecer un mecanismo efectivo para recibir consultas, quejas y reclamos durante todas las etapas del proyecto.
- Priorizar y responder rápidamente a los reclamos de alta urgencia para prevenir conflictos mayores.
- Generar confianza y promover la participación de la población afectada en el desarrollo del proyecto.

7.6.3.2 Metas

El sub-programa deberá ejecutarse durante todo el proceso de desarrollo de las obras. Además, se deberán establecer estrategias de acción para dar seguimiento a las quejas y reclamos realizados por la población afectada, fijando medidas y acciones a ser implementadas para mitigar los impactos que pudieran generarse a consecuencia de la obra.

7.6.3.3 Etapas

- Etapa pre constructiva
- Etapa constructiva
- Etapa de operación

7.6.3.4 Medidas y actividades

- Contratación de personal capacitado para la atención del mecanismo propuesto en el centro de atención y a través de los canales habilitados, considerando la experiencia del profesional con comunidades vulnerables.
- Instalación de una oficina física accesible al usuario, implementar y promover líneas telefónicas, correos electrónicos y plataformas digital para recibir consultas, quejas y reclamos.
- Socialización del mecanismo de atención con la población local, y ciudadanía en general.
- Elaborar una herramienta (ficha de reclamo) para la recepción de consultas, quejas y reclamos que deberá ser aprobado por el Ejecutor del Proyecto.
- Todas las consultas, quejas y reclamos recibidos a través de los canales disponibles deberán ser sistematizados en una base de datos digital. Esta planilla digital permitirá

mantener la información actualizada, facilitando el seguimiento y la verificación del estado de cada caso para asegurar que se haya atendido y resuelto adecuadamente.

- Priorización y categorización de los reclamos según su urgencia para una gestión eficiente y rápida, considerando que las intervenciones cortas requieren respuestas rápidas.
- Las consultas, quejas y reclamos serán gestionados inicialmente por la empresa contratista. En caso necesario, los reclamos serán trasladados al ejecutor del proyecto para su resolución.
- Establecer tiempos de respuesta claros y específicos para cada tipo de reclamo, asegurando que todos sean resueltos de manera oportuna. Dependiendo de la seriedad del reclamo, ajustar el plazo de resolución para asegurar una respuesta rápida.
- Establecimiento de un sistema de monitoreo y evaluación para revisar regularmente la efectividad del programa y realizar los ajustes según sea necesario.

7.6.3.5 Indicadores de cumplimiento

- Planillas de sistematización en las que conste la cantidad de consultas, quejas y reclamos recibidos y resueltos.
- Actas de visitas, actas de acuerdos y de resolución de reclamos y otras que ayuden a dar seguimiento en el marco de ejecución del Sub-Programa.
- Informes de gestión.

7.6.3.6 Cronograma

Tabla 56. Cronograma del programa de atención a consultas, quejas y reclamos

Actividad	Inicio	Etapas de Construcción						Etapas de operación	
	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9
Contratación de personal capacitado para la atención del mecanismo propuesto		X							
Instalación de una oficina física accesible al usuario, implementar y promover líneas telefónicas, correos electrónicos y plataformas digitales			X						
Socialización del mecanismo de atención con la población local, y ciudadanía en general.		X	X	X					
Elaborar una herramienta (ficha de reclamo) para la recepción de consultas, quejas y reclamos		X							
Sistematización de las consultas, quejas y reclamos recibidos en una base de datos			X	X	X	X	X		

Actividad	Inicio	Etapas de Construcción						Etapas de operación	
	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9
digital									
Informe de gestión final							X		

7.6.3.7 Costos estimativos

Recursos humanos requeridos:

- Especialista social de medio tiempo
- Un técnico social de tiempo completo
- El costo estimado es de USD 18.000 dólares

7.6.3.8 Indicadores de medición de conflicto

Como indicadores para conocer el nivel de conflicto en la zona, se realizará el monitoreo como se establece en la siguiente tabla.

Tabla 57. Indicadores de consultas, quejas y reclamos y de satisfacción comunitaria

Indicador	Método	Frecuencia	Responsable
Número de consultas quejas y reclamos registrados	Registro en planillas, fichas de consultas quejas y reclamos	Mensual	Equipo Social
Nivel de satisfacción comunitaria con relación al proyecto	Entrevistas	Trimestral	Equipo Social

7.6.4 Sub-Programa de apoyo a pescadores

El Sub-Programa de Apoyo a Pescadores está orientado para mitigar los impactos económicos negativos en la actividad pesquera durante la ejecución del proyecto mediante un tipo de asistencia u compensación, a los pescadores afectados, a fin de asegurar la continuidad de su actividad sin interrupciones significativas que afecten su medio económico de subsistencia.

7.6.4.1 Objetivos

Apoyar a los pescadores asociados durante la etapa de ejecución del proyecto para mitigar los impactos negativos en su actividad económica.

7.6.4.2 Metas

- Proporcionar un tipo de compensación a ser definido, a los pescadores afectados por la intervención del proyecto, asegurando que puedan continuar con su actividad pesquera sin interrupciones significativas.
- Garantizar que la compensación se realice de manera oportuna y adecuada según los criterios a ser establecidos.

7.6.4.3 Etapas

Eta de construcción.

7.6.4.4 Población elegible

- Los beneficiarios deben tener como actividad económica principal la pesca y contar con registro de pesca al día expedido por el MADES.
- Todos los beneficiarios deben estar plenamente identificados, estar en la nómina vigente de cada una de las asociaciones que se encuentran registradas en el MADES y con vigencia en el año 2025, en el área de influencia del proyecto. (Se debe actualizar la cantidad de asociaciones registradas con relación a las mencionadas en este documento, ya que el MADES actualiza su base de datos en el mes de agosto de cada año).
- Los beneficiarios deberán presentar documentación que incluya: documento de identidad, estar incluido en la nómina de las asociaciones de pescadores identificadas en el área de influencia, y una declaración jurada que confirme que la pesca constituye su principal actividad económica familiar.
- Para ser elegible, la persona beneficiaria no deberá ser funcionario público, funcionario municipal, funcionario de entes, descentralizado o empleado de una empresa privada (ser titular del Instituto de Previsión Social).

Observación: Los pescadores que no pertenezcan a ninguna asociación reconocida por el MADES, que practiquen la pesca de manera ocasional o la realicen como una actividad secundaria, o quienes realicen la pesca únicamente para subsistencia y no para su comercialización, no estarán cubiertos por este programa, debido a que no cuentan con la documentación necesaria que demuestre que la pesca es su actividad económica principal, por lo tanto, no serán elegibles para recibir beneficios del proyecto.

7.6.4.5 Tipo de medida y actividades

Al inicio, se deberá identificar a los pescadores que pertenecen a asociaciones reconocidas por el MADES y que operan en el área de influencia del proyecto. Como se ha mencionado anteriormente se deberá solicitar al MADES la lista de asociaciones vigentes en el tiempo de ejecución del proyecto.

