



IH cantabria

INSTITUTO DE HIDRÁULICA AMBIENTAL
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



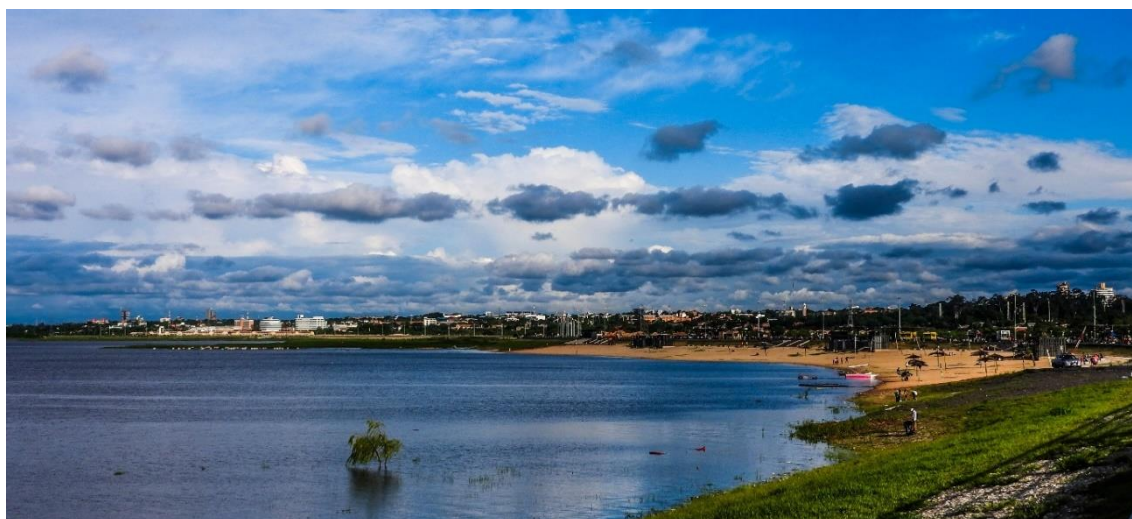
**TETÁ REMBIAPO
HA MARANDU**
Motenondeha

Ministerio de
**OBRAS PÚBLICAS
Y COMUNICACIONES**



BID

Banco Interamericano
de Desarrollo



**ANÁLISIS DEL RIESGO DE DESASTRES Y CAMBIO CLIMÁTICO EN EL
ÁREA RIBEREÑA DE ASUNCIÓN**

**PROGRAMA FORTALECIMIENTO DE LA
RESILIENCIA URBANA EN EL ÁREA RIBEREÑA DE
ASUNCION**

PR-T1243

INFORME FINAL

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. EVALUACIÓN PROBABILISTA DEL RIESGO DE INUNDACIÓN PARA EL ESCENARIO BASE	2
2.1. Evaluación de la amenaza	3
2.2. Evaluación de la exposición	6
2.2.1. Exposición física	7
2.2.2. Exposición social.....	11
2.3. Evaluación de la vulnerabilidad	13
2.3.1. Vulnerabilidad física	13
2.3.2. Vulnerabilidad social	15
2.4. Evaluación del riesgo.....	16
2.4.1. Riesgo económico	18
2.4.2. Riesgo social	19
3. EVALUACIÓN PROBABILISTA DEL RIESGO DE INUNDACIÓN PARA EL ESCENARIO CON INTERVENCIONES	21
3.1. Propuesta de medidas de reducción de riesgo.....	21
3.1.1. Medidas propuestas en el Bañado Norte	21
3.1.2. Medidas propuestas en el Bañado Sur	25
3.2. Evaluación de la amenaza	32
3.3. Evaluación de la exposición, vulnerabilidad y riesgo	38
3.3.1. Inventario de activos	38
3.3.2. Exposición, vulnerabilidad y riesgo.....	42
3.4. Análisis coste-beneficio.....	45
3.4.1. Enfoque metodológico	45
3.4.2. Cuantificación de costes y beneficios	48
3.4.3. Resultados.....	51
4. PLAN DE RIESGO DE DESASTRES	55
4.1. Medidas estructurales.....	55
4.1.1. Medidas propuestas en el Bañado Norte	55
4.1.2. Medidas propuestas en el Bañado Sur	58
4.2. Medidas no estructurales	63
4.2.1. Salvaguardas ambientales y sociales en los escenarios propuestos	63

4.2.2. Observatorio de los bañados de Asunción	65
4.2.3. Sistema de monitorización y control	66
4.2.4. Elaboración de un Sistema de Alerta Temprana (SAT)	67
5. DOCUMENTACIÓN DE BASE	68

1. INTRODUCCIÓN

En este documento se presenta un resumen de los trabajos realizados junto con los principales hallazgos obtenidos durante el transcurso del proyecto “Análisis del riesgo de desastres y cambio climático en el área ribereña de Asunción”, que se enmarca dentro del Programa Fortalecimiento de la Resiliencia Urbana en el área ribereña de Asunción, a través de la cooperación técnica PR-T1243. El programa consiste en una gestión integrada del riesgo de inundación en el área ribereña del río Paraguay a su paso por el centro de Asunción, con el objetivo de reducir el riesgo de inundación, fortalecer la resiliencia de las comunidades vulnerables en el área y recuperar el ecosistema ribereño mediante promoción de infraestructuras bajas en carbono y resistentes al clima.

En este sentido, el proyecto incluye en una primera fase la Evaluación Probabilista del Riesgo de Inundación (EPRI) tanto fluvial (por desbordamiento del río Paraguay) como pluvial (inundación urbana debido al exceso lluvia), en los Bañados Norte y Sur de la ciudad de Asunción (ver Figura 1) para un escenario base (con las condiciones actuales que incluyen el uso y ocupación actual de la tierra) y una segunda fase de propuesta de medidas de reducción de riesgo realizada con base en los resultados del análisis de la situación actual (escenario base) junto con la EPRI para el escenario con intervenciones (con las medidas propuestas implementadas), así como un Plan de Gestión de Riesgo de Desastres para la implementación de las medidas de reducción de riesgo de inundación seleccionadas en ambos bañados.

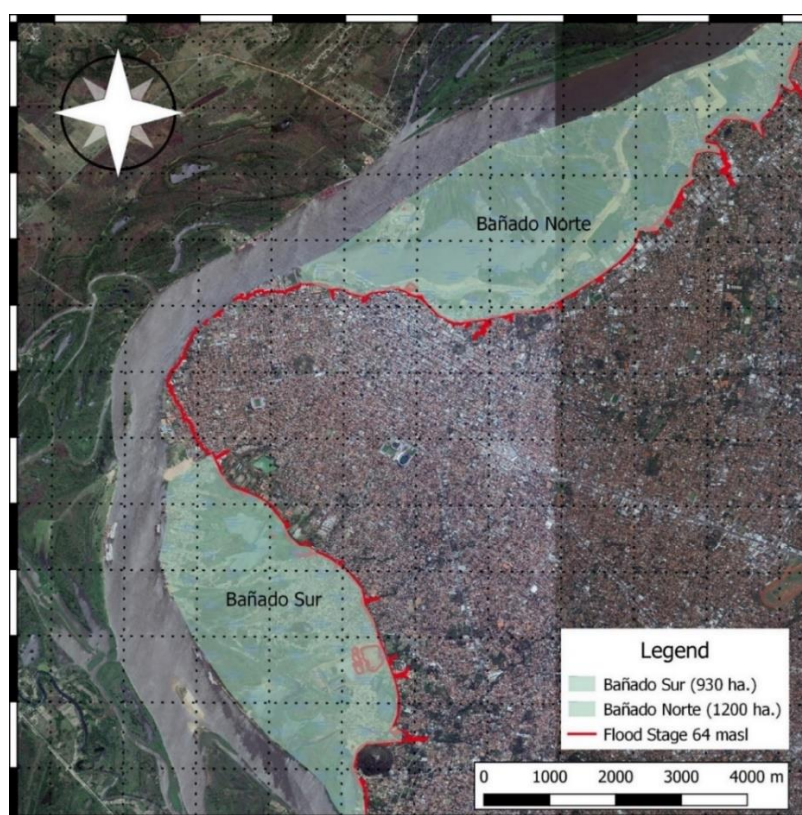


Figura 1. Fotografía aérea de las áreas de intervención que se inundan de manera recurrente debido al nivel del río y las repentinas inundaciones urbanas.

2. EVALUACIÓN PROBABILISTA DEL RIESGO DE INUNDACIÓN PARA EL ESCENARIO BASE

Siguiendo un marco conceptual ampliamente aceptado, el riesgo resulta de la coincidencia, en el tiempo y en el espacio, de una amenaza y un ente (ser vivo o cualquier elemento físico o intangible del territorio) susceptible de experimentar una pérdida de valor, funcionalidad o bienestar, como consecuencia de esa amenaza. La exposición es la cualidad binaria que refleja esta coincidencia, mientras que la vulnerabilidad recoge todos los factores que explican la conversión de la amenaza en daños. La vulnerabilidad es, en definitiva, la caracterización de ciertas propiedades de los elementos expuestos, desde el punto de vista de su potencial de ser afectados o destruidos, y puede tener varias dimensiones: humana (daño físico o psicológico, muerte), económica (pérdida de valor de activos), o de otro tipo (por ejemplo, daños ambientales o de patrimonio).

Este esquema se resume en la pseudoecuación **Riesgo = Amenaza x Exposición x Vulnerabilidad** (Figura 2), que indica que el impacto total que puede producir un evento tiene una probabilidad asociada que resulta de combinar la probabilidad de dicho evento, la probabilidad de que afecte espacialmente zonas ocupadas y, finalmente, la de que los activos y personas expuestos sufran daños.

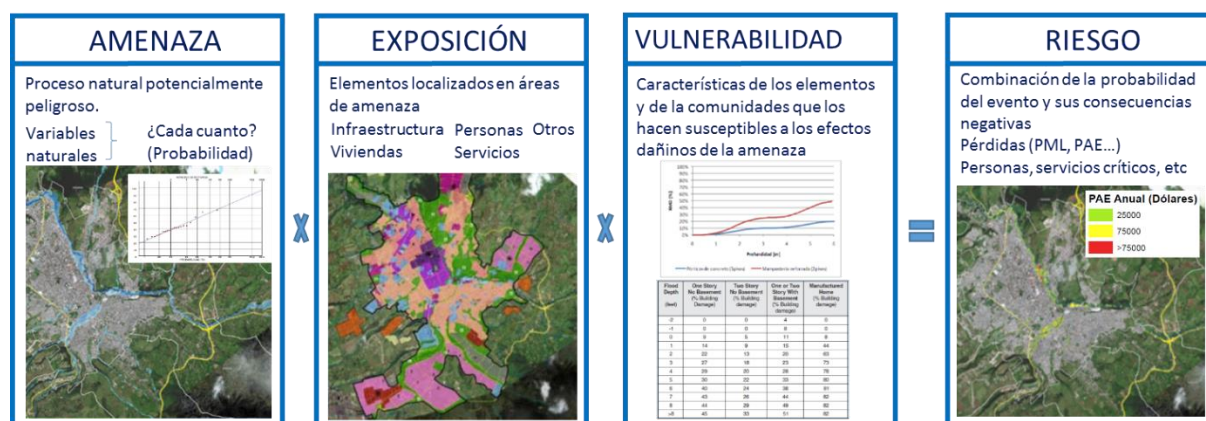


Figura 2. Esquema amenaza-exposición-vulnerabilidad-riesgo.

El análisis del riesgo se ha realizado en dos dimensiones:

- **Dimensión física:** se analizan los elementos físicos urbanos (edificaciones e infraestructuras críticas) sobre los que se determinan los impactos económicos.
- **Dimensión social:** referida a la población, sobre la que se evalúan los impactos sociales relacionados con la pérdida y afectación de vidas humanas.

Además, se han considerado tres escenarios diferentes:

- Inundaciones por desbordamiento del río Paraguay a su paso por la ciudad de Asunción con las condiciones hidroclimáticas y del terreno actuales.
- Inundaciones urbanas debido al exceso de lluvia en la cuenca vertientes a los bañados:

- i. Sin considerar el cambio climático y asumiendo que las condiciones hidrológicas actuales siguen siendo las mismas.
- ii. Considerando el cambio climático (modelando las condiciones de amenaza que tienen en cuenta el cambio climático) en el escenario más desfavorable de los analizados (RCP 8.5 a medio plazo, 2041-2070).

No se ha considerado un escenario de inundación fluvial teniendo en cuenta el cambio climático puesto que los niveles más altos en el río Paraguay se dan en la situación actual, por tanto, se considera esta situación como la más desfavorable, y la evaluación del desbordamiento del río con cambio climático no tiene utilidad en este estudio.

Los siguientes epígrafes siguen la estructura de este marco conceptual.

2.1. Evaluación de la amenaza

Los bañados de Asunción son zonas naturales de inundación a las orillas del río Paraguay donde se ubican asentamientos irregulares de población de escasos recursos económicos. La inundación fluvial de estas áreas se produce con crecidas significativas del río Paraguay que obligan a los residentes a abandonar sus casas por un largo periodo de tiempo que puede durar meses debido al régimen lento del río (ICES, 2014). Por otro lado, se producen inundaciones urbanas asociadas a la falta de un sistema apropiado de desagüe pluvial, a la acumulación de basura en cauces y alcantarillas, y a la ocupación de áreas inundables en las riberas de los arroyos que atraviesan estas zonas (Plan Maestro de la Franja Costera de Asunción, 2017).

La evaluación de la amenaza por inundación se ha llevado a cabo mediante tres modelos de amenaza con diferentes objetivos y grados de detalle (Figura 3):

- Un modelo de desbordamiento del río Paraguay a su paso por Asunción donde se caracteriza la inundación fluvial en situación actual y en diferentes escenarios de intervención definidos en función de las diferentes estrategias de gestión mejorada propuestas en las áreas de los bañados. En este modelo para representar de manera adecuada el desbordamiento del río, se ha considerado un tramo de río de unos 65 km de longitud que va desde Villa Hayes hasta Villeta con una anchura de alrededor de 5 km a ambas márgenes del río obteniendo, de esta manera, un área de estudio de 660 km².
- Dos modelos de detalle de inundación urbana, uno para cada uno de los bañados. En estos modelos, para caracterizar la inundación pluvial de manera adecuada se incluye además del área de los bañados propiamente dicha, el área de sus cuencas vertientes y el tramo del río Paraguay colindante a los mismos, obteniendo un área de 85.5 km² para el Bañado Norte y de 75.91 km² para el Bañado Sur.

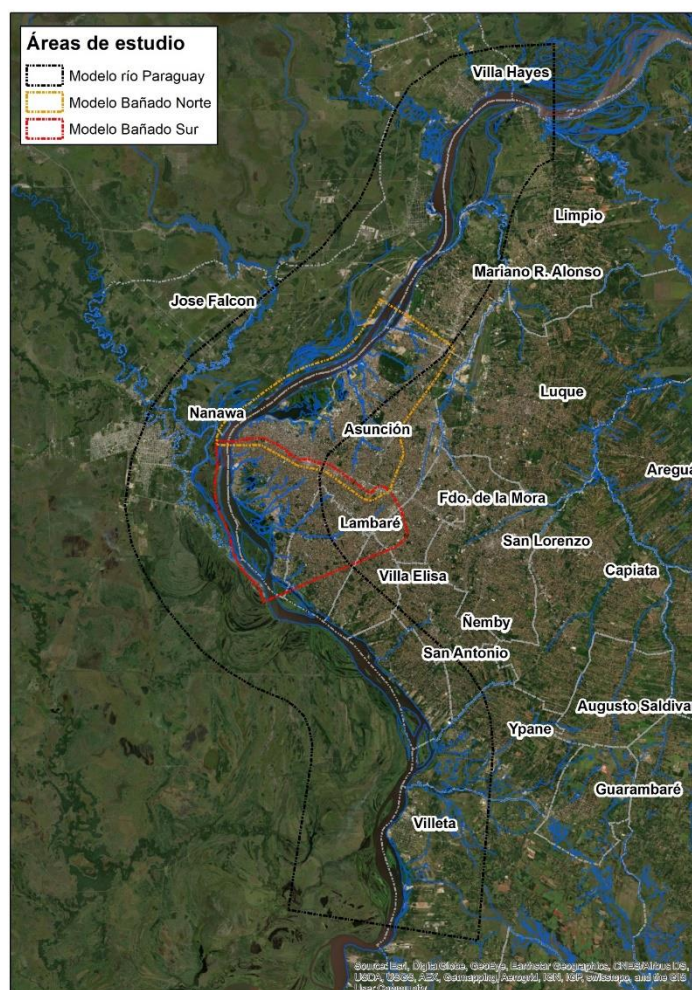


Figura 3. Áreas de estudio definidas para los tres modelos de amenaza.

El estudio de la amenaza para cada modelo se ha abordado mediante el cálculo de los calados y velocidades asociados a eventos de avenida con diferentes probabilidades de presentación y, como resultados, se han obtenido los mapas de amenaza, envolventes de máximos de calados y velocidades.