7.6.4.6 Monitoreo para el cumplimiento de la medida

- Nómina de pescadores registrados en el MADES por asociación beneficiaria.
- Planilla de pagos realizados en concepto de apoyo a pescadores.
- Actas de entrega del apoyo económico firmadas por los beneficiarios.
- Informe del cumplimiento de la medida.
- El cumplimiento de la medida deberá ser comunicado al MADES.

7.6.4.7 Costos estimativos

Costo estimado considerando los 6 meses de trabajo: USD 353.552 dólares americanos.

Tabla 58. Cuantificación de costos del programa de apoyo a pesadores

Distrito	Nombre de la Asociación	Cantidad de Asociados	Monto por pescador	Monto total x 1 mes (Gs)	Monto total x 6 meses (Gs)
Pilar	Sindicatos de Pescadores de Ñeembucú	230	Gs. 1.200.000	276.000.000	1.656.000.000
	Asociación de Pescadores Comerciales y Afines de Pilar	72	Gs. 1.200.000	86.400.000	518.400.000
	Comité de Pescadores de Pilar	27	Gs. 1.200.000	32.400.000	194.400.000
Total		329		Gs. 394.800.000	Gs. 2.368.800.000

7.6.5 Sub-Programa de capacitación a trabajadores y obreros

El Sub-Programa de Capacitación a Trabajadores y Obreros tiene como objetivo fortalecer y promover las competencias, conocimientos y prácticas laborales del personal involucrado en la ejecución del proyecto, durante los trabajos en campo garantizando el cumplimiento de normas técnicas, de seguridad, ambientales y sociales, así como fomentando una cultura de responsabilidad social y respeto hacia comunidad y su entorno.

7.6.5.1 Objetivos

- Capacitar a los trabajadores y obreros en medidas de seguridad laboral con charlas y cursos de prevención de riesgos durante todas las etapas del proyecto.
- Promover buenas prácticas ambientales y sociales, respeto por la comunidad local y protección de ecosistemas acuáticos.
- Sensibilizar al personal sobre la importancia de la participación comunitaria y el respeto a los derechos de los residentes locales.

- Mejorar la eficiencia operativa y reducir incidentes que puedan generar conflictos o impactos negativos.

7.6.5.2 Cronograma

Durante la ejecución del proyecto.

Tabla 59. Cronograma de actividades del programa de capacitación

Actividad	Etapas de Construcción					
	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
Identificación de trabajadores y obreros a capacitar	X					
Elaboración del plan de capacitación	X	X				
Capacitación en Seguridad y Salud Ocupacional		X	X	X	X	
Capacitación en normas ambientales del proyecto		X				
Charlas de prevención de accidentes y primeros auxilios				X	X	
Refuerzo y capacitación a nuevo personal				X	X	
Informe final de gestión						X

7.6.5.3 Costos estimativos

Recursos humanos requeridos

- Especialista social de medio tiempo
- Un técnico social de tiempo completo
- El costo estimado es de USD 12.000 dólares

7.6.6 Sub-Programa de hallazgos fortuitos del patrimonio cultural

Establecer lineamientos técnicos, metodológicos y participativos para la identificación temprana, evaluación, gestión y mitigación de riesgos sobre el patrimonio cultural en obras de infraestructura, integrando salvaguardas que consideren valores arqueológicos, históricos, paisajísticos y bioculturales, conforme a normativas nacionales e instrumentos internacionales vigentes.

Un hallazgo fortuito (o casual) en arqueología es el descubrimiento de restos materiales, objetos o estructuras de valor histórico que ocurre de manera inesperada y sin planificación previa. A diferencia de una excavación científica autorizada, estos hallazgos suelen suceder durante actividades cotidianas como obras de infraestructura, labores agrícolas o simplemente al caminar por el campo.

Su activación se inicia con el hallazgo de forma inesperada de algún elemento cultural, y su procedimiento es obligatorio durante la obra, que incluye:

- Suspensión inmediata de las actividades en el área del hallazgo.
- Comunicación inmediata al responsable ambiental del proyecto y técnico competente en patrimonio cultural.
- Informar al Gerente de Proyecto.
- Señalización y protección del área para evitar alteraciones. Área restringida alrededor del hallazgo fortuito.
- Evaluación técnica preliminar de la entidad cultural encontrada. Arqueólogo y residente de obra. Si el hallazgo fortuito resultara ser un hallazgo aislado o no del patrimonio cultural, el arqueólogo autorizará el levantamiento de las medidas de protección del área y la reanudación de la actividad en la zona.
- Definición de medidas: rescate, preservación in situ o adecuación del diseño de la obra.
- Registro documental y reporte a la autoridad ambiental y cultural.

7.6.6.1 Instructivo para el llenado de Ficha de registro de Hallazgos fortuitos (objetos arqueológicos)

Este instructivo tiene como objetivo dar directrices para el levantamiento de información del sitio, su entorno, objetos/elementos arqueológicos, entre otros, de interés patrimonial. La información de las fichas posteriormente son procesadas, como evidencia material del comportamiento humano en las sociedades del pasado.

La estructura de la ficha de registro (Anexo) responde a los requerimientos de información de cada una de las etapas de estudio, de los objetos y bienes arqueológicos, encontrados de manera fortuita y/o en procesos de rescate y acompañamiento arqueológico. Su instructivo se muestra en el siguiente punto. Toda esta base de información forma parte del cuerpo del informe final.

DATOS DE IDENTIFICACIÓN (1):

Área destinada para recolectar la información técnica que permita la identificación del bien arqueológico. Está compuesta por los siguientes campos:

Bien cultural. (Vasija, cuenco, plato, muñecas, botellas, hebilla, rifle, entre otros)

Material. (Cerámica, loza, gres, piedra, madera, metal, vidrio, entre otros). Aunque pueda estar constituido por varios materiales, solo se registrará el que tenga mayor presencia en el objeto.

Período histórico. Se refiere a la temporalidad de la elaboración del bien. En este campo se colocará el siglo a que corresponde, para ubicar al bien cultural inventariado. Siglo XVI (1501-1600) – Siglo XVII (1601-1700) – Siglo XVIII (1701-1800) – Siglo XIX (1801-1900) – Siglo XX (1901-2000)

Filiación cultural. Nombre del grupo cultural al que pertenece el bien.

Fotografía principal. Campo que ilustra de manera gráfica el bien arqueológico. En esta parte de la ficha constará la fotografía principal que mejor identifique al bien.

Descripción de la fotografía. Campo abierto para agregar un texto descriptivo sobre el contenido de la fotografía en un máximo de cuarenta palabras.

DATOS DE LOCALIZACIÓN (2).

Área designada para señalar la localización geográfica detallada del bien (Gobernación, municipio, distrito, comunidad y la localización en su Km de la ruta y la variante correspondiente, según sea el caso). En el caso de un recinto / una comunidad / una comuna, se deberá anotar el nombre correspondiente al momento de levantar la información.

Coordenadas. Campo designado para consignar los valores de coordenadas obtenidas mediante el sistema GPS (*Global Positioning System*) y que permitirán la ubicación geográfica del hallazgo fortuito y asociaciones.

DESCRIPCIÓN DEL BIEN (3). Área destinada para describir todas las características del hallazgo fortuito/objetos.

Dimensiones. En este campo se detallarán las medidas del objeto arqueológico en centímetros, conforme a los siguientes parámetros: Alto. Medida tomada desde la base del bien hasta la parte más alta. Ancho. Medida tomada de extremo a extremo de manera horizontal. Largo. Medida tomada desde la parte frontal hasta la parte posterior del bien cultural. Diámetro. Medida tomada de la recta que se forma entre dos puntos opuestos en una circunferencia. Se aplica a los bienes que tienen formas circulares.

En el caso de un recipiente, se especificarán las medidas de la base / pie, cuerpo y boca. Peso. Medición de la masa del bien que se registrará en gramos. Otras. Espacio para detallar otras mediciones que brinden información adicional sobre el bien cultural, por ejemplo, puede tratarse del mango de un sello o del grosor de la pared de un recipiente.

Descripción técnica. Campo destinado para puntualizar la información relacionada con las características técnicas que componen el bien cultural. Estos aspectos están agrupados en las siguientes categorías:

Técnica de elaboración. Campo para señalar la forma en la elaboración del bien cultural. Para el caso de cerámica, puede ser por moldeado, modelado, tallado, laminado, etc.

Acabado de superficie. Espacio para detallar el tratamiento que ha recibido la superficie del bien cultural.

Técnica decorativa. Campo para describir los elementos que adornan el bien cultural, ya sea el tipo de pintura, color, incisiones, escisiones, impresiones ungulares, engobe, pintado a mano, estampado, entre otras técnicas.

Diseño. Espacio para puntualizar los patrones de decoración que se identifican en las diferentes partes del bien cultural.

ESTADO GENERAL DEL BIEN (4).

Área que contiene información relacionada con el estado de conservación general e integridad del bien cultural encontrado.

Estado de conservación. Campo mixto para señalar los indicadores de deterioro y categorizar el estado general del bien cultural como bueno, regular y malo, tomando como parámetros de referencia los siguientes porcentajes: Bueno: hasta 30% de deterioro Regular: de 40% a 70 % de deterioro Malo: más del 75% de deterioro. En el campo abierto asignado para la descripción, detallar el tipo de deterioro del bien, puede ser por erosión, presencia de hongos o de sales, entre otras causas. En el campo abierto, detallar las afectaciones y faltantes

del objeto. Completo: del 100% al 90% de integridad del bien Incompleto: del 89% al 50% de integridad del bien
Fragmento: del 49% al 30% de integridad del bien

Para el caso de grupos de fragmentos encontrados, sólo serán registrados aquellos que ofrezcan más del 75% de información del bien cultural, como, por ejemplo, las siluetas de un objeto.

REGISTRO DE MOVIMIENTO DEL BIEN (5).

Área destinada para detallar el movimiento que ha tenido el bien desde su hallazgo fortuito. Se anotará la localización actual y la fecha de entrada. Su lugar de destino y donde estará depositado, así como el nombre de la persona que autorizó el traslado de su lugar original.

Recepción. Se refiere a la entrega de custodia del bien encontrado, de manera temporaria en el campamento, hasta su entrega a la institución responsable (institución contratante, quienes entregaran a la Secretaría Nacional de Cultura (SNC) y/o depositario local (Museo, Centro Cultural, Dirección de Cultura de la Municipalidad, otros a definir por su vinculación legal y administrativa. Todos estos actos son registrados a través de actas.

Procedencia del bien cultural. Campo para registrar la forma en la que el custodio obtuvo el bien cultural.

Hallazgo casual. Se aplica cuando los objetos han sido encontrados esporádicamente, sea por remoción de tierras a causa de actividades para la construcción de infraestructura vial u otras.

Investigación arqueológica. Refiere al bien cultural que es producto de una investigación sistemática y/o rescate arqueológico, autorizada la SNC. En este caso se especificarán los siguientes datos:

Nombre del sitio. Denominación que identifica al sitio/lugar arqueológico.

Responsable. Nombre de la persona a quien se emitió la autorización de acompañamiento arqueológico, y que se encuentra a cargo del componente patrimonio cultural.

Recolección superficial. Actividad que consiste en recuperar bienes culturales o parte de ellos, que están expuestos en la superficie terrestre sin necesidad de excavación.

Excavación. Cuando se seleccione este ítem se deberá registrar información sobre la unidad de cateo, el nivel y la profundidad en la que se encontró el bien arqueológico.

Descripción del contexto arqueológico. Espacio para registrar si el bien cultural estuvo asociado con otros elementos que hacen al contexto (fogones, restos funerarios u otros contextos arqueológicos).

FOTOGRAFÍAS ADICIONALES (6).

Área destinada para incorporar fotografías complementarias del bien arqueológico. Las fotografías deben contener una escala gráfica con mediciones en centímetros (cm). Se sugieren los siguientes planos para complementar la visualización fotográfica del bien: lateral derecho, lateral izquierdo, vertical y detalles que permitan observar mejor los rasgos relevantes del objeto arqueológico. Las fotografías que se adjunten deben ajustarse a los parámetros técnicos de la fotografía principal.

INFORMACIÓN RELACIONADA (7).

Área destinada para anotar información que complemente lo descrito en la ficha.

BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIA (8).

Campo abierto en el que se escribirán las referencias bibliográficas relacionadas con el objeto arqueológico registrado. Estas pueden ser informes arqueológicos, investigaciones académicas y publicaciones en libros y revistas afines.

NOTAS (9).

Área destinada para complementar la descripción o cualquier dato adicional que no esté especificado en ningún campo y que puede ser información relevante que aporte al conocimiento del objeto registrado.