La herramienta escogida para desarrollar este estudio ha sido el modelo hidráulico integrado Infoworks ICM desarrollado por Innovyze, que incorpora los módulos hidrológicos e hidráulicos en un mismo modelo para resolver la dinámica de inundación causada por la dinámica fluvial y pluvial combinada en el área de estudio, utilizando como base topográfica el modelo digital del terreno generado para el presente proyecto de 1 metro de tamaño de pixel.

Los aspectos más destacables de la modelización hidroclimática de la amenaza de inundación son los siguientes:

- El modelo del río Paraguay ha sido calibrado con los datos de niveles de la estación hidrométrica localizada en el puerto de Asunción.

- A lo largo del tramo de analizado no se producen prácticamente cambios en los niveles del río Paraguay en los escenarios de intervención, respecto de la situación actual, no superando en ningún caso los 4 cm. Es decir, las actuaciones propuestas apenas tienen influencia en la inundación producida por el desbordamiento del río Paraguay a su paso por Asunción.
- Los resultados obtenidos en el modelo de inundación de los Bañados Norte y Sur han sido validados con la información disponible sobre puntos críticos de inundación pluvial en la ciudad identificados en diferentes estudios y tras eventos sucedidos en los últimos años, comprobándose que las áreas de inundación obtenidas coinciden con los puntos críticos identificados.
- En cuanto a los resultados obtenidos para el escenario de cambio climático seleccionado, RCP8.5 para el medio plazo (2041-2070), se observan incrementos tanto en los mapas de calados como en los de velocidades, respecto de la situación actual para los periodos de retorno analizados.

En las siguientes figuras se presentan los mapas de calados para la situación actual para los tres modelos analizados y 100 años de periodo de retorno.

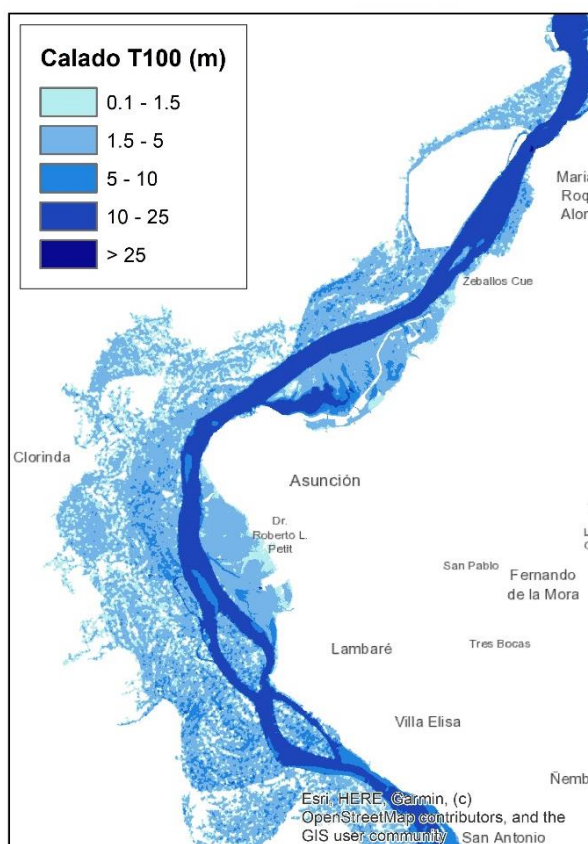


Figura 4. Mapa de calados en el río Paraguay para 100 años de periodo de retorno en situación actual.

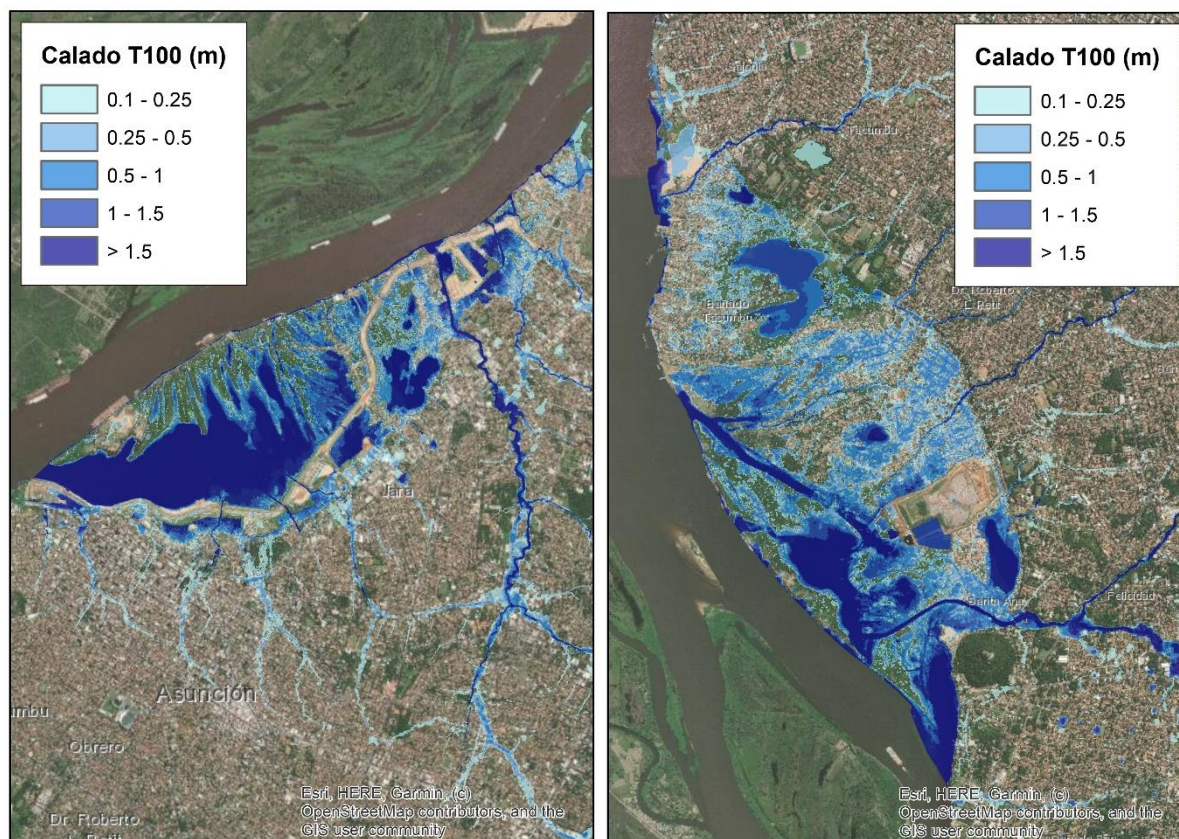


Figura 5. Mapas de calados en el Bañado Norte y Bañado Sur para 100 años de periodo de retorno en situación actual.

2.2. Evaluación de la exposición

La exposición constituye una de las variables de la función del riesgo (Figura 2). En este contexto, la evaluación de la exposición engloba la identificación y caracterización de los elementos expuestos como paso previo a la caracterización de la exposición. En este sentido, se ha desarrollado un inventario de activos (elementos existentes en el área de estudio) que incluye todos los activos físicos¹ (edificaciones e infraestructuras críticas y edificios) y los activos sociales² (población) que forman parte del área de estudio

¹ Se ha contado con información digital facilitada por el Banco Mundial desarrollada a partir de imágenes de drones y de cámaras Street View por la empresa GPHR (junio, 2020) dentro del Programa Global para Viviendas Resilientes (*World Bank Global Program for Resilient Housing*) e incluye datos del área y la altura media a nivel de edificio como insumo principal para la conformación de los inventarios de cada uno de los bañados; si bien, puesto que su extensión no cubre la huella urbana de los dos bañados por completo, se ha completado con la información digital a nivel de manzana facilitada por el MUVH que cuenta con el número de viviendas en cada manzana y su localización en el año 2012 y la inspección directa en el sitio de algunas zonas derivadas de las vistas de campo realizadas durante la primer misión y observaciones de las últimas imágenes de satélite e interpretación de las mismas.

² La población ha sido obtenida como combinación de diferentes fuentes de información: datos de población del Estudio de Riesgos y Vulnerabilidad al Cambio Climático para el Área Metropolitana de Asunción, bajo el Programa de Ciudades Emergentes y Sostenibles (ESCI) del BID, censo de Tacumbú de 2017 (Global Consultores-Itaipu) e información sobre población en diferentes áreas de los bañados obtenida de la plataforma Asu Participa.

caracterizándolos a través de sus condiciones físicas, sus sectores de uso y su valor económico de forma que permita determinar su vulnerabilidad frente a la amenaza estudiada.

2.2.1. Exposición física

Las **edificaciones** se clasifican en cuatro categorías de calidad constructiva, en función del nivel socioeconómico de la población, la tipología edificatoria y el acceso a servicios de abastecimiento y saneamiento básicos³.

Calidad constructiva	Clase socioeconómica	Precio (USD/m ²)
A	Alta	1,050
B	Media	437.5
C	Baja	287.5
D	Precaria	87.26

Tabla 1. Relación entre clase socioeconómica y categorías de calidad constructiva y valores de reposición considerados⁴.

Alguna de las principales conclusiones del inventario realizado son las siguientes:

- Los bañados de la ciudad de Asunción son áreas con escasos contrastes en materia de calidad de vivienda donde predomina la vivienda de tipo precario con zonas las viviendas de clase baja.
- La calidad constructiva que más superficie ocupa es la de tipo precario (D) concentrando el 70% de la población de ambos bañados y el 64% y el 49% del área dedicada a uso residencial para el Bañado Norte y Sur, respectivamente.
- Le sigue la calidad constructiva baja (C) con un concentrando casi el 30% de la población restante y ocupando un 33% del Bañado Norte y un 51% del Bañado Sur.
- La categoría de tipo medio (B) es la menos abundante en lo que respecta a las hectáreas (3% en el Bañado Norte y 0.3% en el Bañado Sur) y la que menor

³ Clasificación realizada con base en la información disponible (p. ej. Estudio de Riesgos y Vulnerabilidad al Cambio Climático para el Área Metropolitana de Asunción, bajo el Programa de Ciudades Emergentes y Sostenibles (ESCI) del BID), junto con un análisis de fotointerpretación y el trabajo de campo desarrollado.

⁴ La estimación del valor económico de reposición para cada categoría de calidad constructiva se ha realizado con base en información del MUVH de diferentes proyectos en los bañados que incluyen estimaciones de costos de construcción de viviendas sociales, así como la valoración social de viviendas precarias donde los precios referenciales han sido obtenidos de diferentes fuentes: Eco Bahia Project Presentation 1 - Municipality of Asuncion, 2016, Promediados entre Costos y MANDU'á. Precios de SATs, Licitaciones del programa Vy'á rendá recientes, etc., una valoración sobre costos de viviendas de mayor categoría constructiva en otras zonas de la ciudad (<https://www.5dias.com.py/2019/01/el-valor-del-m%C2%B2-en-distintos-barrios-de-asuncion/#prettyPhoto>) y datos de obtenidos de otras ciudades estudiadas bajo la iniciativa CES con viviendas de tipologías similares.

cantidad de población reúne (6% en el Bañado Norte y 0.3% en el Bañado Sur) y no existen edificaciones del tipo A.



Figura 6. Imágenes de edificaciones en el Barrio de Tacumbú en el Bañado Sur. Fuente: Censo Tacumbú 2017. Fuente: Global Consultores-Itaipu, MUVH.

Calidad Constructiva	Ha.	%	Valor Total (MUS\$)	%	Población	%
BAÑADO NORTE						
A	-	-	-	-	-	-
B	2.04	2.8	8.91	7.57	2,388	5.6
C	23.63	32.6	67.95	57.73	10,219	24.1
D	46.80	64.6	40.84	34.70	29,728	70.2
Total	72.47	100	117.70	100	42,335	100
BAÑADO SUR						
A	-	-	-	-	-	-
B	0.18	0.3	0.81	0.65	78	0.3
C	33.33	50.8	95.83	76.90	9,104	30.1
D	32.06	48.9	27.98	22.45	21,089	69.7
Total	65.58	100	124.62	100	30,271	100

Tabla 2. Distribución de área, valor de reposición y población según categoría de calidad constructiva de las edificaciones.

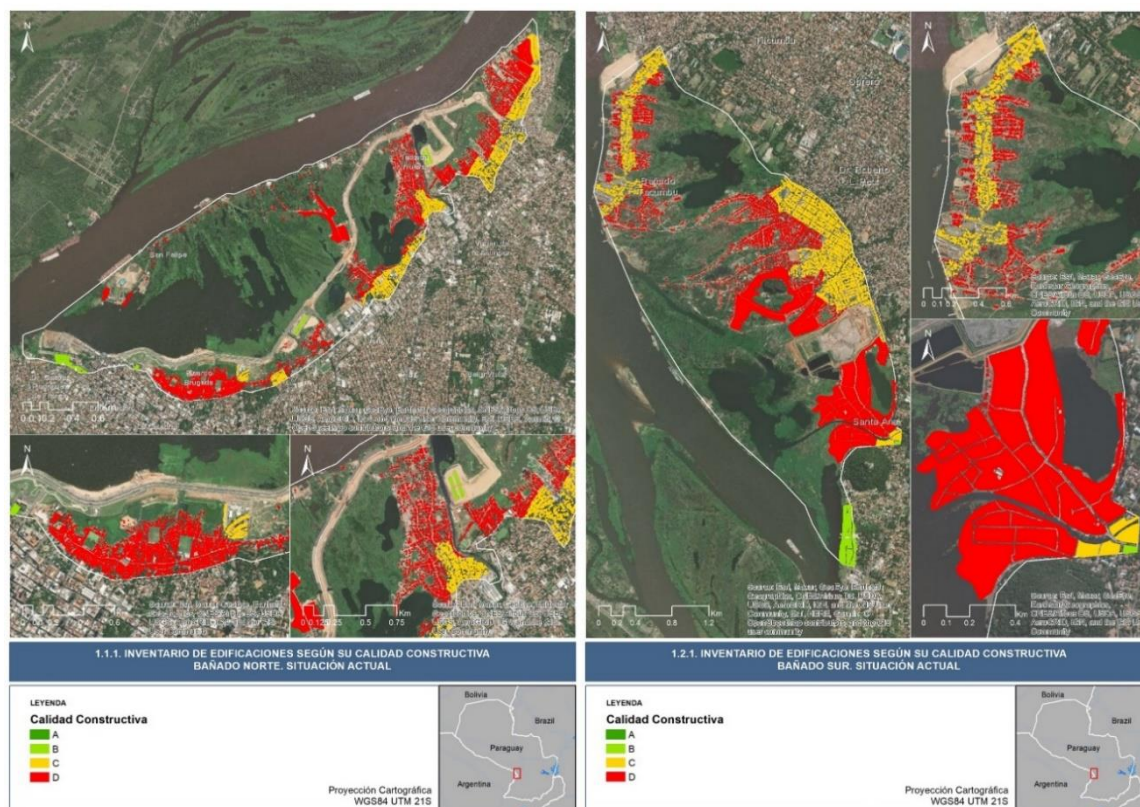


Figura 7. Distribución geográfica de la calidad constructiva de las edificaciones.

En la Tabla 3 se presentan los resultados de la exposición física para cada escenario considerado en cada bañado para los periodos de 10 y 100 años, que representan eventos de alta y baja probabilidad de ocurrencia respectivamente. Las principales conclusiones obtenidas son:

- El área edificada afectada representa un gran porcentaje del área inventariada en ambos bañados menos y como es lógico, se produce un incremento en el número de superficie afectada conforme aumenta el periodo de retorno.
- El área edificada expuesta a inundación con periodo de retorno de 10 años representa un 41.7% del área edificada total para la inundación fluvial en el Bañado Norte y un 46.65 % en el Bañado Sur, esta cifra disminuye para la inundación pluvial donde el área edificada expuesta representa el 27.7% y el 37.7% en los Bañados Norte y Sur para el clima actual y teniendo en cuenta el cambio climático el 32.4% y 42.9%.
- Para el periodo de retorno de 100 años esta cifra aumenta un 67.2 % de la superficie edificada total para la inundación fluvial del Bañado Norte y a un 71.1 % en el Bañado Sur y, respecto a la inundación pluvial, aumenta hasta el 37.6% y el 49.1% para el clima actual y hasta el 42.9% y el 55.7% teniendo en cuenta el cambio climático para los Bañados Norte y Sur, respectivamente.

	BAÑADO NORTE		BAÑADO SUR	
INUNDACIÓN FLUVIAL SIT. ACTUAL	T10	T100	T10	T100
Área edif. inundada (Ha.)	30.19	41.7	21.76	33.2
% Área edif. inundada	41.7	67.2	46.65	71.1
Valor edif. expuesto (MUS\$)	31.41	61.77	30.21	73.30
% Valor edif. expuesto	26.69	52.48	24.24	58.82
INUNDACIÓN PLUVIAL SIT. ACTUAL	T10	T100	T10	T100
Área edif. inundada (Ha.)	20.11	27.28	24.74	32.18
% Área edif. inundada	27.7	37.6	37.7	49.1
Valor edif. expuesto (MUS\$)	27.34	37.54	48.75	62.14
% Valor edif. expuesto	23.23	31.89	39.12	49.86
INUNDACIÓN PLUVIAL CC	T10	T100	T10	T100
Área edif. inundada (Ha.)	23.46	31.08	28.14	36.54
% Área edif. inundada	32.4	42.9	42.9	55.7
Valor edif. expuesto (MUS\$)	32.07	42.91	54.94	69.93
% Valor edif. expuesto	27.25	36.45	44.08	56.12

Tabla 3. Edificaciones afectadas por inundación y valor económico expuesto según periodo de retorno de 10 y 100 años.

En lo referente a las **infraestructuras críticas** (infraestructuras urbanas y áreas comerciales) se ha elaborado una base de datos (inventario) que cuenta con los siguientes elementos:

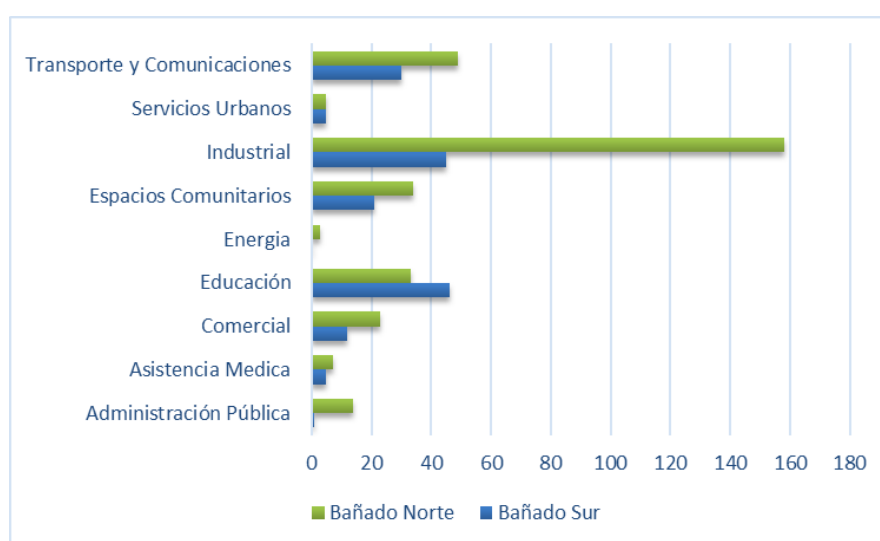


Figura 8. Infraestructuras críticas del área de estudio según fuentes de información consultadas.

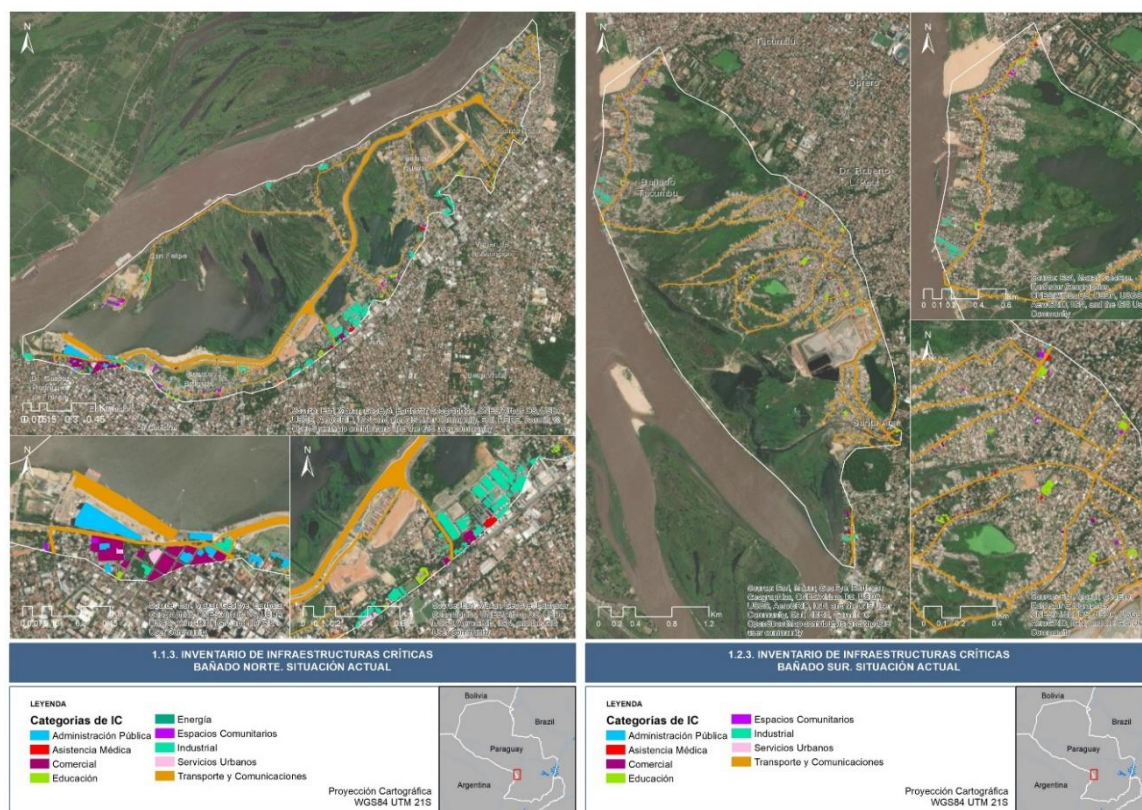


Figura 9. Inventario de infraestructuras críticas.

Como se puede observar en las figuras anteriores, existen más infraestructuras críticas en el Bañado Norte que en el Bañado Sur. Esto se debe principalmente a que en el Bañado Norte existen gran cantidad de áreas industriales convirtiéndolos en los elementos más numerosos. En cuanto al resto de categorías, el orden de magnitud es similar en ambos bañados siendo los más abundantes los elementos pertenecientes a las categorías Industrial, Transporte y Comunicaciones y Educación.

2.2.2. Exposición social

La exposición social se refiere a la cantidad de personas afectadas por una amenaza particular. Para obtener la población expuesta a inundaciones se ha tenido en cuenta la densidad de población (población inventariada) y las láminas de inundación de distintos periodos de retorno.

Se ha considerado una población de 42,335 habitantes en el Bañado Norte y 30,271 en el Bañado Sur con una densidad media poblacional aproximada de 460 Hab./ha y 220 Hab./ha, respectivamente.

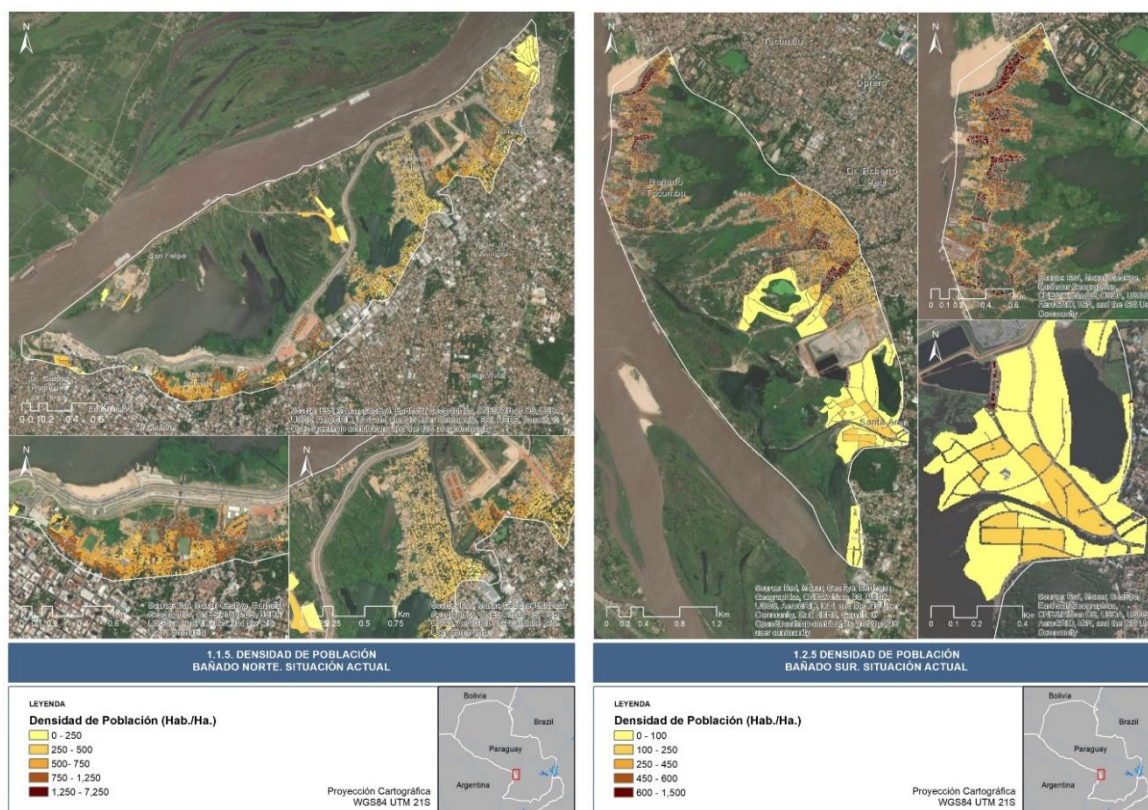


Figura 10. Densidad de población en la situación actual.

En la Tabla 4 se presenta la población expuesta en los bañados para los periodos de retorno de 10 y 100 años. Las principales conclusiones obtenidas son:

- La población afectada representa un gran porcentaje de la población inventariada en ambos bañados menos y como es lógico, se produce un incremento en el número de personas afectadas conforme aumenta el periodo de retorno.
- La población expuesta a inundación con periodo de retorno de 10 años representa un 44.5 % de la población total para la inundación fluvial en el Bañado Norte y un 38.8 % en el Bañado Sur, esta cifra disminuye para la inundación pluvial donde la población expuesta representa el 29.4% y el 35.5% en los Bañados Norte y Sur para el clima actual y teniendo en cuenta el cambio climático el 33.6% y 40.8%.
- Para el periodo de retorno de 100 años esta cifra aumenta un 68.1 % de la población total para la inundación fluvial del Bañado Norte y a un 77.6 % en el Bañado Sur y, respecto a la inundación pluvial, aumenta hasta el 43.4% y el 47.3% para el clima actual y hasta el 50.8% y el 54.1% teniendo en cuenta el cambio climático para los Bañados Norte y Sur, respectivamente.

	BAÑADO NORTE		BAÑADO SUR	
INUNDACIÓN FLUVIAL SIT. ACTUAL	T10	T100	T10	T100
Población afectada/expuesta	18,791	28,820	11,750	23,484
% respecto del total de población	44.4	68.1	38.8	77.6
INUNDACIÓN PLUVIAL SIT. ACTUAL	T10	T100	T10	T100
Población afectada/expuesta	12,441	16,281	10,753	14,307
% respecto del total de población	29.4	38.5	35.5	47.3
INUNDACIÓN PLUVIAL CC	T10	T100	T10	T100
Población afectada/expuesta	14,206	18,393	12,365	16,392
% respecto del total de población	33.6	43.4	40.8	54.1

Tabla 4. Población expuesta a inundación según periodo de retorno de 10 y 100 años.

2.3. Evaluación de la vulnerabilidad

El análisis de la vulnerabilidad de los elementos expuestos consiste en el estudio del grado de afectación que puede generar la amenaza en los elementos expuestos, siendo una cualidad intrínseca al sistema y función de las características naturales de esos elementos y del umbral a partir del cual se produce el impacto objeto de estudio, se trata de evaluar las características intrínsecas de los elementos expuestos que les hacen más susceptibles de sufrir los impactos negativos de una amenaza.

2.3.1. Vulnerabilidad física

La vulnerabilidad física se representa mediante **curvas de vulnerabilidad o funciones de daño** que relacionan la profundidad de la lámina de agua con el daño potencial sobre el elemento analizado, que dependerá de las características intrínsecas de este.

La asignación de funciones de daño por inundación en **edificaciones** viene definida para cada tipología de calidad constructiva considerando cuatro funciones de daño, dos para viviendas de un solo piso (planta baja) y otras dos para viviendas de dos o más pisos.

Para la asignación de estas funciones, se ha aplicado el juicio de experto para seleccionar las funciones CAPRA que mejor se relacionan con las cuatro categorías empleadas (A, B, C y D), que finalmente se han ajustado con funciones analíticas para facilitar la implementación. La hipótesis de trabajo es que este tipo de inundaciones dañan las instalaciones y los equipamientos de cualquier vivienda, sea de madera o de ladrillo, pero no alteran en general su estructura. Únicamente para la categoría D, la más frágil, se ha incluido un criterio de colapso (daño estructural del 100%), basada en datos empíricos de desastres y del manual técnico de HAZUS.

En la Figura 11 se muestran de forma gráfica las funciones de daño por inundaciones adoptadas en el caso de no sufrir colapso:

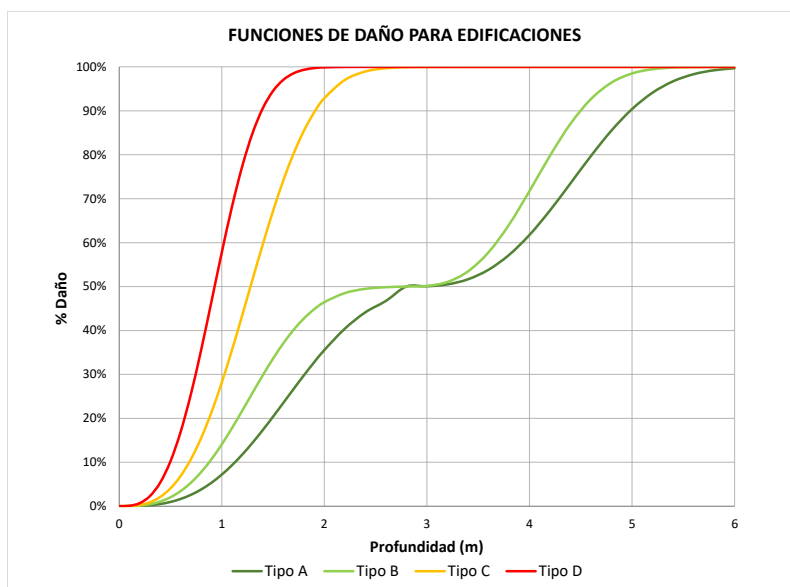


Figura 11. Funciones de daño para calcular los riesgos de inundación.

En el caso de las **infraestructuras críticas**, se asigna una función de daño a cada categoría de infraestructura crítica, agrupadas por su tipología y tipo de servicios que provén (Tabla 5).

CATEGORÍAS	Tipo de función de daño de Infraestructuras críticas
Espacios comunitarios	<i>Tipo I</i>
Administración Pública	<i>Tipo II</i>
Asistencia Médica	
Educación	
Comercial	
Servicios Urbanos	
Energía	<i>Tipo III</i>
Industrial	
Transporte y comunicaciones	<i>Tipo IV</i>

Tabla 5. Funciones de daño para las diferentes categorías de infraestructuras críticas.

Para cada tipo de función de daño, se asignan dos funciones de daño (Figuras 12 y 13):

- Funciones de daño que permiten valorar los **daños directos**, asociados a la afección de la propia infraestructura crítica. A partir de estas funciones, es posible cuantificar los costes de la infraestructura crítica.

- Funciones de daño que permiten valorar los **daños indirectos**, asociados a la pérdida de servicio. A partir de estas funciones, es posible cuantificar los costes derivados de la no funcionalidad de la infraestructura crítica.

Estas funciones de daño en infraestructuras críticas no están disponibles de forma genérica en la literatura técnica, y por tanto se han elaborado a partir de la experiencia adquirida en numerosas ciudades de Latinoamérica y el Caribe, tratando de minimizar el número de parámetros necesarios y con un enfoque práctico.

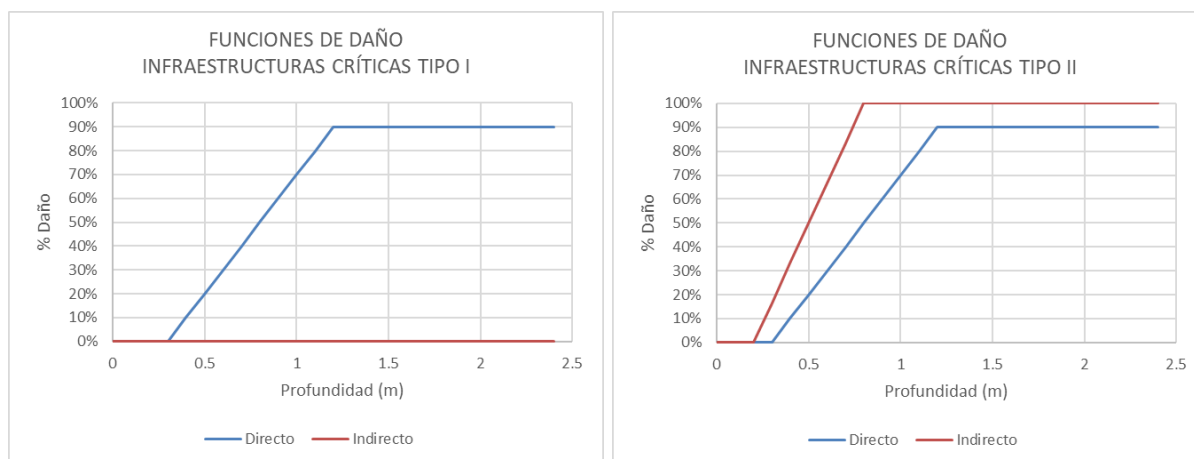


Figura 12. Funciones de daño para infraestructuras críticas de tipo I y II.