7.6.6.2 Ficha de registro de Hallazgos fortuitos (objetos arqueológicos)

Ficha AP/PCPPM N°		
Ficha de registro de objetos arqueológicos (Hallazgos fortuitos)		
	Número de registro	
	Código de objeto	
	punto GPS	
DATOS DE IDENTIFICACIÓN		
Bien cultural	Material	Fotografía principal
Periodo histórico: Siglo XVI () Siglo XVII () – Siglo XVIII () – Siglo XIX ()		
Filiación cultural:		
Descripción de la fotografía:		

Ficha AP/PCPPM N°					
Ficha de registro de objetos arqueológicos (Hallazgos fortuitos)					
DATOS DE LOCALIZACIÓN					
Gobernación	Municipio	Distrito	Ciudad	Tramo vial/Km	
Coordenadas					
DESCRIPCIÓN DEL BIEN					
Dimensiones					
Alto	An ch o	Largo	Diámetro		otras
			B a s e / p i e	Boca	
				cuerpo	
Peso					
Fragmento/Pieza:					
Descripción técnica					
Técnica de elaboración			Acabado de superficie		
Técnica decorativa/detalles					
Diseño					
Notas:					
ESTADO GENERAL DEL BIEN					
Estado de conservación			Estado de integridad		
Bueno ()	R e g u l a r	Malo ()	Completo ()	Incompleto ()	Fragmentado ()

Ficha AP/PCPPM N°					
Ficha de registro de objetos arqueológicos (Hallazgos fortuitos)					
	()				
Descripción			Descripción		
REGISTRO DE MOVIMIENTO DEL BIEN (hallazgo fortuito)					
Localización actual		Lugar de destino	Tipo de entrega	Fecha	Responsable
Lugar:	F e c h a:				
Responsable de campo:					
Descripción del contexto arqueológico			Nota:		
Nivel:					
Profundidad:					
FOTOGRAFÍAS ADICIONALES					
Descripción de la foto y fecha			Descripción de la foto y fecha		
INFORMACIÓN RELACIONADA					
BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIA					
NOTAS					

Ficha AP/PCPPM N°
Ficha de registro de objetos arqueológicos (Hallazgos fortuitos)

7.7 PROGRAMA DE ADQUISICIÓN DE CERTIFICADOS DE SERVICIOS AMBIENTALES

En su Art. 11°, la Ley N° 3001/2006 *"De Valoración y Retribución de los Servicios Ambientales"* establece que las actividades y obras de alto impacto: *"...deberán incluir dentro de su esquema de inversiones la compensación por servicios ambientales por medio de la adquisición de Certificados de Servicios Ambientales..."* y que *"...no podrán ser inferiores al 1% (uno por ciento) del costo de la obra o del presupuesto anual operativo de la actividad"*.

Por su parte, en el Anexo II de la Resolución MADES N° 81/2019 se establece que es considerada actividad de alto impacto, la *"Extracción de minerales sólidos, superficiales o de profundidad y sus procesamientos"* cuando las explotaciones tengan un movimiento total de tierras y/o materiales pétreos (canteras, areneras, carga o nivelación de propiedades), con un volumen de producción y/o movimiento mayor a 10.000 m³.

7.7.1 Objetivo

Cumplir con las disposiciones de la Ley N° 3001/2006 *"De Valoración y Retribución de los Servicios Ambientales"*, así como con la reglamentación establecida en el Decreto N° 11.202/2013 y la Resolución MADES N° 81/2019, mediante la adquisición de Certificados de Servicios Ambientales (CSA) para las actividades de alto impacto, garantizando que las mismas se ajusten a la normativa ambiental vigente.

7.7.2 Alcance

El alcance de este programa se limita a cubrir las obligaciones de adquisición de Certificados de Servicios Ambientales (CSA) por las actividades de alto impacto de la obra correspondiente al rubro *"Dragado de material duro y blando"* (o rubro similar) de la etapa constructiva de la obra.

7.7.3 Medida de gestión

- Una vez se tengan las cantidades definitivas del rubro *"Dragado de material blando"* (o rubro similar) se deberá destinar el 1% del monto a ejecutar a la compra de Certificados de Servicios Ambientales (CSA).
- Antes de la presentación del *"Informe de Auditoría del Cumplimiento del Plan de Gestión Ambiental y Plan de Cierre"* ante el Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADES), se deberá verificar en los Certificados de Obra el monto total acumulado en el ítem *"Dragado de material blando"* (o rubro similar). Esta revisión tiene como objetivo corroborar las cantidades finales ejecutadas y calcular el monto

correspondiente mediante la multiplicación por el costo unitario de la actividad, a fin de determinar el valor total para la adquisición de los Certificados de Servicios Ambientales (CSA).

- El contrato de adquisición de Certificados de Servicios Ambientales (CSA) deberá inscribirse en la Dirección de Servicios Ambientales (DSA) del Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADES) a través del "Formulario 2: Ingreso al Régimen de Servicios Ambientales por Compensación de Proyectos de Obras y Actividades definidos como de Alto Impacto Ambiental". A tal efecto, además del contrato y el formulario, se deberá adjuntar lo siguiente: Informe de Condición de Dominio; Declaración de Impacto Ambiental, donde contemple la obligación de adquirir CSA; comprobante de cancelación de tasa de registro de transacción; copia autenticada de la factura legal por el monto total de la compra y documentos respaldatorios del plan operativo anual que acrediten el monto declarado.
- El registro de la adquisición de los Certificados de Servicios Ambientales (CSA) se realizará en un plazo máximo de un año a partir del inicio de la "actividad" de alto impacto. El inicio de la actividad coincidirá con la fecha de la Orden de Inicio Físico, o en su defecto, con la fecha de la obtención de la Declaración de Impacto Ambiental.

7.7.4 Cronograma

Las medidas de gestión propuestas se aplicarán según cronograma presentado a continuación.

Tabla 60. Cronograma de actividades del programa

#	Programa	Construcción																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	Obtención de Certificados Ambientales														X	X	X	X	X	X					

7.7.5 Responsable

El proponente.

7.7.6 Costo estimativo

1% (uno por ciento) del rubro de "Dragado de material blando" (o rubro similar). Más el 3% de la transacción en concepto de tasa institucional a abonar en el Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADES).

8 CONCLUSIONES

8.1 CONCLUSIONES DEL ÁREA HIDRODINÁMICA Y MORFODINÁMICA

La integración de los resultados hidrodinámicos y morfodinámicos obtenidos permite extraer las siguientes conclusiones sobre el impacto del acondicionamiento del brazo Liguria:

Alcance Regional de la Alteración

Los resultados confirman que se produciría una afectación en los niveles de agua que se propaga hacia aguas arriba del río Paraguay, manifestándose como un descenso de algunos centímetros del pelo de agua. Este fenómeno es especialmente persistente en regímenes de estiaje y crecidas medias, alterando mínimamente las condiciones naturales de los niveles en sectores distantes como la zona de Pilar, alteraciones que están comprendidas en el rango de variabilidad natural de los niveles del río.

La intervención modifica la proporción de agua que circula por cada brazo del sistema. Al ampliar el brazo Liguria, este comienza a recibir un volumen de agua mayor, del orden de 9% del flujo total que origina la disminución de velocidad en el Río Paraguay.

8.2 CONCLUSIONES DE CALIDAD DE AGUA Y SEDIMENTOS

En cumplimiento del objetivo establecido, consistente en diagnosticar e identificar posibles impactos ambientales del proyecto, se realizó la evaluación del medio físico mediante el análisis de la calidad de las aguas superficiales y de los sedimentos en cinco (5) puntos de muestreo ubicados dentro del área de influencia directa del proyecto.