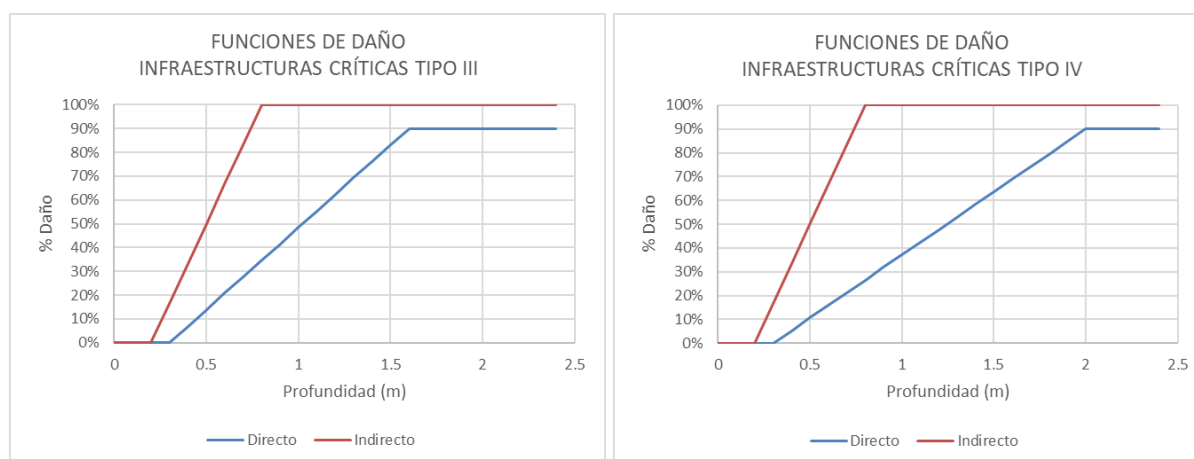


Figura 13. Funciones de daño para infraestructuras críticas de tipo III y IV.

2.3.2. Vulnerabilidad social

La densidad de población es uno de los factores clave de la vulnerabilidad, ya que determina la cantidad de personas que potencialmente pueden encontrarse en un lugar alcanzado por las aguas de una creciente. No obstante, una alta densidad de población no implica una vulnerabilidad alta, ya que la población puede estar más o menos expuesta a la peligrosidad en función de las características tipológicas y estructurales de los edificios,

así como de otras variables no estructurales asociadas a la capacidad de evacuación temprana de la zona afectada.

Una de las fórmulas disponibles, que ha sido empleada con éxito en diversos estudios y se basa en datos de eventos reales, es la debida a Jonkman et al. (2008), que introducen una probabilidad de muerte que depende del calado, la velocidad y la tasa de aumento del calado.

2.4. Evaluación del riesgo

Para el cálculo de los daños por inundación se han considerado las siguientes categorías de daño económico para cada periodo de retorno:

- Daños directos en edificaciones: se obtienen aplicando las curvas de vulnerabilidad a las tipologías de viviendas de la zona, teniendo en cuenta el calado alcanzado por los eventos de distinto periodo de retorno.
- Daños indirectos de reubicación: se obtiene únicamente para la inundación fluvial por desbordamiento del río Paraguay. Se ha considerado que todas las personas afectadas por inundación fluvial para cada periodo de retorno tienen que abandonar sus viviendas por un tiempo determinado (resultado del análisis del régimen de persistencia del río) que depende de la cota en la que se encuentren. El valor económico (daño indirecto de reubicación) se obtiene de considerar un coste por persona y por día de 10\$, que representa el coste de realojamiento y manutención de las personas afectadas.
- Daños directos en infraestructuras críticas: son el equivalente a los daños en edificaciones, pero aplicados a infraestructuras públicas.
- Capacidad afectada: se ha estimado la merma de capacidad que una inundación genera en cada uno de los subsistemas críticos analizados. Se han empleado para ello un conjunto de curvas de daño, descritas anteriormente, que relacionan los calados de agua con la pérdida de servicio que conllevan.
- Daños indirectos en infraestructuras críticas: tratan de recoger, mediante precios sombra, el daño económico derivado de la interrupción de un servicio al que cada infraestructura crítica está ligado.
- Daños totales: la suma de todos los anteriores para cada periodo de retorno.

Igualmente, se han considerado para cada periodo de retorno los siguientes tipos de daño humano:

- Número de fallecidos y heridos graves.
- Número de personas afectadas por eventos de inundación: se define como el número de habitantes ubicados en lugares afectados por un evento y se ha obtenido como aquellas personas censadas en zonas cuyo calado asociado a un evento dado es superior a 0.3 m.

- Número de personas con necesidad de refugio de larga duración: en el caso de la inundación fluvial la mayor parte de las personas afectadas, debido a la persistencia en el tiempo de la inundación, deben de abandonar sus viviendas por un periodo de tiempo determinado. Se han considerado personas con necesidad de refugio de larga duración aquellas afectadas por la inundación fluvial que tienen que abandonar sus viviendas por un periodo de más de dos semanas de duración (localizadas a una cota de menos de 63 m).
- Número de personas con necesidad de refugio permanente: se calcula a partir del número de personas censadas en viviendas que sufren colapso por efecto de las inundaciones.

Toda esta información se ha condensado en un número más reducido de parámetros (con dimensiones) e indicadores (adimensionales) de daño, tanto económico como humano:

Parámetros de daño económico:	Indicadores de daño económico:
➤ <u>Pérdida anual esperada (PAE):</u> la PAE se calcula como la suma del producto entre las pérdidas esperadas para determinado evento, y la probabilidad de ocurrencia de dicho evento en un periodo de un año, para todos los periodos de retorno considerados. En términos probabilistas, la PAE es la esperanza matemática de la pérdida anual. ➤ <u>Pérdida máxima probable (PMP):</u> la PMP representa el valor de pérdida global para una tasa de excedencia dada. Dependiendo de la capacidad de la entidad para manejar el riesgo, se puede optar por gestionar pérdidas hasta determinado periodo de retorno.	➤ <u>Índice de daños económicos medios,</u> Es el porcentaje que representa la PAE sobre la renta total de la zona afectad (%). ➤ <u>Índice de daños económicos medios,</u> Es el porcentaje que representa la PMP sobre la renta total de la zona afectada (%).
Parámetros de daños humanos:	Indicadores de daños humanos:
➤ <u>Número medio de fallecidos anuales</u> ➤ <u>Número medio anual de personas afectadas por eventos de inundación</u> ➤ <u>Número medio anual de personas con necesidad de refugio de larga duración.</u> ➤ <u>Número medio anual de personas con necesidad de refugio permanente</u>	➤ <u>Índice de fatalidad:</u> proporción de fallecidos y heridos graves por cada millón de habitantes. ➤ <u>Índice de afectación humana (%):</u> porcentaje de afectados por inundaciones. ➤ <u>Índice de refugiados de larga duración:</u> proporción de personas con necesidades de refugio de larga duración. ➤ <u>Índice de refugiados permanentes:</u> proporción de personas con necesidades de refugio permanente cuyas viviendas han sufrido un colapso por efecto de las inundaciones (Personas/millón de hab.)

2.4.1. Riesgo económico

En la Tabla 6 se presentan los daños económicos totales y los indicadores de riesgos de desastres económicos obtenidos en los bañados para los tres escenarios analizados para los periodos de retorno de 10 y 100 años, así como los valores anualizados.

	BAÑADO NORTE			BAÑADO SUR		
INUNDACIÓN FLUVIAL SIT. ACTUAL	T10	T100	PAE	T10	T100	PAE
Daños directos edif. (MUS\$)	2.73	9.48	1.26	1.17	10.50	0.75
Daños indirectos de reubicación (MUS\$)	10.52	14.74	3.53	6.76	12.29	1.90
Daños directos IC (MUS\$)	0.96	3.34	0.44	0.14	1.22	0.09
Daños indirectos IC (MUS\$)	0.38	1.32	0.17	0.24	2.12	0.15
Daños totales (MUS\$)	14.58	28.87	5.40	8.30	26.13	2.89
Daños totales (% sobre valor de reposición total)	10.14%	20.07%	3.76%	6.48%	20.40%	2.26%
Índice de daños econ. (% daños sobre renta)	6.36%	12.60%	2.36%	5.06%	15.94%	1.77%
INUNDACIÓN PLUVIAL SIT. ACTUAL	T10	T100	PAE	T10	T100	PAE
Daños directos edif. (MUS\$)	0.57	1.09	0.31	0.56	0.97	0.41
Daños directos IC (MUS\$)	0.29	0.55	0.15	0.16	0.27	0.11
Daños indirectos IC (MUS\$)	0.30	0.58	0.16	0.09	0.15	0.06
Daños totales (MUS\$)	1.16	2.22	0.62	0.81	1.39	0.59
Daños totales (% sobre valor de reposición total)	0.81%	1.54%	0.43%	0.63%	1.09%	0.46%
Índice de daños econ. (% daños sobre renta)	0.51%	0.97%	0.27%	0.49%	0.85%	0.36%
INUNDACIÓN PLUVIAL CC	T10	T100	PAE	T10	T100	PAE
Daños directos edif. (MUS\$)	0.76	1.57	0.39	0.72	1.36	0.49
Daños directos IC (MUS\$)	0.34	0.70	0.17	0.21	0.39	0.14
Daños indirectos IC (MUS\$)	0.37	0.75	0.19	0.12	0.22	0.08
Daños totales (MUS\$)	1.47	3.02	0.75	1.04	1.98	0.71
Daños totales (% sobre valor de reposición total*)	1.02%	2.10%	0.52%	0.81%	1.55%	0.55%
Índice de daños econ. (% daños sobre renta)	0.64%	1.32%	0.33%	0.63%	1.21%	0.43%

Tabla 6. Resultados de daños económicos por inundación.

Para todos los escenarios el riesgo económico total aumenta a medida que aumenta el periodo de retorno siendo mucho mayor para la inundación fluvial que para la pluvial tanto para el clima actual como teniendo en cuenta el cambio climático, con un valor del PAE

para el Bañado Norte de MUS\$ 3.65, MUS\$ 0.6 y MUS\$ 0.75 respectivamente, de los cuales la mayor parte son daños económicos a las edificaciones. En comportamiento es similar para el bañado Sur con un valor del PAE de MUS\$ 1.95, MUS\$ 0.6 y MUS\$ 0.7.

2.4.2. Riesgo social

En la Tabla 7 se presentan los daños sociales y los indicadores de riesgos de desastres sociales obtenidos en los bañados para los tres escenarios analizados para los periodos de retorno de 10 y 100 años. Las principales conclusiones obtenidas son:

- En torno al 45% de la población del Bañado Norte y el 40% del Bañado Sur se ve afectada directamente por eventos de inundación fluvial moderados o leves con cierta frecuencia (cada 10 años o menos); en el caso de un hipotético evento extremo, este fenómeno podría afectar, con variada intensidad, a más de dos tercios de la población. Estos valores disminuyen para la inundación pluvial con en torno a un 30% y de un 33% de personas afectadas para el periodo de retorno de 10 años para el clima actual y teniendo en cuenta el cambio climático en el Bañado Norte y de en torno a un 32% y de un 36% en el Bañado Sur, valores que aumentan hasta un 40% y un 45% para el periodo de retorno de 100 años en el Bañado Norte y hasta un 47% y un 54% en el Bañado Sur.
- La gran cantidad de personas afectadas por la inundación fluvial son además personas con necesidad de refugio de largo periodo. Esto se debe a que necesitan abandonar sus viviendas por un periodo de tiempo determinado que viene definido por la persistencia de la inundación y que, como se ha visto anteriormente, no es nada despreciable y acarrea un gran coste económico para el realojamiento y manutención de estas personas durante el tiempo en que sus viviendas permanezcan inundadas (daño económico indirecto a las edificaciones).
- Las personas con necesidad de refugio permanente debido a que su vivienda ha sufrido un colapso son mínimos para la inundación fluvial solo dándose para eventos de altos periodos de retorno (cada 100 años o más). Este número aumenta para la inundación pluvial debido a que las velocidades producidas por este tipo de inundación son mayores, pero sigue siendo bajo.
- Los resultados de pérdidas de vidas a causa de la inundación fluvial indican que, al menos en términos relativos a la magnitud de los daños económicos, la fatalidad por inundaciones en los bañados es reducida con una fatalidad media anualizada de 0.45 en el Bañado Norte (una persona cada dos años, aproximadamente) y de 0.15 en el Bañado Sur (una persona cada seis años). Los fallecimientos estimados se deben principalmente al ahogamiento de personas aisladas, probablemente ancianos, enfermos o niños. El índice de fatalidad es de 11 por cada millón de habitantes y año en el Bañado Norte y de 5 en el Bañado Sur, valor relativamente alto que ese explica con la gran cantidad de personas que viven en asentamientos informales en zonas indudables dentro del bañado.
- En cuanto a los resultados de pérdidas de vidas causadas por la inundación pluvial, estos son menores que para la inundación fluvial, con valores medios anualizados

de 0.2 para el clima actual y de 0.25 teniendo en cuenta el efecto del cambio climático para el Bañado Norte y de 0.2 y 0.45 para el Bañado Sur. Por último, en términos proporcionales a la población cada bañado, el índice medio de fatalidad es de 5 por cada millón de habitantes y año para el clima actual y de 6 teniendo en cuenta el cambio climático.

	BAÑADO NORTE			BAÑADO SUR		
INUNDACIÓN FLUVIAL SIT. ACTUAL	T10	T100	PAE	T10	T100	PAE
Personas afectadas	18,791	28,820	6,229	11,750	23,484	3,342
Personas con necesidad de refugio de larga duración	18,786	28,442	6,217	11,750	23,474	3,342
Personas con necesidad de refugio permanente	-	3.83	0.08	0.00	0.00	0.00
Fallecidos y heridos graves	0.86	5.08	0.45	0.33	2.02	0.15
Índice de afectación (%)	44.39%	68.08%	14.71%	38.82%	77.58%	11.04%
Índice de refugiados de larga duración (%)	44.38%	67.18%	14.69%	38.82%	77.55%	11.04%
Índice de refugiados permanentes (pers. por mill. hab.)	-	90.53	1.81	0.00	0.00	0.06
Índice de fatalidad (vidas por mill. hab.)	20.31	120.04	10.56	10.81	66.72	4.95
INUNDACIÓN PLUVIAL SIT. ACTUAL	T10	T100	PAE	T10	T100	PAE
Personas afectadas	12,441	16,281	9,491	10,753	14,307	8,194
Personas con necesidad de refugio permanente	1.31	7.59	0.76	4.39	11.07	2.33
Fallecidos y heridos graves	0.28	0.41	0.21	0.22	0.33	0.16
Índice de afectación (%)	29.39%	38.46%	22.42%	35.52%	47.26%	27.07%
Índice de refugiados permanentes (pers. por mill. hab.)	30.87	179.31	17.92	145.00	365.84	77.10
Índice de fatalidad (vidas por mill. hab.)	6.63	9.77	4.96	7.21	10.75	5.34
INUNDACIÓN PLUVIAL CC	T10	T100	PAE	T10	T100	PAE
Personas afectadas	14,206	18,393	10,466	12,365	16,392	9,093
Personas con necesidad de refugio permanente	2.46	9.80	1.29	8.93	19.53	3.80
Fallecidos y heridos graves	0.34	0.52	0.24	0.26	0.41	0.19
Índice de afectación (%)	33.56%	43.45%	24.72%	40.85%	54.15%	30.04%
Índice de refugiados permanentes (pers. por mill. hab.)	58	232	31	295	645	126
Índice de fatalidad (vidas por mill. hab.)	7.93	12.29	5.64	8.67	13.45	6.12

Tabla 7. Cifras e indicadores de riesgo humano frente a inundaciones.

3. EVALUACIÓN PROBABILISTA DEL RIESGO DE INUNDACIÓN PARA EL ESCENARIO CON INTERVENCIONES

3.1. Propuesta de medidas de reducción de riesgo

La evaluación probabilista del riesgo de inundación realizada para la situación actual ha permitido la identificación de las áreas más afectadas por la amenaza de inundación tanto pluvial como fluvial. Como resultado se ha obtenido que una gran superficie del área de ambos bañados tiene un alto riesgo de inundación, siendo afectados por este fenómeno incluso para periodos de retorno muy bajos. Además, estas áreas coinciden con las localizaciones de las viviendas precarias ya mencionadas en apartados anteriores.

Debido a todos estos factores se ha descartado la propuesta de medidas puntuales en zonas priorizadas, puesto que las zonas en riesgo abarcan gran parte del área de los bañados y en favor de medidas globales que mitiguen los riesgos de inundación en la totalidad del área de los bañados.