El diagnóstico se basó en la interpretación de los resultados laboratoriales correspondientes a parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para aguas superficiales, así como parámetros químicos asociados a la calidad de sedimentos. La evaluación permitió caracterizar las condiciones ambientales actuales del sistema fluvial y establecer una línea base ambiental previa a la ejecución de las actividades de dragado y acondicionamiento del cauce.

En relación con la calidad de las aguas superficiales, los resultados obtenidos en los cinco puntos de muestreo indican que los parámetros fisicoquímicos analizados se encuentran dentro de rangos compatibles con ambientes fluviales naturales, sin evidencias de alteraciones significativas que indiquen procesos de contaminación relevante en el área evaluada. Los valores observados reflejan condiciones hidrológicas propias de sistemas fluviales dinámicos influenciados por procesos naturales de mezcla, transporte de sedimentos y variabilidad hidrológica asociada al río Paraguay y al sistema hidrográfico regional.

En cuanto a la calidad de los sedimentos, las concentraciones de metales pesados analizados (Hg, Cd, Pb, Cr, As y Ni) se encuentran por debajo de los límites de detección del laboratorio

o en concentraciones significativamente inferiores a los valores de referencia establecidos en la Resolución OPDS N° 263/2019. Los metales detectados, particularmente cobre y zinc, presentan concentraciones bajas y compatibles con sedimentos fluviales naturales. Asimismo, los niveles de grasas y aceites registrados son extremadamente reducidos en comparación con los valores normativos de referencia, lo que descarta la presencia de contaminación relevante asociada a hidrocarburos.

De acuerdo con la comparación de los resultados analíticos con los criterios de evaluación de calidad de sedimentos utilizados internacionalmente para proyectos de dragado, el material sedimentario analizado puede clasificarse dentro de la categoría correspondiente a **sedimentos relativamente limpios**, cuyos efectos químicos o bioquímicos sobre los ecosistemas acuáticos se consideran nulos o insignificantes.

La evaluación integrada de ambas matrices ambientales (agua superficial y sedimentos) indica que el área de estudio presenta condiciones ambientales estables desde el punto de vista fisicoquímico y geoquímico, sin evidencias de contaminación significativa que pueda representar un riesgo ambiental relevante ante la remoción de sedimentos durante las actividades de dragado.

En consecuencia, desde el punto de vista del diagnóstico ambiental del medio físico, los resultados obtenidos no evidencian restricciones ambientales significativas para la ejecución del proyecto de acondicionamiento del brazo Liguria para la navegación. Los sedimentos presentes en el área evaluada corresponden a materiales con bajo contenido de contaminantes y la calidad del agua superficial refleja condiciones compatibles con la dinámica natural del sistema fluvial.

Por lo tanto, considerando la información analítica disponible y la interpretación técnica realizada, se concluye que el proyecto de dragado y acondicionamiento del riacho resulta **ambientalmente factible** desde el punto de vista de la calidad de las aguas superficiales y de los sedimentos. No obstante, se recomienda implementar las medidas de manejo y monitoreo ambiental previstas en el programa de gestión ambiental del proyecto, a fin de controlar los efectos físicos temporales asociados a la resuspensión de sedimentos y a la variación de la turbidez durante las operaciones de dragado.

Con base en los resultados obtenidos, el material sedimentario a dragar puede ser considerado ambientalmente apto para su remoción y disposición, no representando un riesgo significativo de movilización de contaminantes hacia la columna de agua o la biota acuática.

8.3 CONCLUSIONES DEL ÁREA BIODIVERSIDAD

El monitoreo biológico realizado confirma que el área no es un simple cuerpo de agua, sino un Ecosistema de Interfaz Crítico. Los hallazgos principales incluyen la presencia del 10% de la avifauna departamental, destacando el sitio como un nodo de descanso y alimentación para

especies migratorias que utilizan el corredor del río Paraguay. El área del brazo Liguria protegida por la isla presenta condiciones hidrodinámicas de baja energía, fundamentales para el reclutamiento y cría de juveniles de peces (refugio de cría), motor de la productividad pesquera regional. Presenta una alta calidad visual y presencia de bosque en galería protegido por la Ley N° 4.241/2010 de Restablecimiento de Bosques Protectores de cauces hídricos (Ley 4241, 2010). La intervención directa del cauce para navegación de barcas comerciales puede generar impactos negativos que superen la capacidad de mitigación como la pérdida de heterogeneidad, que podría producir la rectificación del cauce, eliminando los microhábitats identificados. La canalización forzada requerirá dragados constantes, afectando el bento y la fuente de alimento de la avifauna monitoreada, en el riacho Liguria y en la isla.

Se deberían aplicar medidas de cumplimiento obligatorio bajo leyes apoyadas en servicios ambientales por pérdida de biodiversidad, reposición de la función de refugio de cría, seguro de responsabilidad por sedimentación que puede afectar a ecosistemas remanentes, y una cláusula de auditoría que establezca la obligación de realizar un monitoreo estacional de biodiversidad post-obra durante al menos 3 años, idealmente 5 años.

El relevamiento *in situ* estableció baja densidad, y en algunos casos ausencia de fauna silvestre, especialmente anfibios, reptiles y mamíferos, fenómeno que puede ser atribuido a la presión antrópica sostenida. El muestreo de peces en el tramo del brazo Liguria, reveló una población compuesta mayoritariamente por ejemplares juveniles y especies de pequeño porte, aunque aguas más abajo, los ejemplares encontrados eran de mayor tamaño. Se debe recalcar que, según testimonio de los pescadores, en el riacho existe una presión de extracción selectiva de carnada por parte de pobladores locales. Llamativa es la ausencia total de yacarés, *Caiman yacaré* y *Caiman latirostris*, de mamíferos como el carpincho, la nutria, el lobito de río, especies típicas de estos ecosistemas. El desplazamiento podría estar vinculado al ruido de motores y la presencia de perros domésticos asilvestrados, en la isla Ybycuí y en las orillas, en los campamentos de pescadores. Se puede considerar, además, como causa la presión humana y la caza, ya que hay reportes de la zona por denuncias por caza indiscriminada de yacarés para venta de su carne. Las hembras de los yacarés son muy sensibles al ruido y al movimiento por lo que, si sienten presencia humana constante con motores, pueden abandonar el nido dejando los huevos a merced de depredadores como el lagarto overo (Zárate-Betzl, G., et al., 2025); (Weiler, A., et al., 2013).

En cuanto a las aves, hay una diversidad de aproximadamente 10% de la riqueza de aves mencionadas para Ñeembucú, que registran entre 350 a 400 especies, mencionadas por distintos autores como Ortiz (Ortiz, F., Salinas, P., et al., 2022); esto indicaría un sitio de interés local, por ser un área pequeña con muestra significativa de la riqueza de avifauna, pero con especies claves indicadoras del ecosistema ausentes, pero algunas especies Migradoras presentes. Sin embargo, salvo una abundancia de gaviotines en el banco de arena al final de la isla, el número de ejemplares por especie es escaso, de 1 a 3 ejemplares por especie. El

banco de arena al final del riacho, en la confluencia con el río Paraguay, permanece como un sitio crítico de posada para aves como los rayadores, *Rynchops niger* y garzas, como la espátula rosada *Platalea ajaja*, aunque se podría considerar como una permanencia errática debido al tráfico fluvial. Este banco de arena es el elemento geográfico más crítico para la biodiversidad local, ya que funciona como un estuario donde convergen especies migratorias y especialistas filtradoras como la espátula rosada, buceadoras y cazadoras de superficie como los gaviotines y rayadores e indican que es un área de alimentación clave (Ortiz, F., et al., 2024/2025).

De acuerdo con la bibliografía de referencia para el sur de Paraguay (Smith, P., Atkinson, K., & Davies, Y. E. , 2021); (Guyra Paraguay, 2024/2025); un área que concentra el 10% de las especies de aves departamentales posee un alto valor de representatividad ecológica. En el contexto de los Humedales de Ñeembucú, este nivel de diversidad indica una buena integridad del hábitat y resalta el potencial del sitio como nodo estratégico para la conservación de la avifauna residente y migratoria, cumpliendo con criterios de importancia para la gestión de recursos naturales a nivel distrital.

8.4 CONCLUSIONES DEL ÁREA SOCIAL

- Los impactos sociales generados por el proyecto son principalmente temporales y pueden ser atenuados mediante una comunicación directa, continua y participativa con los pescadores locales.
- Se recomienda establecer mecanismos claros de compensación, que incluyan provisión de equipos, compensación económica y apoyo energético.
- La implementación de un Plan de Comunicación y Participación Social es fundamental para mejorar la confianza de la comunidad y prevenir conflictos.
- Coordinar los trabajos de dragado con los líderes de las organizaciones de pescadores permitirá minimizar las pérdidas de ingresos y optimizar la planificación de la actividad.
- Desarrollar campañas de educación ambiental y sanitaria para aumentar la conciencia sobre la calidad del agua, riesgos y medidas preventivas, fortaleciendo la seguridad y bienestar de la comunidad.

9 BIBLIOGRAFÍA

- Azpelicueta, M. (1990). *A new species of Pimelodus (Siluriformes: Pimelodidae) from the Paraguay and lower Paraná rivers*. Neotrópica 44 (111/112): 87–94.
- Banco Mundial. (2023). *Análisis de la morfodinámica y sedimentología del Río Paraguay: Hacia una gestión sostenible de la navegabilidad (Informe técnico)*. Grupo Banco Mundial.
- Barbour, M. T., Gerritsen, J., Snyder, B. D., & Stribling, J. B. . (1999). *Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: Periphyton, benthic macroinvertebrates, and fish (2nd ed.)*. U.S. Environmental Protection Agency.
- BID. (2018). *Banco Interamericano de Desarrollo. Marco de Política Ambiental y Social del BID*. Washington, DC.
- BID. (2020). *Banco Interamericano de Desarrollo . Transporte fluvial y logística en América Latina y el Caribe: Desafíos y oportunidades*. Washington, DC.
- Blettler, M. C., Amsler, M. L., Ezcurra, I. D., Espínola, L. A., Eberle Folmer, E. G., Paira, A. R., . . . Drago, E. C. (2014). The impact of significant input of fine sediment on benthic fauna at tributary junctions: a case study of the Bermejo–Paraguay River confluence, Argentina. (R. Ecohydrology., Ed.)
- Bonada, N., Prat, N., Resh, V. H., & Statzner, B. (2006). *Developments in aquatic insect biomonitoring: A comparative analysis of recent approaches*. Annual Review of Entomology, 51, 495–523. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.51.110104.151124>.
- CAF. (2016). *Banco de Desarrollo de América Latina y el Caribe. Lineamientos para la evaluación de impactos ambientales y sociales en proyectos de infraestructura*. Caracas, Venezuela.
- Casco, L. S., & Neiff, M. y. (2005). *Biodiversidad en ríos del litoral fluvial. Utilidad del software PULSO*. <https://cecoal.conicet.gov.ar/>.
- CEPAL. (2019). *Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Infraestructura de transporte fluvial y desarrollo sostenible en América Latina*. Santiago de Chile.
- Chediack Sandra E. (2009). *Monitoreo de biodiversidad y recursos naturales: ¿para qué?. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad Corredor Biológico Mesoamericano*. México: http://www.oikos.unam.mx/LECT/images/Libros/mmrjrgj_2009.pdf.
- Chernoff, B., D. Mandelburger, M. Medina, M. Toledo–Piza & J. Sarmiento. (2001). *List of fishes and the subregions where they were collected during the AquaRAP expedition to Departamento Alto Paraguay, Paraguay, in September 1997. Appendix 13. 143–147. I.*
- COBINABE. (04/2010). *Comisión Binacional para el desarrollo de la Alta Cuenca del río Bermejo y el río Grande de Tarija*. GEF, UNEP, OEA. Generación y transporte de sedimentos en

- la Cuenca Binacional del Río Bermejo. Caracterización y análisis de los procesos intervinientes. *1a ed.* – Buenos Aires., 228.
- COBINABE. (2010). Comisión Binacional para el desarrollo de la Alta Cuenca del río Bermejo y el río Grande de Tarija. GEF, UNEP, OEA – OAS. Modelos Productivos para la Gestión Integrada de los Recursos Naturales en la Cuenca Binacional del Río Bermejo. ISBN 978-987-25793-6-4, 132.
- Contreras Roqué Julio R., Andrés O. Contreras Chialchia y Miguel Á. Delpino Aguayo. (2007). Estudios bioecológicos sobre los humedales del Ñeembucú. ISBN 978-987-22121-9-3, 1ª ed.- Buenos Aires, 27 pág.
- Contreras, J. R. et al. (1993). *La avifauna del sector central del departamento Ñeembucú. (Un estudio clásico que registró 207 especies en la zona de Tacuara).*
- Dallas, H. (2008). *A comparison of biotic indices used to assess ecological condition of aquatic ecosystems in South Africa.* Water SA, 34(2), 215–226.
- Deltares. (2017). *Delft3D-Flow User Manual.*
- Eigenmann, C. H., & Kennedy, C. H. (1903). *On a collection of fishes from Paraguay, with a synopsis of the American genera of cichlids.* Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia, 55, 497–537. .
- Eigenmann, C. H., McAtee, W. L., & Ward, D. P. . (1907). *On further collections of fishes from Paraguay.* Annals of the Carnegie Museum, 4(2), 110–157.
- Engelund, F., & Hansen, E. (1967). *A monograph on sediment transport in alluvial streams.* Teknisk Forlag.
- Espinach Ros, A., & Sverlij, S. B. (1986). *El dorado, Salminus maxillosus (Pisces, Characiformes), en el Río de la Plata y río Uruguay inferior.* Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero. Revista de Investigación y Desarrollo Pesquero, 6, 57–75. .
- Géry, J., V. Mahnert & C. Dlouhy. (1987). *Poissons Characoides non Characidae du Paraguay (Pisces, Ostariophys).* Revue suisse de Zoologie 94 (2): 357–464.
- Gómez Duarte, D. R. (s.f.). Bosquejo Geológico de los Esteros del Ñeembucú. *página web de Geología del Paraguay.*
- Granado, C. (2002). *Ecología de peces.* Universidad de Sevilla. Secretariado de Publicaciones. ISBN: 978 84 472 0242 3.
- Grassi, B.; Pastén, A. M.; Armoa, J. (2004). *Análisis de la tendencia de la temperatura del aire en el Paraguay: Informe final. Documento Inédito. Facultad Politécnica.,* Universidad Nacional de Asunción.
- Guyra Paraguay. (2005). *Areas Importantes para la Conservación de las Aves en Paraguay. (Clasifica a los Humedales de Ñeembucú como un sitio clave (IBA) y detalla las amenazas por navegación y cambio de uso de suelo).*