Esencialmente, se pueden adoptar dos estrategias para la defensa de los bañados frente al desbordamiento del río Paraguay: rellenar hasta una cota a la que no exista riesgo para generar una cierta superficie urbana o la implantación de una solución basada en bombeos, que consiste en desconectar el bañado del río Paraguay durante ciertos periodos del año, utilizando diques, compuertas y/o instalaciones de bombeo para mantener temporalmente el nivel interior del agua por debajo del nivel del río, manteniendo a salvo las edificaciones existentes por encima de una cierta cota de diseño.

La mitigación de la inundación que producen los arroyos que atraviesan los bañados se estructura a partir de actuaciones de ordenación hidráulica de los cauces con defensas en las márgenes que protejan zonas urbanas y restrinjan los usos y la ocupación de las áreas de influencia de los cauces; asimismo la modificación y/o consolidación de los límites de estos corredores posibilitaría la recuperación para el desarrollo urbano de terrenos actualmente inundables.

Otro aspecto muy importante para evitar inundaciones es controlar las áreas que carecen de una red de drenaje de aguas pluviales bien desarrollada, donde la propia escorrentía urbana origina situaciones de inundación local en puntos bajos. Las medidas de mitigación, en este caso, se deben orientar a facilitar el paso de los caudales por los bañados y acelerar la evacuación de las zonas de acumulación.

A continuación, se procede a describir el conjunto de medidas, en cada uno de los bañados de Asunción, encaminadas a mitigar los riesgos de inundación.

3.1.1. Medidas propuestas en el Bañado Norte

Para el Bañado Norte, se ha adoptado como estrategia principal la de aportar material de relleno que eleve la cota de los terrenos que son actualmente inundables. La autopista Costanera Norte, construida en la zona interior del bañado delimita la zona urbana que debe ser consolidada dentro del mismo. Fuera de este perímetro, se asume que todas las viviendas situadas por debajo de la cota de inundación deben ser reubicadas.

Dentro de este planteamiento se proponen dos escenarios de intervención diferentes que se describen a continuación.

Solución 1

- Rellenos hasta la cota +64m: elevación situada por encima del nivel en el río Paraguay asociado a un periodo de retorno de 500 años, reduciendo así el riesgo producido por desbordamiento del río Paraguay.
- Construcción de viviendas sociales: en esta nueva superficie urbana se plantea reubicar todas las viviendas afectadas por el desbordamiento del río dentro del bañado (para llevar a cabo los rellenos, las viviendas existentes deberán ser demolidas, y remplazadas por viviendas nuevas).
- Compensación por daños personales derivados de la reubicación: en Paraguay es habitual indemnizar a las familias afectadas por una reubicación por los daños personales causados (desarraigo social y cultural, gastos de desalojo, perjuicios psicológicos, etc.).
- Ordenación hidráulica de cauces: Limpieza, desbroce, dragado, aumento de la capacidad hidráulica y construcción de defensas en determinados tramos de cauce, prestando especial atención a los puentes y alcantarillas por su incidencia sobre el comportamiento hidráulico del cauce.
- Área de amortiguación y laminación: en la zona central del bañado, en el interior de la Costanera Norte, se mantiene un espacio natural inundable que sirva de amortiguación y laminación de las inundaciones y favorezca la interacción libre del agua y su recirculación.

El conjunto todas las actuaciones descritas anteriormente y esquematizadas en la Figura 14, se presenta, junto con su coste estimado⁵, en la Tabla 8.

⁵ El precio unitario de las diferentes macro-unidades se basa en datos obtenidos de la construcción de la autopista costanera norte y de las viviendas sociales que fueron realizadas en el marco de este proyecto (Proyecto: "Construcción de la Avenida Costanera Norte de Asunción – 2ª Etapa (11,522 km), junio 2012". MOPC y Fondo para la Convergencia Estructural del MERCOSUR), así como en información del MUVH de diferentes proyectos en los bañados que incluyen estimaciones de costos de construcción de viviendas sociales, así como la valoración social de viviendas precarias donde los precios referenciales han sido obtenidos de diferentes fuentes: Eco Bahia Project Presentation 1 - Municipality of Asuncion, 2016, Promediados entre Costos y MANDU'á. Precios de SATs, Licitaciones del programa Vy'á rendá recientes, etc. y datos de obtenidos de otras ciudades estudiadas bajo la iniciativa CES con viviendas de tipologías similares.

	Macro-unidad	Medición	Uds.	Precio unitario (USD)	Importe (MUSD)
1	Relleno procedente del cauce del río Paraguay	7.80E+06	m³	5	39
2	Construcción de nueva vivienda social derivada de la reubicación	9,382	vivienda	20,000	187.64
3	Compensación por daños personales derivados de la reubicación	9,382	vivienda	5,000	46.91
4	Encauzamiento y adecuación de los arroyos que vierten al bañado norte	12,300	m	300	3.69
				TOTAL:	277.24

Tabla 8. Síntesis de medidas propuestas en el Bañado Norte. Solución 1.

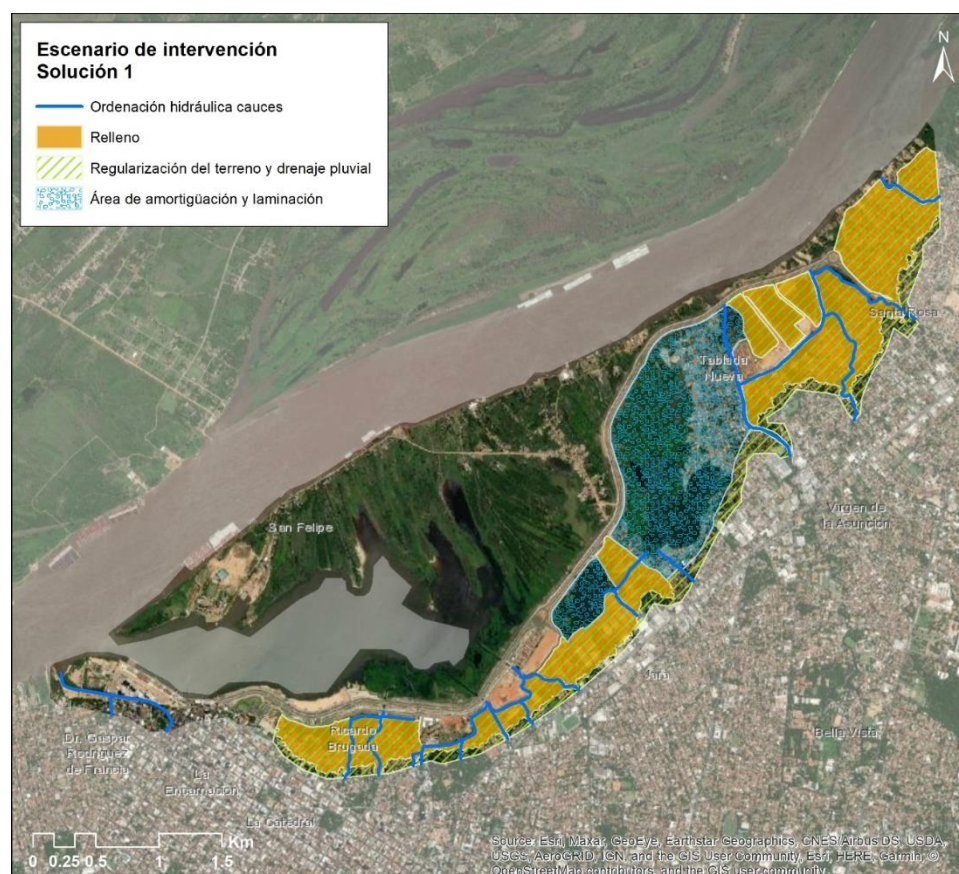


Figura 14. Conjunto de medidas propuestas en el Bañado Norte. Solución 1.

Solución 2

El segundo escenario de intervención propuesto es una variante sobre el anterior donde se plantea no realizar rellenos en la zona de Chacarita baja, sino dejar esa área como un área pública inundable de zonas verdes y parques de usos comunales y reubicar a la población de la zona fuera del bañado. En este sentido, las viviendas que en el escenario 1 se

reubicaban sobre los rellenos propuestos sobre esta zona se reubican fuera del bañado (2,105 viviendas) de las 9,382 viviendas que es necesario reubicar.

El conjunto todas las actuaciones que incluye este escenario se presentan en la Figura 15, junto con su coste estimado, en la Tabla 9.

	Macro-unidad	Medición	Uds.	Precio unitario (USD)	Importe (MUSD)
1	Relleno procedente del cauce del río Paraguay	6.43E+06	m ³	5	32.13
2	Construcción de nueva vivienda social derivada de la reubicación	9,382	vivienda	20,000	187.64
3	Compensación por daños personales derivados de la reubicación	9,382	vivienda	5,000	46.91
4	Encauzamiento y adecuación de los arroyos que vierten al bañado norte.	12,300	m	300	3.69
5	Adecuación del espacio público y creación de zonas verdes y de usos comunales	370,209	m ²	50	18.51
TOTAL:					288.88

Tabla 9. Síntesis de medidas propuestas en el Bañado Norte. Solución 2.

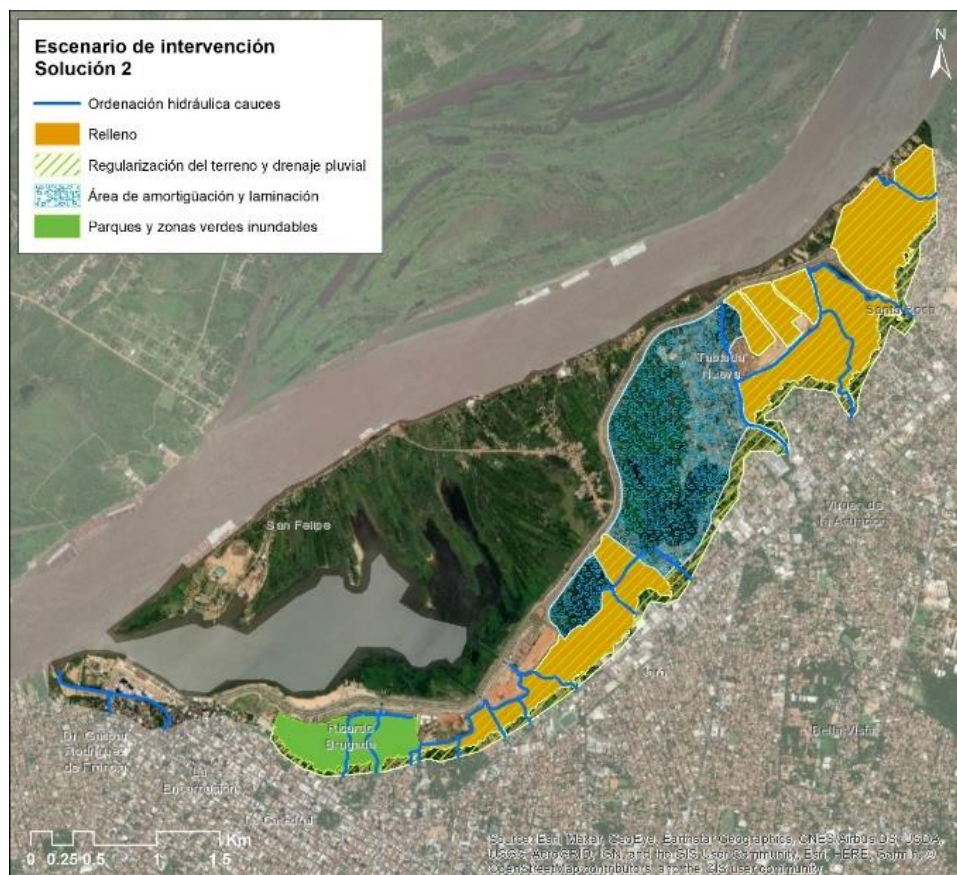


Figura 15. Conjunto de medidas propuestas en el Bañado Norte. Solución 2.

3.1.2. Medidas propuestas en el Bañado Sur

La configuración del Bañado Sur y la ubicación de la traza de la futura Costanera Sur hacen posible que en este bañado puedan plantearse las dos estrategias mencionadas anteriormente: la implantación de una solución basada en bombeos, que desconecte el bañado del río Paraguay durante ciertos periodos del año (solución 1) o rellenar hasta una cota a la que no exista riesgo para generar una cierta superficie urbana (soluciones 2 y 3).

Con base en estas dos estrategias, seguidamente se presentan tres soluciones en el Bañado Sur. Todas las soluciones tienen en cuenta la próxima construcción de las Fases 1 y 2 del proyecto “*Construcción de la Franja Costera del Bañado Sur*” (MOPC, 2018) que incluye la ejecución de la Costanera Sur bordeando el bañado y un relleno en la zona de Tacumbú donde reubicar las viviendas afectadas por inundación en ese barrio (Figura 16). A propósito de la ejecución de este proyecto se incluye en el escenario con intervenciones de las dos soluciones la construcción de un nuevo canal que permita el desagüe de la laguna Yrupe y la conexión de la misma con el resto del sistema laguna del Bañado Sur.

Solución 1

- Cierre perimetral del bañado dotado de estaciones de bombeo y compuertas: que permitan desacoplar temporalmente el nivel del río Paraguay y el nivel del agua interior, aprovechando la presencia de la autopista Costanera Sur. Se trata de un sistema de protección que aísla el bañado del río cuando se supera un determinado nivel crítico operativo, y desde ese instante toda el agua de escorrentía es evacuada mediante bombas de tornillo, hasta que el nivel del Paraguay vuelve a descender.
- Regularización del terreno original con excavación y relleno local en el entorno del bañado: La implantación del sistema de protección perimetral requiere de ciertos trabajos de regularización del terreno que posteriormente permitan la definición de una red de drenaje pluvial. Esta regularización del terreno implica movimientos de tierras a escala local para conseguir un contorno predefinido de la zona segura, así como para suprimir puntos bajos que generen acumulación de agua.
- Construcción de viviendas sociales: La implantación de este sistema elimina el riesgo asociado al desbordamiento del río Paraguay y, por tanto, no requiere la reubicación masiva de viviendas, pero aun así es necesario reubicar algunas viviendas situadas por debajo de la cota segura establecida en 59.2 m además de las viviendas situadas en el trazado del desvío del río Lambaré.
- Compensación por daños personales derivados de la reubicación: en Paraguay es habitual indemnizar a las familias afectadas por una reubicación por los daños personales causados (desarraigo social y cultural, gastos de desalojo, perjuicios psicológicos, etc.).
- Ordenación hidráulica de cauces: Limpieza, desbroce, dragado, aumento de la capacidad hidráulica y construcción de defensas en determinados tramos de cauce, prestando especial atención a los puentes y alcantarillas por su incidencia sobre el comportamiento hidráulico del cauce.
- Desvío y encauzamiento del tramo final del río Lambaré: para la defensa del área urbana situada al sur del bañado incluida la construcción de un muro de protección que proteja la margen izquierda del río, justo antes de su confluencia con el Paraguay.
- Costes de urbanización y mejoramiento de barrios: El desarrollo informal tiene desde su nacimiento precariedades en cuanto a la accesibilidad, el espacio público, infraestructura de servicios públicos y equipamientos, los cuales persistirían al mantenerse el asentamiento, costo que en algún momento debe asumir la administración pública mediante el mejoramiento con inversiones en estos soportes urbanos. Esta actuación incluye el mejoramiento de viviendas para adecuarlas a las estructuras resistentes y espacios adecuados básicos, el mejoramiento vial y de las zonas verdes, el mejoramiento o construcción de equipamientos, la construcción de redes de servicios públicos (mejorar y complementar la red local de servicios públicos de alcantarillado, acueducto y luz).

- Sensores de monitorización de variables hidro-climáticas: (fundamentalmente los niveles y las precipitaciones en la zona), junto con un sistema experto que facilite la explotación del sistema basada en los datos disponibles.

El conjunto todas las actuaciones descritas anteriormente y esquematizadas en la Figura 16, se presenta, junto con su coste estimado, en la Tabla 10.

	Macro-unidad	Medición	Uds.	Precio unitario (USD)	Importe (MUSD)
1	Construcción de nuevas viviendas sociales derivadas de la reubicación	121	-	20,000	2.42
2	Compensación por daños personales derivados de la reubicación	121	-	5,000	0.61
3	Estación de bombeo con 6 m ³ /s de capacidad (4+2 tornillos de 1 m ³ /s) con un juego de compuertas asociado ⁶	2	-	8,000,000	16.0
4	Obra de desvío y encauzamiento del tramo final del río Lambaré hasta la confluencia con el río Paraguay	1,945	m	2,000	3.89
5	Encauzamiento y adecuación de los arroyos que vierten al bañado sur, hasta llegar a la zona no segura	5,160	m	500	2.58
6	Regularización del terreno original con excavación y relleno local en el entorno del bañado	100,000	m ³	10	1.0
7	Costes de urbanización y mejoramiento de barrios ⁷	-	-	129	129
8	Sistema de monitorización y control	1	-	500,000	0.5
				TOTAL:	156.00

Tabla 10. Síntesis de medidas propuestas en el Bañado Sur. Solución 1.