- Guyra Paraguay. (2024/2025). *Lista de Aves del Paraguay. (Referencia estándar para el estatus de conservación y presencia de especies a nivel nacional y departamental)*.
- Hauer, F. R., & Lamberti, G. A. . (2017). *Methods in stream ecology (3rd ed.)*. . Academic Press.
- INE. (2022). *Instituto Nacional de Estadísticas Censo Nacional de Población y Viviendas 2022*. . Resultados preliminares. Departamento de Ñeembucú. Asunción, Paraguay.
- Iriondo, H. M. (2000). The Neogene of the Llanos–Chaco–Pampa Depression. . *Journal of*.
- Junk W.J., Bayley, P.B.&Sparks, R.E. (1989). *The flood pulse concept in river–foodplain system*.
- Kullander, S.O. (2003). *Family Cichlidae (cichlids)*. 605–654. In: Reis, R.E., S.O. Kullander & C.J. Ferraris (eds.): *CLOFFSCA – Check list of the freshwater fishes of South and Central America*. Edipucrs, Porto Alegre. 729 p.
- Lamenza, G. N. (2015). *Arqueología del sector central del Chaco húmedo (Tesis doctoral)*. . Universidad Nacional de La Plata. Recuperado de sedici.unlp.edu.ar.
- Landaeta, C. J. . (1995). *Potenciales impactos ambientales generados por el dragado y la descarga del material dragado*. Instituto Nacional de Canalizaciones. Dirección de Proyectos e Investigación, Caracas–Venezuela.
- Latincomp. (2024). *Efectos de los pasos de fondo duro en la navegación del Río Paraguay*.
- Leopold, L. B., Clarke, F. E., Hanshaw, B. B., & Balsley, J. R. (1971). *A procedure for evaluating environmental impact*. U.S. Geological Survey, USGS Circular 645.
- Ley 4241. (2010). *Restablecimiento de Bosques Protectores de cauces hídricos*. .
- Ley N° 1.561/2000. (2000). *del Congreso de la Nación Paraguaya, que crea el Sistema Nacional del Ambiente (SISNAM), el Consejo Nacional del Ambiente (CONAM) y la Secretaría del Ambiente (SEAM)*. Asunción, Paraguay: <https://digestolegislativo.gov.py/ups/leyes/1132%20.pdf>.
- Ley N° 167/1993. (1993). *del Congreso de la Nación Paraguaya, que aprueba con modificaciones el Decreto-Ley 5/1911 !que establece la estructura orgnánica y funciones del MInisterio de Obras Públicas y Comunicaciones"*. Asunción, Psraguay: <https://digestolegislativo.gov.py/detalles&id=6775>.
- Ley N° 6.123/2018. (2018). *del Congreso de la Nación Paraguaya que eleva arango de Ministerio a la SEAM*. Asunción, Paraguay: <https://digestolegislativo.gov.py/ups/leyes/10215.pdf>.
- Libramento De los Santos, G. (2017). *¿Afecta la contaminación sonora al canto de anuncio de Dendropsophus nanus?* Universidad Nacional del Nordeste (UNNE). (Estudio en la región sobre cómo especies locales cambian sus parámetros acústicos ante el ruido).
- Lucena, C.A.S. (2003). *Revisão taxonômica e relações filogenéticas das espécies de Roeboides grupo-microlepis (Ostariophysi, Characiformes, Characidae)*. Iheringia, . Série Zoologia 93 (3): 283–308.

- Menezes, N.A. (1976). *On the Cynopotaminae, a new subfamily of Characidae (Osteichthyes, Ostariophysi, Characoidei)*. . Archivos de Zoología 28 (2): 1-91.
- Menni, R. C. (2004). *Ecología de peces potamódromos en sistemas fluviales del cono sur*.
- Mereles, F. (2001). *Los humedales del Paraguay: principales tipos de vegetación*. En: *Humedales del Paraguay*. . Asunción: PNUD/SEAM.
- MNHP. (1996). *Museo Nacional de Historia Natural del Paraguay. Catálogo de peces de agua dulce del Paraguay*.
- Narins, P. M. (1982). *Effects of noise on auditory processing and behavior in amphibians*. En este estudio clásico se detalla cómo el ruido ambiental enmascara las señales acústicas de los machos.
- Narosky T. H. Castillo y R. P. Clay. Guyra Paraguay. Vazquez Mancini, . (2022). *Guía para la identificación de las aves de Paraguay*. 2da. Edición ampliada y actualizada.: Editores. Argentina. 239pp.
- Neiff, J. J. (1990). *Ideas para la interpretación ecológica del Paraná*. . Interciencia 15 (6): 424-441 p.
- Neris, N., C. Koehn, F. Villalba, G. Ruiz Díaz & G. Franco. (2008). *Guía ilustrada de los peces más comunes del Paraguay*. Ed. Zamphiropolos, Asunción. 252 p. .
- Neris, N., F. Villalba, D. Kamada & S. Viré. (2010). *Guía de peces del Paraguay. Itaipú Binacional / natura vita, Asunción, Paraguay*. 299 p.
- OEA, O. d. (2010). *Generación y transporte de sedimentos en la cuenca binacional del río Bermejo*. Washington, DC. OEA.
- OPDS. (2019). *Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible. Resolución N.º 263/2019: Normas y procedimiento para la declaración de impacto ambiental de proyectos de dragado en puertos y canales de acceso en jurisdicción de la provincia de Buenos Ai.*
- Orfeo, O. (2014). *Dinámica de sedimentos suspendidos en un meandro del río Bermejo*. Libro de Resúmenes. , Asociación Geológica Argentina, Corrientes, Argentina.
- Ortiz, F., et al. (2024/2025). *Diversity and dominance in bird assemblages across habitats in the Ñeembucú wetlands complex*. (Este estudio reciente de CONACYT documenta cómo la "antropización" o intervención humana en Ñeembucú reduce la diversidad, favore.
- Ortiz, F., Salinas, P., et al. . (2022). *Riqueza, composición y estructura trófica de las comunidades de aves de los humedales de Ñeembucú, Paraguay*". Publicado en la revista Reportes Científicos de la FACEN. (Esta es la fuente más actual sobre la cantid.
- Ortiz-Sandoval, J. J., Ortiz, N., Cifuentes, R., González, J., & Habit, E. . (2009). *Respuesta de la comunidad de peces al dragado de ríos costeros de la región del BioBío (Chile)*. . Gayana (Concepción), 73(1), 64-75.

- Pastén, A. M. (2009). *Caracterización de la sequía en Paraguay usando el índice estandarizado de Presentación (IEP)*. . San Lorenzo, Paraguay. : Universidad Nacional de Asunción – DGICT.
- Pastén, M., González, V., Espínola, C. (2011). “*Clasificación climática del Paraguay utilizando los métodos de Köppen y Thornthwaite*”.
- Pereira, L. F., Silva, R. F., & Gómez, J. P. (2009). *Migratory behaviour and habitat use of large pimelodid catfishes in the Paraná Paraguay fluvial corridor*. . Journal of Fish Ecology and Conservation.
- Perugia, A. (1897). *Di alcuni pesci raccolti nell' alto Paraguay dal Cav. Guido Boggiani*. . Annali del Museo Civico di Storia Naturale di Genova (Serie 2) 18: 147–150.
- Petts, G., & Gurnell, A. (2005). *Dams and geomorphology: Research progress and future directions*. . Geomorphology, 71(1 2), 27–47.
<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2004.02.015>.
- Resolución 254/19 MADES. (s.f.). *Por la cual se actualiza el listado de especies protegidas de la vida silvestre Clase Aves*.
- Ricciardi, A., & MacIsaac, H. J. . (2011). *Impacts of biological invasions on freshwater ecosystems*. In D. C. Culver & P. Kinzie (Eds.), *New developments in aquatic invasive species research* (pp. 1–23). Springer.
- Ringuelet, R. A. (1975). *Análisis de la ictiofauna del río Paraná Paraguay y sus patrones ecológicos*. Editorial Científica.
- SEAM. (2002). *Secretaría del Ambiente. Resolución N.º 222/02 por la cual se establece el padrón de calidad de las aguas en el territorio nacional. Gobierno de la República del Paraguay*.
- SEAM. (2006). *Secretaría del Ambiente. Resolución N.º 255/06 por la cual se establece la clasificación de las aguas superficiales de la República del Paraguay. Gobierno de la República del Paraguay*.
- SEAM. (2016). *Inventario de Humedales del Paraguay . Programa Marco de la Cuenca del Plata*.
- Secretaría de Emergencia Nacional. (2018). “*Atlas de Riesgos de la República del Paraguay*”.
- SEGEMAR y CPRM. (2010). *Mapa Geológico y de Recursos Minerales de América del Sur (SIG – América del Sur, 1:1 M), Hoja SG21 Asunción (Ar, Br, Py)*. Servicio Geológico Minero Argentino – SEGEMAR, Compañía de Pesquisa de REcursosMinerales – CPRM.
- Serman & Asociados S.A. (09/2025, Rev. B). O-LHG-PB-IB-HI-004-RB. *Estudio de Factibilidad hidráulica y sedimentológica en el Paso Bermejo del río Paraguay. Informe de Factibilidad Técnica*. 324 pág.

- Serman & Asociados S.A. (11/2025, Rev. B.). O-LHG-PB-IN-HI-005-SC-RB-PE. Estudio de factibilidad hidráulica y sedimentológica en el Paso Bermejo del río Paraguay. Proyecto Ejecutivo de Canalización del riacho Ligurias. Cliente LHG Mining, 289 pág.
- Smith, D. G., & Pettibone, M. (2008). *Effects of navigation and dredging on macroinvertebrate communities*. . Journal of Aquatic Ecology, 42(3), 225–239.
- Smith, P., Atkinson, K., & Davies, Y. E. . (2021). *Paraguayan bird specimens in the "IBIS" collection, Pilar, dep. Ñeembucú. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural del Paraguay*. (Un catálogo esencial de las especies presentes en la zona de Pilar y alrededores).
- Sobrevivencia. (s.f.). *Informes de la organización "Sobrevivencia, Amigos de la Tierra Paraguay": Documentan el deterioro de los humedales de Ñeembucú por actividades extractivas y canalizaciones*. (<https://www.sobrevivencia.org.py/noticias/los-humedales-de-neembucu>).
- Toledo-Piza, M. (2000). *The Neotropical fish subfamily Cynodontinae (Teleostei: Ostariophysi: Characiformes): a phylogenetic study and a revision of Cynodon and Rhabiodon*. . American Museum Novitates 3286: 1-88.
- Vari, R.P. & C.J. Ferraris. (1998). *The neotropical catfish genus Epapterus Cope (Siluriformes: Auchenipteridae): a reappraisal*. . Proceedings of the Biological Society of Washington 111 (4): 992-1007.
- Vera, A. (2004). *Registro y distribución de peces de la Cuenca del Plata*.
- Villalba F, Vire S, Resquin J. . (2012). *Peces del Paraguay. Guia de identificación de setenta especies*. AGR Servicios de Gráfico. Asunción Paraguay.
- Vitt, L. J., & Caldwell, J. P. (2013). *Herpetology: An Introductory Biology of Amphibians and Reptiles (4ta ed.)*. Academic Press.
- Vogt, C. (2006). *Composición florística y descripción de la vegetación del Departamento de Ñeembucú, Paraguay*. Rojasiana, 7(2), 111-135.
- Wallace, J. B., & Webster, J. R. . (1996). *The role of macroinvertebrates in stream ecosystem function*. Annual Review of Entomology, 41, 115–139. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.41.010196.000555>.
- Weiler, A., et al. (2013). *Anfibios del Paraguay. FACEN-UNA. Es la guía de referencia nacional que discute la diversidad y, crucialmente, las amenazas para su conservación en el país*.
- Winemiller K. & Rose K. (1992). *Patterns of life-history diversification in North American fishes: Implications for population regulation*. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 49(10), 2196–2218. <https://doi.org/10.1139/f92-242>.

Zárate-Betzel, G., et al. (2025). *Diversidad de anfibios en ecosistemas agrícolas del sur de Paraguay. Revista Latinoamericana de Herpetología. (Aunque enfocado en arrozales, documenta la sensibilidad de las especies de la zona a los cambios de hábitat).*

Zuarzo, R. (2018). *Impacto de carnívoros domésticos en la fauna silvestre. Revista de Ecología Neotropical, 12(3), 45-58.*