⁶ El precios unitario de esta macro-partida se ha estimado a partir de la experiencia en proyectos similares a escala internacional como el siguiente proyecto desarrollado dentro de la iniciativa CES del BID: "Pre-feasibility Studies for the Climate Vulnerability Reduction Loan Program for Belize: hazard modeling and cost benefit analysis of coastal and flooding risk reduction works. Belize City Flood Reduction Pilot Project, BID, IHCantabria, 2017".

⁷ Para hacer los cálculos de los costos del Mejoramiento Integral de estos Barrios, se hizo una estimación de las manzanas, vías y zonas verdes (a partir de la foto de Google Earth), y por otro lado se calcularon los porcentajes de infraestructura pública planteada en la primera fase del Bañado Sur. Estos datos se promediaron y ajustaron, lo que derivó en unos porcentajes de 17,5% en Zonas Verdes y 15% en vías. Así mismo se asumió un 8% en equipamientos (con base en el porcentaje referencia en Colombia). En cuanto a los valores, se consultaron varias revistas paraguayas sobre costos, en las que sin embargo no se encontraron datos precisos de urbanismo. Entonces se usaron datos de costos de urbanismo recientes en Bogotá, asumiendo el valor más bajo de construcción de vías, y los valores de construcción de parques y equipamientos al 70%. Los costos de servicios públicos se tomaron de la revista de costos de Paraguay: https://issuu.com/costos/docs/edicion_292_-_enero_-_isuu_2020, teniendo en cuenta que no es una obra nueva, sino suponiendo existencia del 60%. Para la estimación del costo de mejoramiento de vivienda se utilizó el dato del subsidio que se está entregando en Colombia, para reforzamientos y soportes básicos.

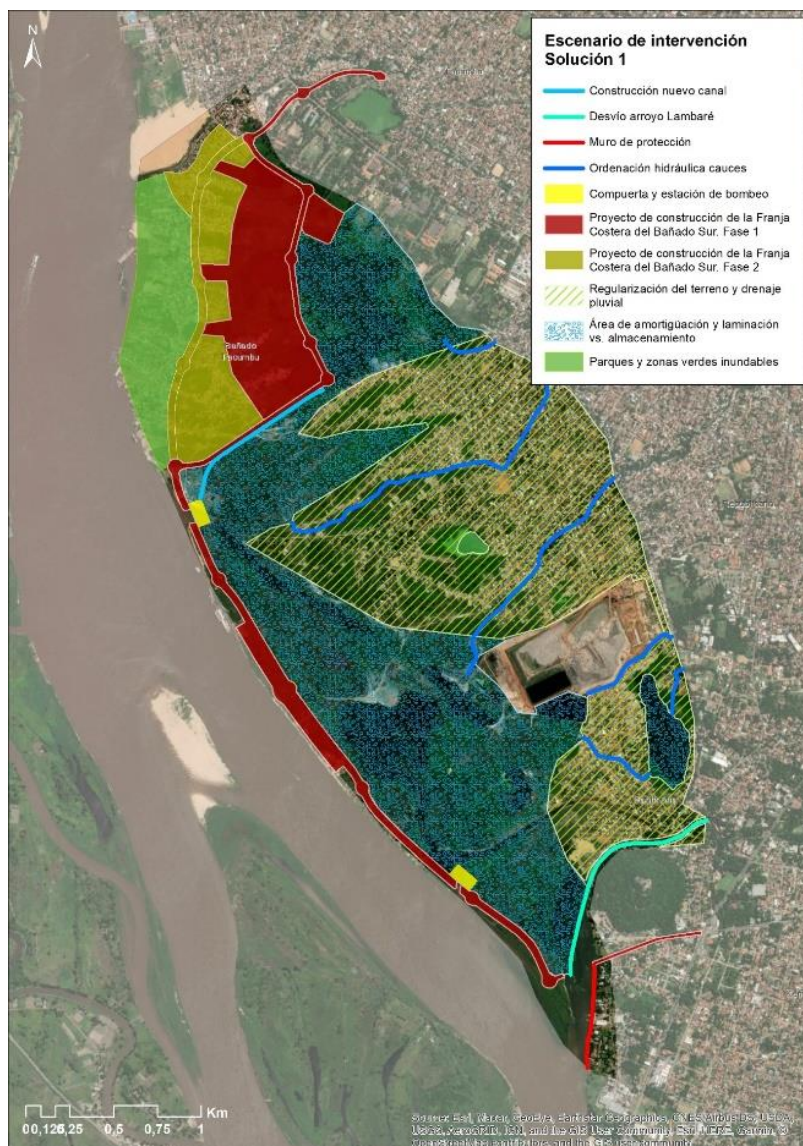


Figura 16. Conjunto de medidas propuestas en el Bañado Sur. Solución 1.

Además de las medidas estructurales descritas, la solución basada en el cierre temporal del Bañado requiere de algunas medidas normativas y de gestión, para garantizar el correcto funcionamiento del sistema.

Es de particular importancia la delimitación y señalización, posiblemente a través de elementos físicos integrados con el entorno urbano a modo de paseo fluvial, de los límites de la zona segura, a partir de los cuales el territorio sigue siendo inundable y no puede volver a ocuparse. El coste de estas medidas se ha incluido dentro de los gastos de mantenimiento y explotación de este tipo de solución, tal y como se detalla más adelante, en el análisis coste-beneficio.

Por otra parte, es preciso informar a la población en general del protocolo y de operación del sistema de protección, incluyendo cuándo y por qué se abre o se cierra el recinto del

Bañado, con qué criterios se ponen en funcionamiento las bombas, cuál es el grado de fiabilidad y el margen de seguridad del sistema, etc.

Solución 2

Se proponen las mismas medidas que para la solución de rellenos en el Bañado Norte complementadas con el desvío y encauzamiento del tramo final del río Lambaré para la defensa del área urbana situada al sur del bañado, incluida la construcción de un muro de protección que proteja la margen izquierda del río, justo antes de su confluencia con el Paraguay.

El conjunto todas las actuaciones descritas anteriormente y esquematizadas en la Figura 20, se presentan, junto con su coste estimado, en la Tabla 11.

	Macro-unidad	Medición	Uds.	Precio unitario (USD)	Importe (MUSD)
1	Relleno procedente del cauce del río Paraguay	4.91E+06	m ³	5	24.55
2	Construcción de nuevas viviendas sociales derivadas de la reubicación	6,680	-	20,000	133.6
3	Compensación por daños personales derivados de la reubicación	6,680	-	5,000	33.4
4	Encauzamiento y adecuación de los arroyos que vierten al bañado sur, hasta llegar a la zona no segura	4,700	m	550	2.58
5	Obra de encauzamiento del tramo final del río Lambaré hasta la confluencia con el río Paraguay	590	m	1,000	0.59
				TOTAL:	194.72

Tabla 11. Síntesis de medidas propuestas en el Bañado Sur. Solución 2.

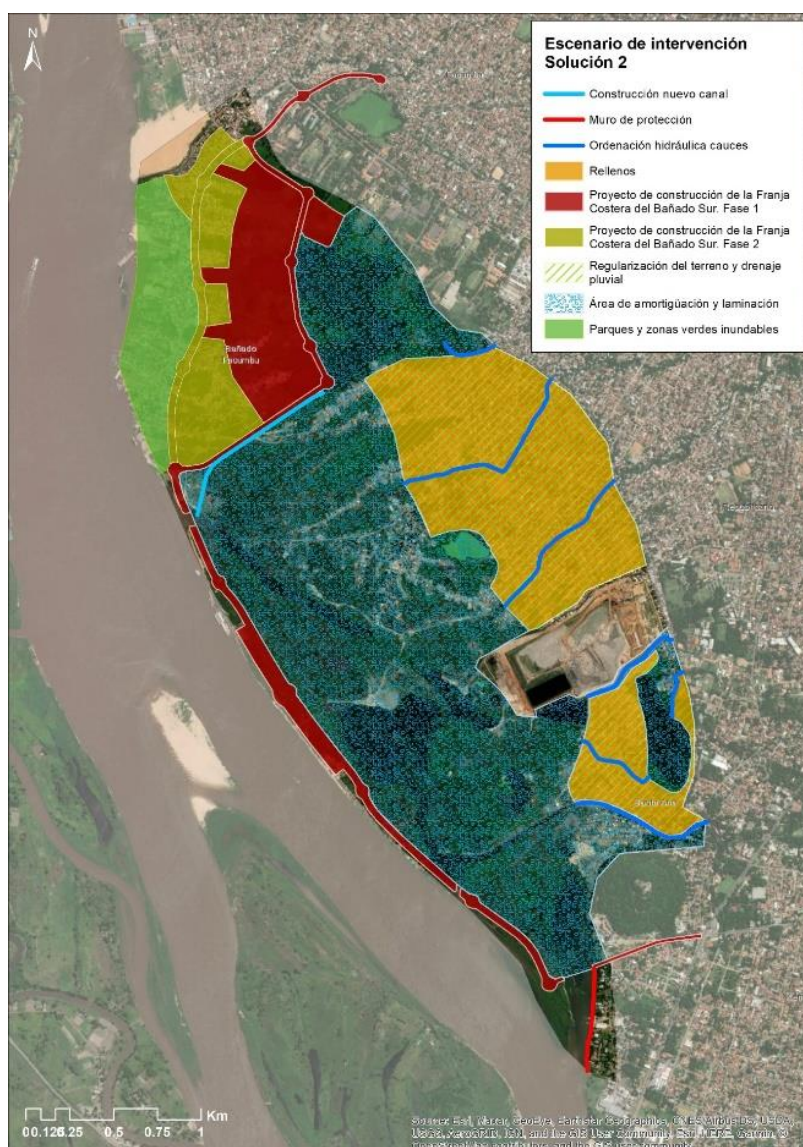


Figura 17. Conjunto de medidas propuestas en el Bañado Sur. Solución 2.

Solución 3

La tercera propuesta de actuaciones en el Bañado Sur es una variante de la solución 2 y se basa, al igual que la anterior, en generar superficie urbana mediante la elevación del terreno en ciertos sectores de la zona inundable hasta la cota segura, empleando material del cauce del río Paraguay.

La diferencia con la solución 2 es que, además de los rellenos propuestos para la reubicación de las viviendas ubicadas dentro del bañado se proponen nuevos rellenos para financiar, de esta manera se habilita suelo vendible para otros productos inmobiliarios, se captura valor y se propicia la mezcla social y la diversidad en el nuevo barrio.

Estos nuevos rellenos se localizan en zonas accesibles desde la futura costanera sur y, al igual que los otros rellenos planteados, se plantea rellenar hasta la cota +64 m.

El conjunto todas las actuaciones descritas anteriormente y esquematizadas en la Figura 21, se presentan, junto con su coste estimado, en la Tabla 12.

	Macro-unidad	Medición	Uds.	Precio unitario (USD)	Importe (MUSD)
1	Relleno procedente del cauce del río Paraguay para reubicación de viviendas	7.05E+06	m ³	5	35.24
2	Relleno procedente del cauce del río Paraguay para financiar	7.23E+06	m ³	5	36.17
3	Construcción de nuevas viviendas sociales derivadas de la reubicación	6,680	-	20,000	133.60
4	Compensación por daños personales derivados de la reubicación	6,680	-	5,000	33.40
5	Encauzamiento y adecuación de los arroyos que vierten al bañado sur, hasta llegar a la zona no segura	5,060	m	500	2.53
6	Obra de encauzamiento del tramo final del río Lambaré hasta la confluencia con el río Paraguay	590	m	1,000	0.59
7	Costes de urbanización y mejoramiento de barrios	1.35E+06	m ²	200	270.68
				TOTAL:	512.21

Tabla 12. Síntesis de medidas propuestas en el Bañado Sur. Solución 3.

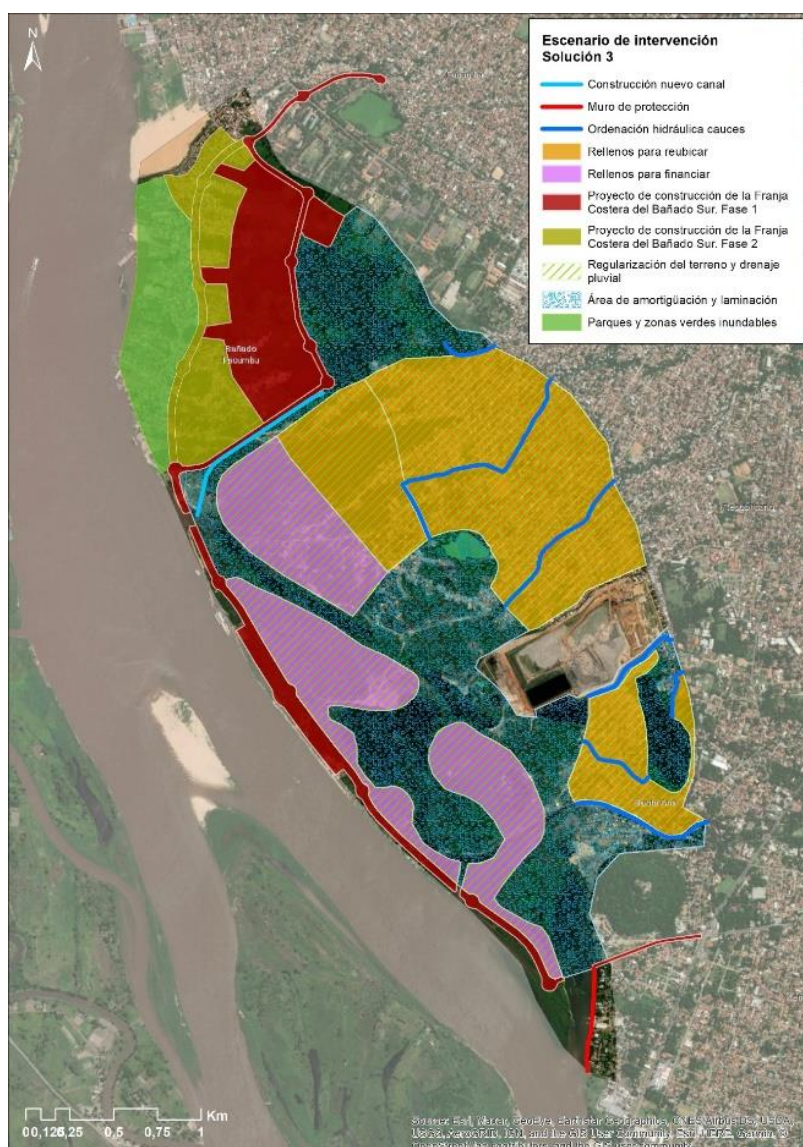


Figura 18. Conjunto de medidas propuestas en el Bañado Sur. Solución 3.

3.2. Evaluación de la amenaza

Para evaluar el efecto de las medidas estructurales propuestas sobre la inundabilidad tanto fluvial como pluvial en las áreas de estudio (áreas de intervención de los Bañados Norte y Sur de Asunción), se han comparado los resultados obtenidos para cada uno de los escenarios propuestos con el escenario sin intervenciones (escenario base). Concretamente se ha evaluado el efecto en la reducción de la huella de inundación y la variación de los calados que originan las medidas de reducción de riesgos propuestas para cada escenario de intervención planteado.

En las siguientes figuras se presentan los mapas comparativos de calados máximos entre los diferentes escenarios de intervención (tras la ejecución de las medidas estructurales propuestas) y el escenario base (que representa la situación actual), para el evento de 100 años de periodo de retorno. En estos mapas se observa la efectividad de las medidas de reducción de riesgos planteadas en los diferentes escenarios.

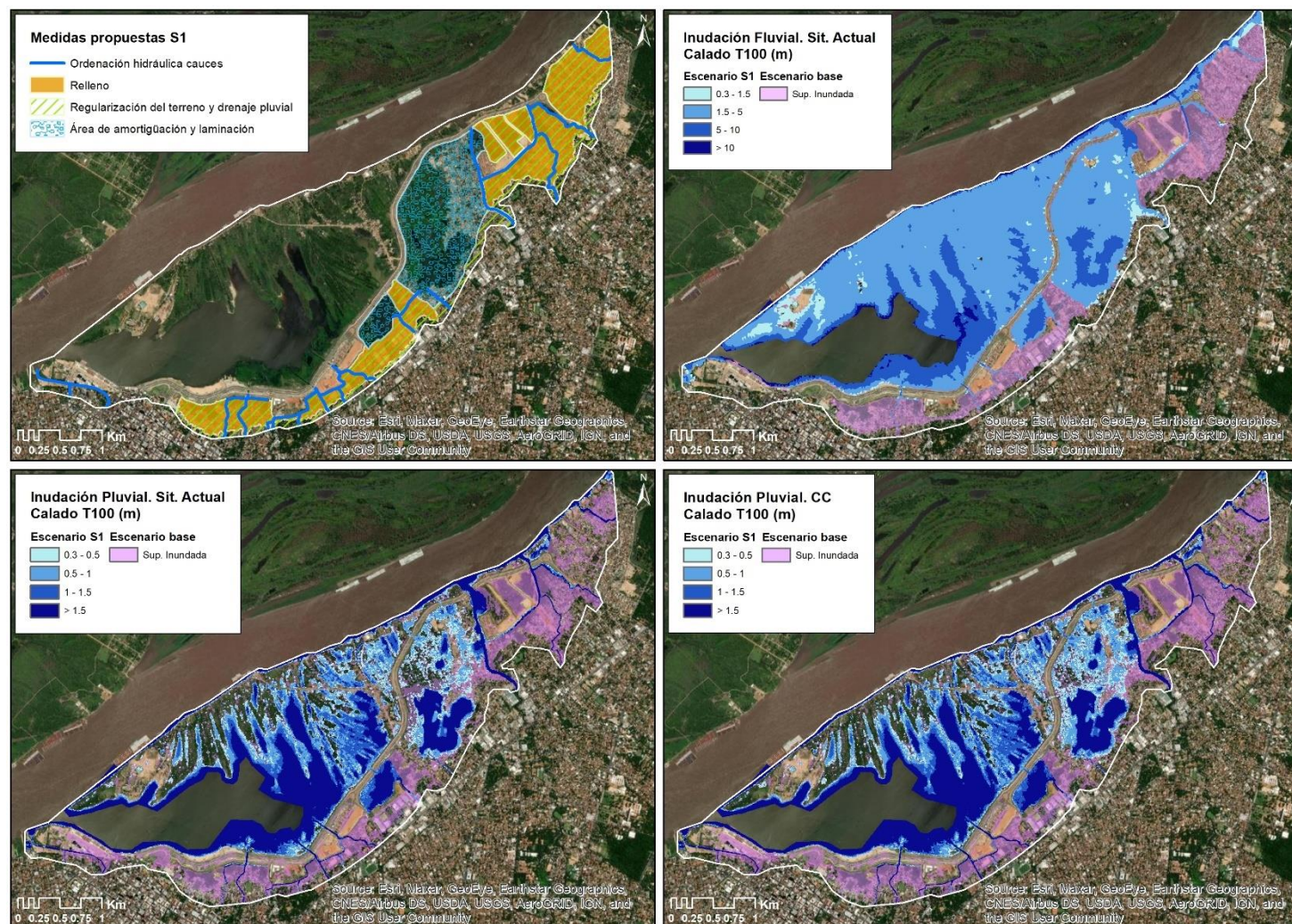


Figura 19. Comparación de los mapas de calados en el Bañado Norte para 100 años de periodo de retorno entre la solución 1 del escenario con intervenciones y el escenario base.

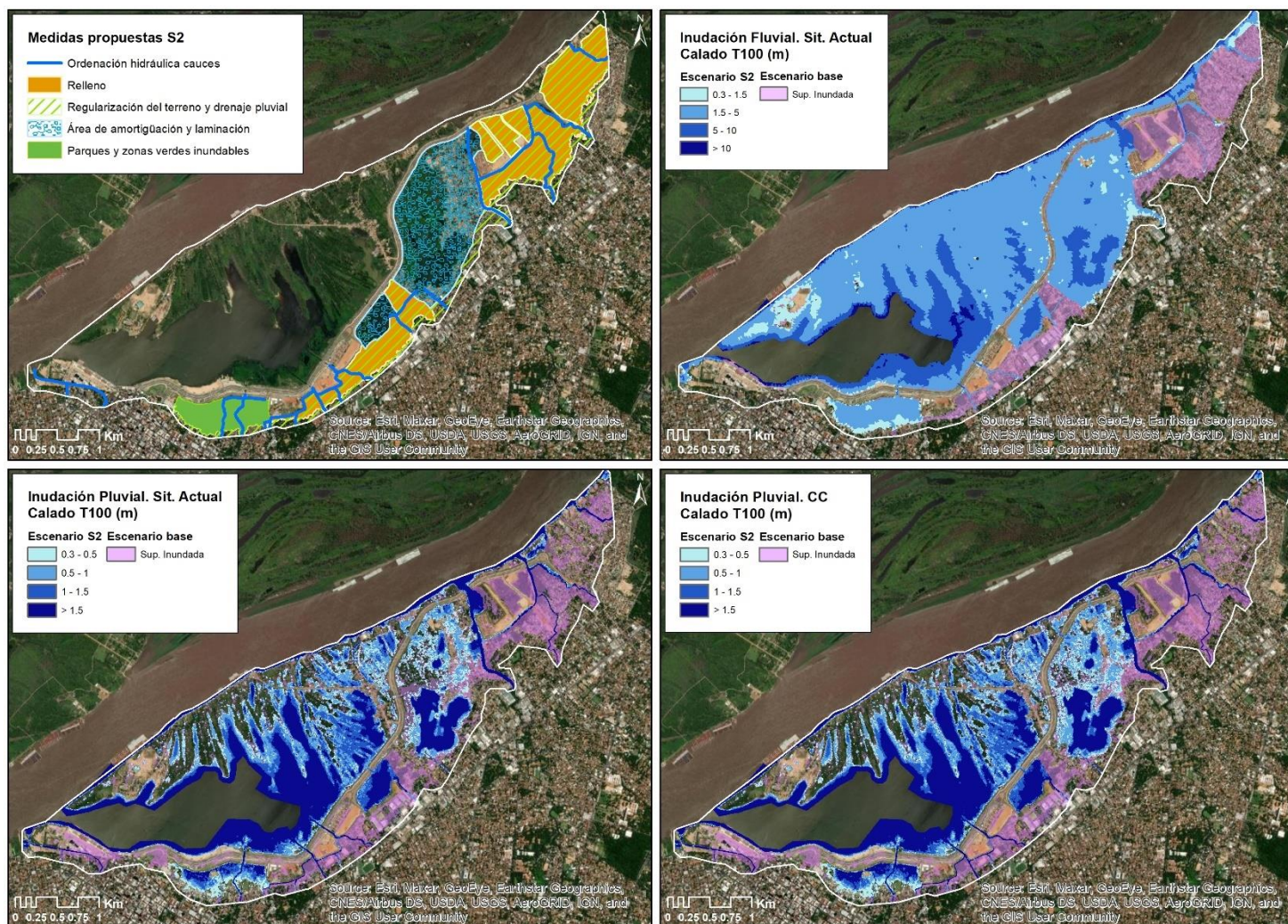


Figura 20. Comparación de los mapas de calados en el Bañado Norte para 100 años de periodo de retorno entre la solución 2 del escenario con intervenciones y el escenario base.

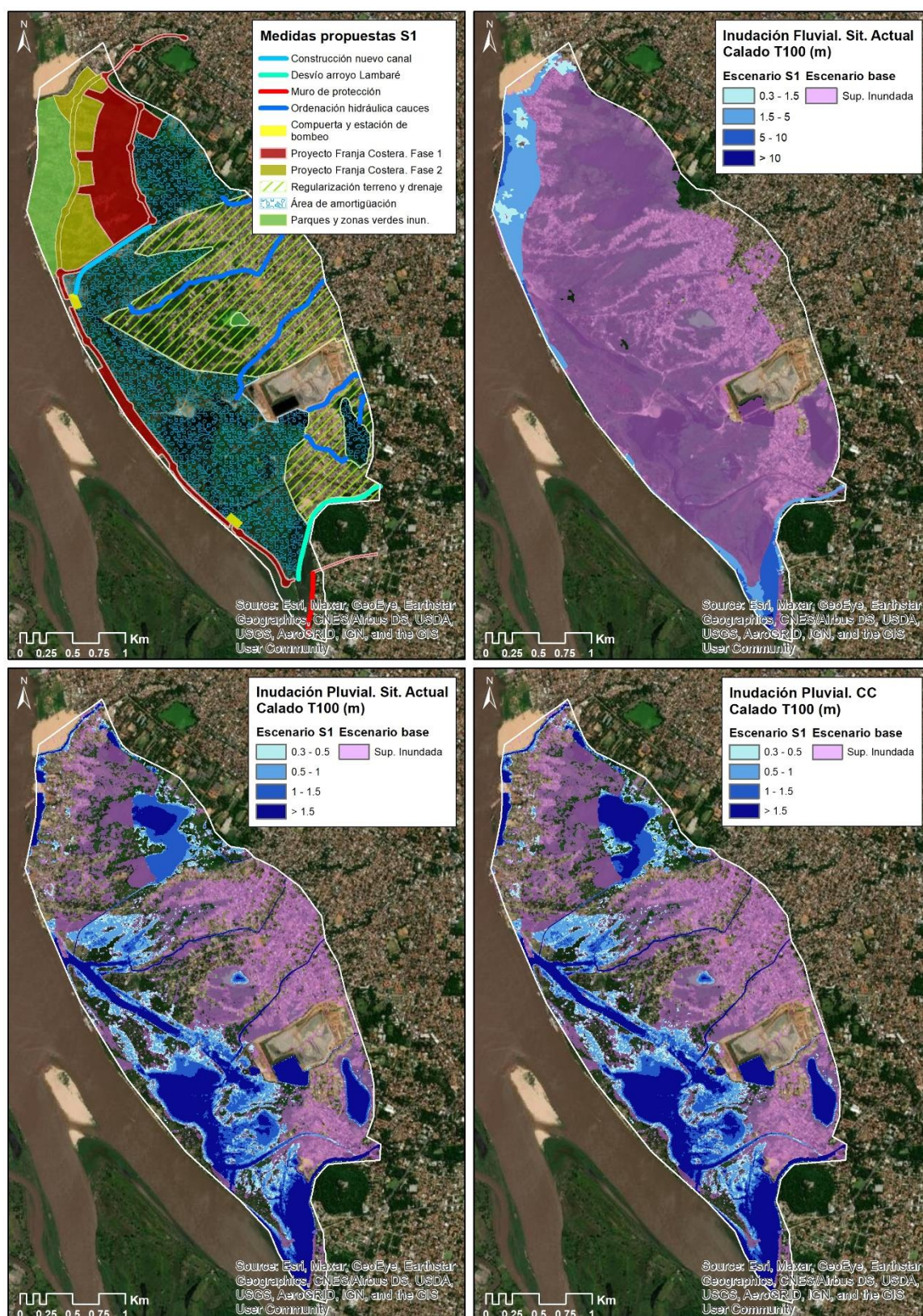


Figura 21. Comparación de los mapas de calados en el Bañado Sur para 100 años de periodo de retorno entre la solución 1 del escenario con intervenciones y el escenario base.

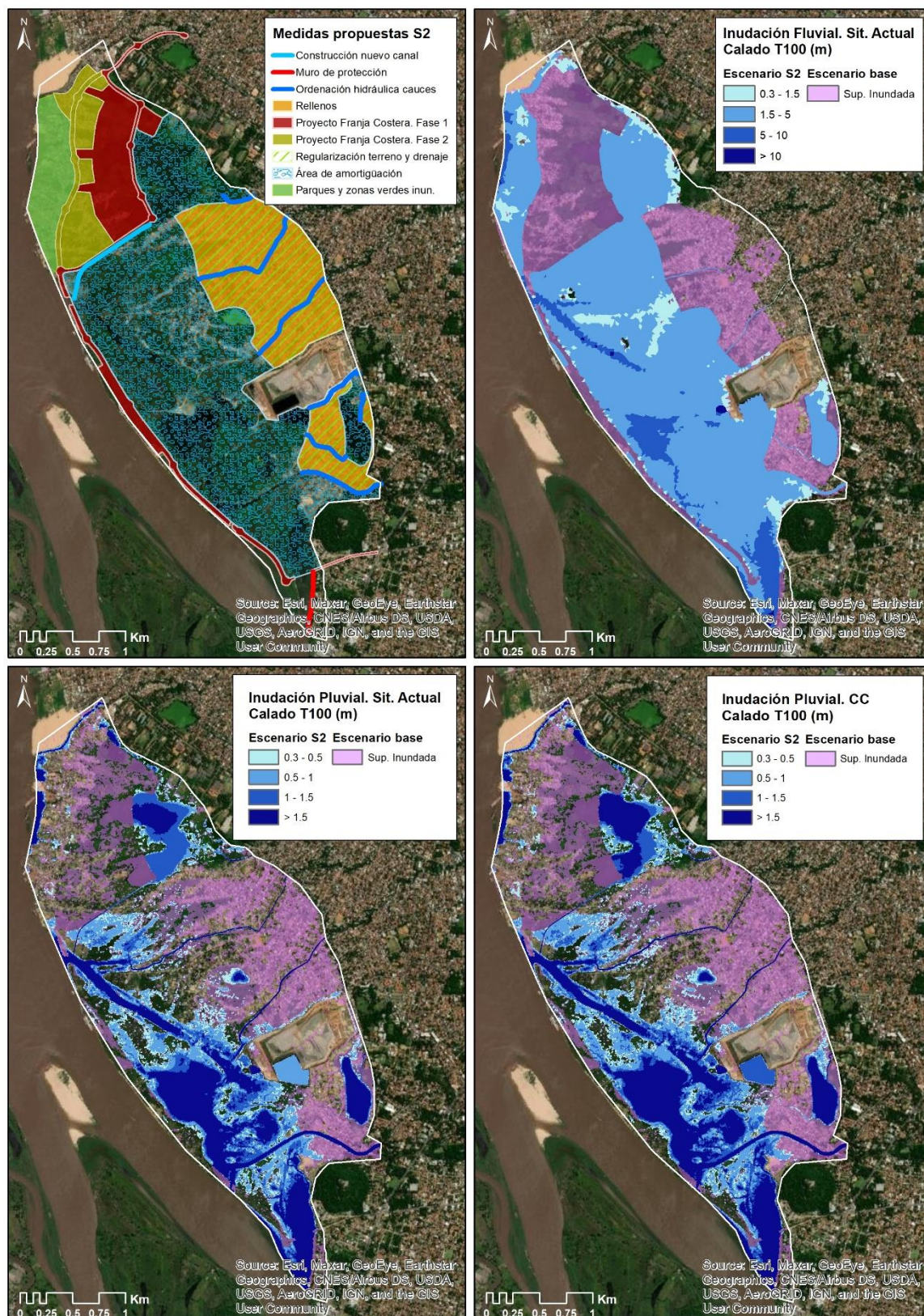


Figura 22. Comparación de los mapas de calados en el Bañado Sur para 100 años de periodo de retorno entre la solución 2 del escenario con intervenciones y el escenario base.

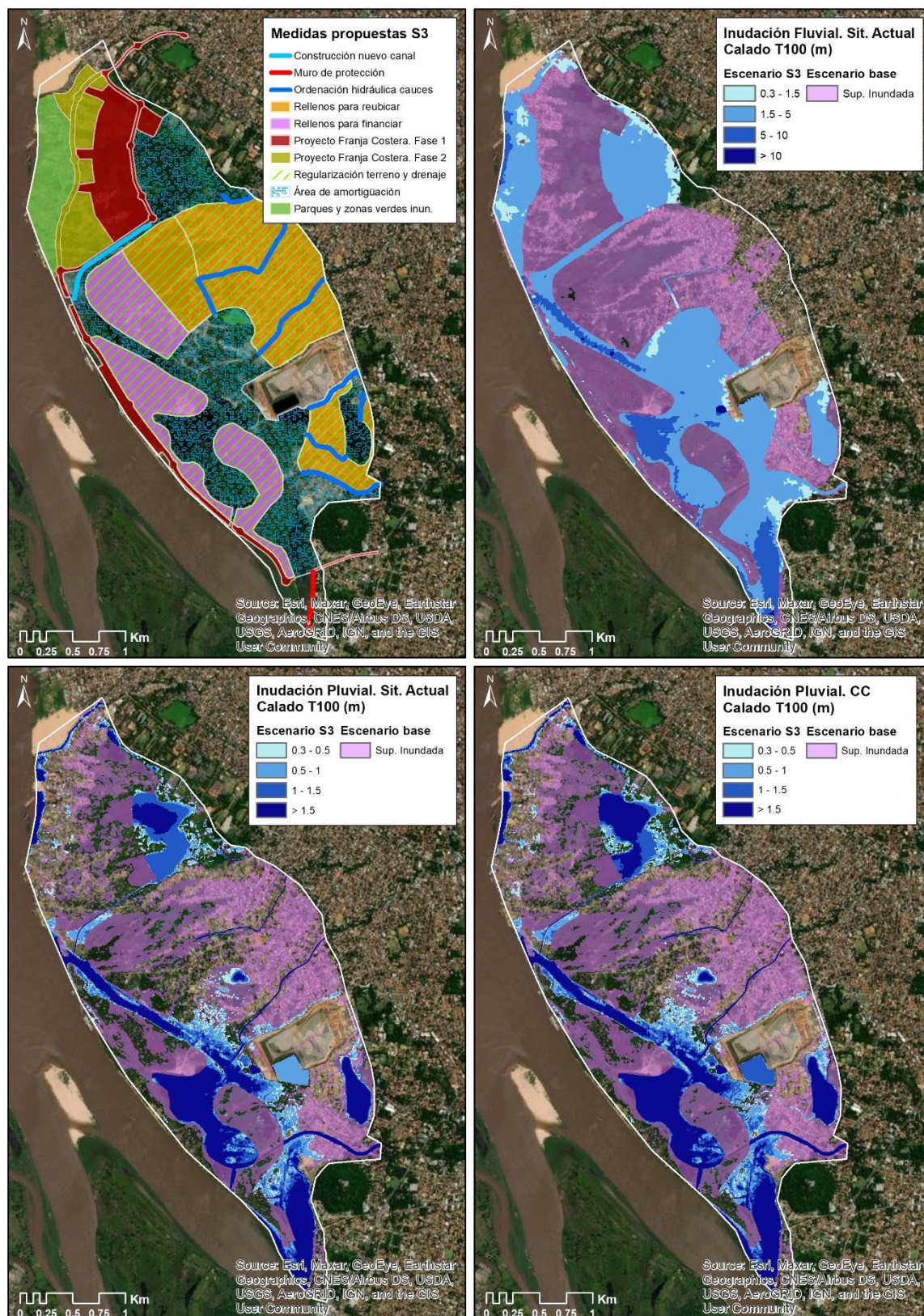


Figura 23. Comparación de los mapas de calados en el Bañado Sur para 100 años de periodo de retorno entre la solución 3 del escenario con intervenciones y el escenario base.

3.3. Evaluación de la exposición, vulnerabilidad y riesgo

En este capítulo se presenta la evaluación de la exposición, la vulnerabilidad y el riesgo para los escenarios de intervención propuestos en los Bañados Norte y Sur. Esta evaluación se ha llevado a cabo siguiendo la misma metodología utilizada para el escenario base.

Para ello, ha sido necesario el desarrollo de un nuevo inventario de activos que incluya tanto los activos físicos (edificaciones e infraestructuras críticas y edificios) como los activos sociales (población) para cada escenario de intervención, caracterizados a través de sus condiciones físicas, sus sectores de uso y su valor económico, al igual que se hizo para el escenario base.

3.3.1. Inventario de activos

En la Tabla 13 se presenta la distribución de edificaciones residenciales y población resultado de las reubicaciones propuestas para los diferentes escenarios de intervención como complemento necesario a las medidas meramente estructurales.

Para estas viviendas reubicadas, se plantea la construcción de viviendas sociales con una calidad constructiva tipo C. No se plantea la construcción de viviendas de calidad constructiva precaria (tipo D) ya que se busca una ciudad en la que la población disfrute de una vivienda digna y donde la segregación socioespacial quede minimizada.

Las principales conclusiones del inventario realizado son las siguientes:

- Como resultado de la reubicación de viviendas la calidad constructiva que más superficie ocupa es la de tipo popular (C) concentrando más del 90% del área edificada en las dos soluciones del Bañado Norte, el 65% en la solución 1 del Bañado Sur y casi el 100% las soluciones 2 y 3 del Bañado Sur. Esto se debe a que todas las viviendas reubicadas se convierten en viviendas sociales.
- En cuanto a la población aumentan las personas con una vivienda de tipo popular (C) con alrededor de un 85% de la población del Bañado Norte en las dos soluciones, casi un 60% de la en la solución 1 del Bañado Sur y casi el 100% en las soluciones 2 y 3 del Bañado Sur. En consecuencia, disminuyen las personas con viviendas de tipo precario (tipo D) quedándose menos de un 10% en esta situación en las dos soluciones del Bañado Norte, un 40% en la solución 1 del Bañado Sur y desapareciendo en las soluciones 2 y 3.

Calidad Constructiva	Ha.	%	Valor Total (MUS\$)	%	Población	%
SOLUCIÓN 1 BAÑADO NORTE						
A	-	-	-	-	-	-
B	2.04	2.4	8.82	3.79	2,388	5.6
C	76.51	91.7	219.98	94.37	36,674	86.6
D	4.93	5.9	4.30	1.85	3,273	7.7
Total	83.48	100	233.10	100	42,335	100
SOLUCIÓN 2 BAÑADO NORTE						
A	-	-	-	-	-	-
B	2.04	2.9	8.82	4.48	2,388	6.9
C	63.86	90.2	183.61	93.33	28,944	83.6
D	4.93	7.0	4.30	2.19	3,273	9.5
Total	70.83	100	196.74	100	34,605	100
SOLUCIÓN 1 BAÑADO SUR						
A	-	-	-	-	-	-
B	0.18	0.3	0.81	0.55	78	0.3
C	43.51	65.2	125.09	85.76	18,132	59.9
D	23.01	34.5	19.96	13.69	12,061	39.8
Total	66.70	100	145.86	100	30,271	100
SOLUCIONES 2 Y 3 BAÑADO SUR						
A	-	-	-	-	-	-
B	0.18	0.3	0.81	0.43	78	0.3
C	65.16	99.7	187.33	99.57	30,193	99.7
D	0.00	0.0	0.00	0.00	-	-
Total	65.34	100	188.14	100	30,271	100

Tabla 13. Distribución de área, valor de reposición y población según categoría de calidad constructiva de las edificaciones para los escenarios de intervención.

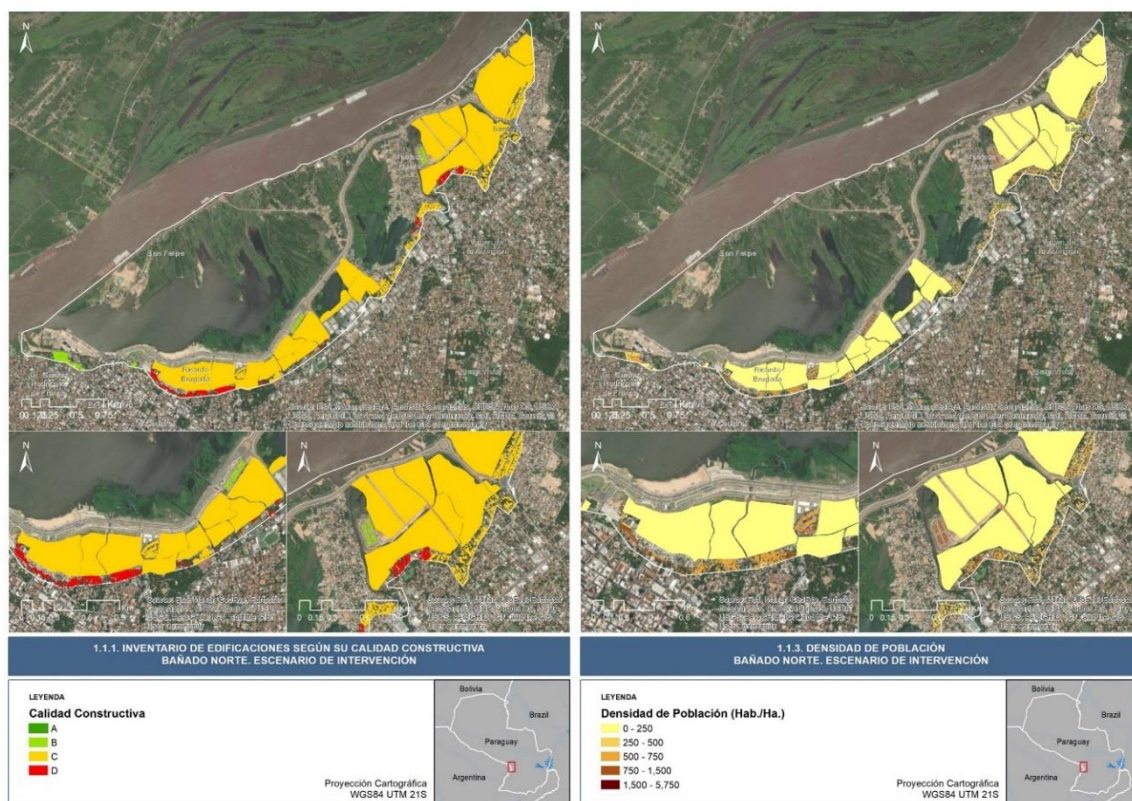


Figura 24. Distribución geográfica de las edificaciones y la densidad de población en el Bañado Norte. Escenario de intervención. Solución 1.

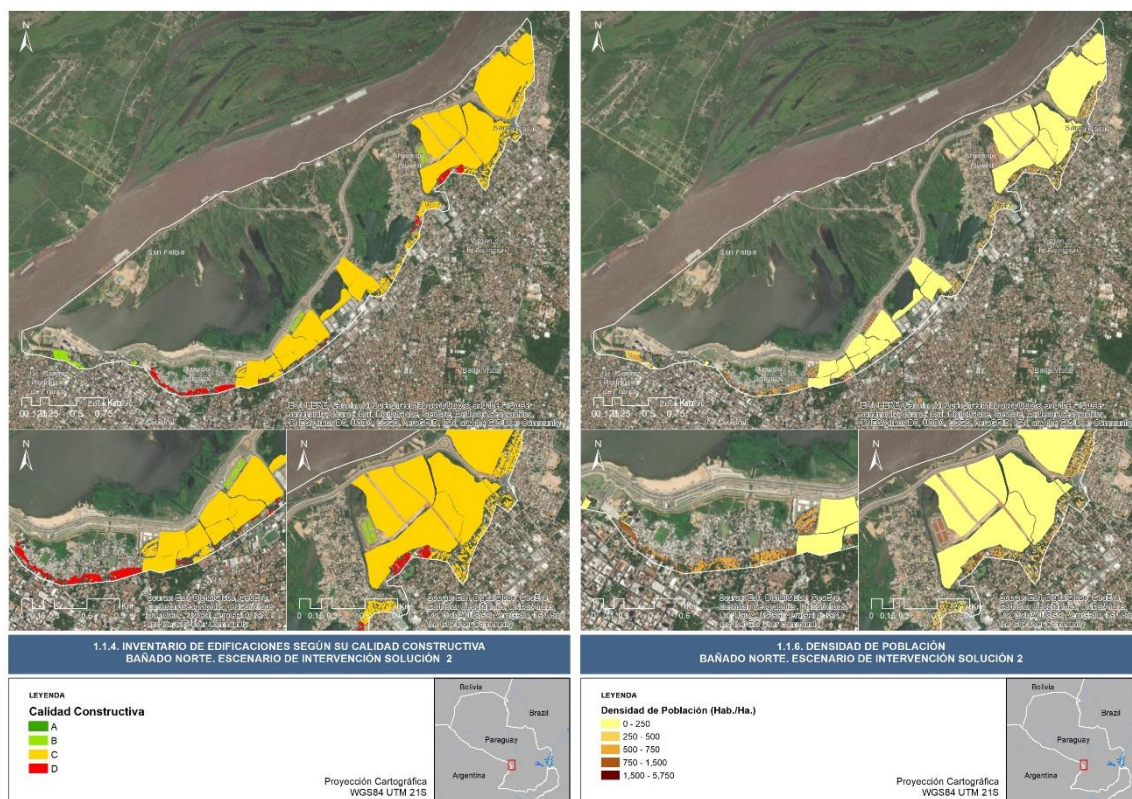


Figura 25. Distribución geográfica de las edificaciones y la densidad de población en el Bañado Norte. Escenario de intervención. Solución 2.

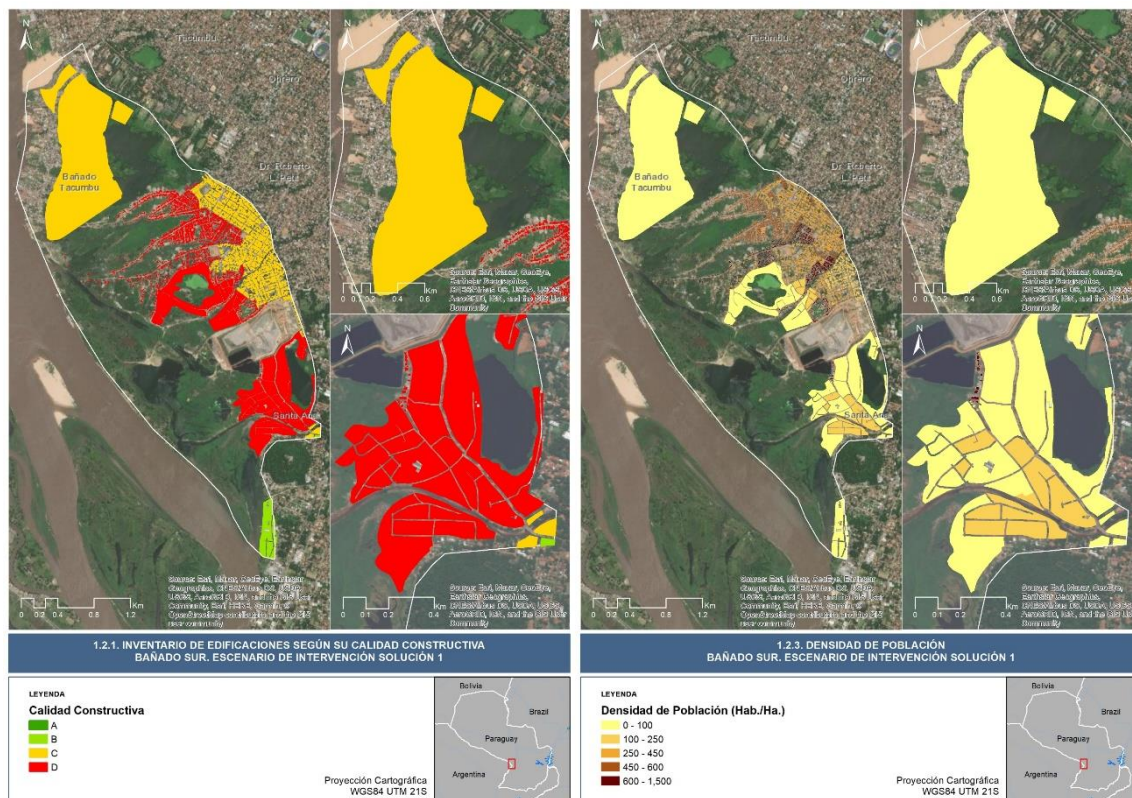


Figura 26. Distribución geográfica de las edificaciones y la densidad de población en el Bañado Sur. Escenario de intervención. Solución 1.

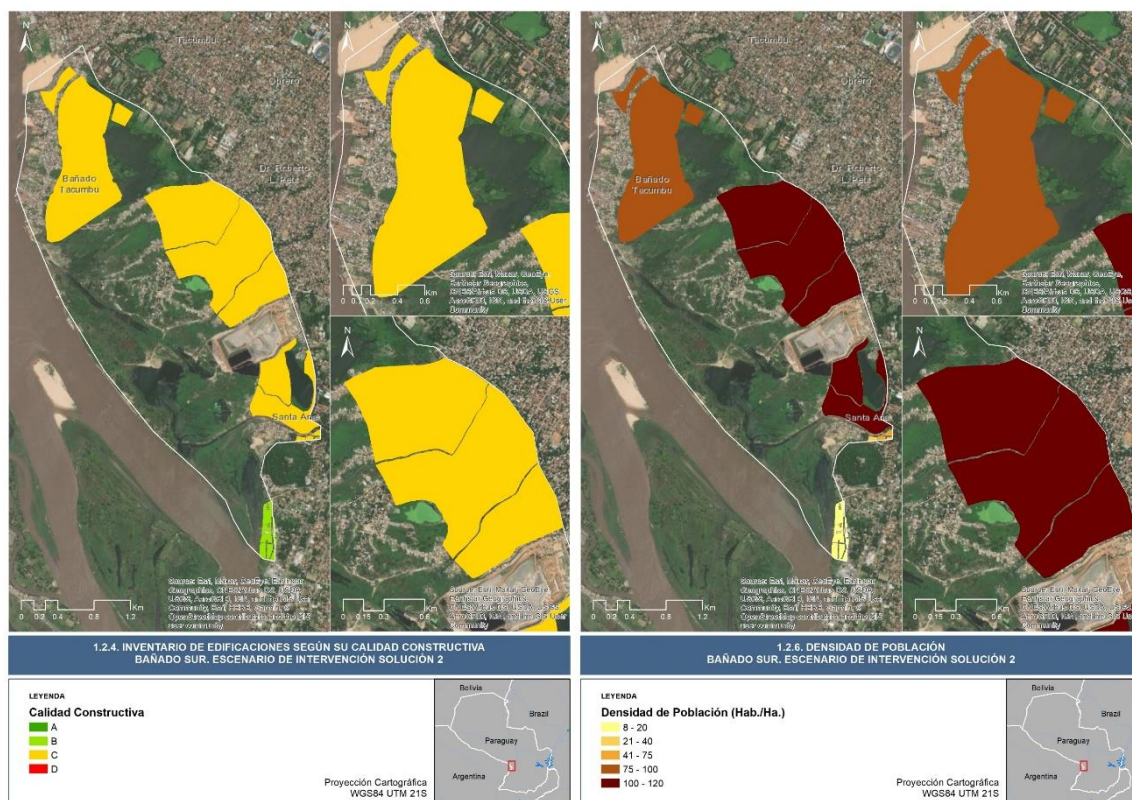


Figura 27. Distribución geográfica de las edificaciones y la densidad de población en el Bañado Sur. Escenario de intervención. Solución 2.

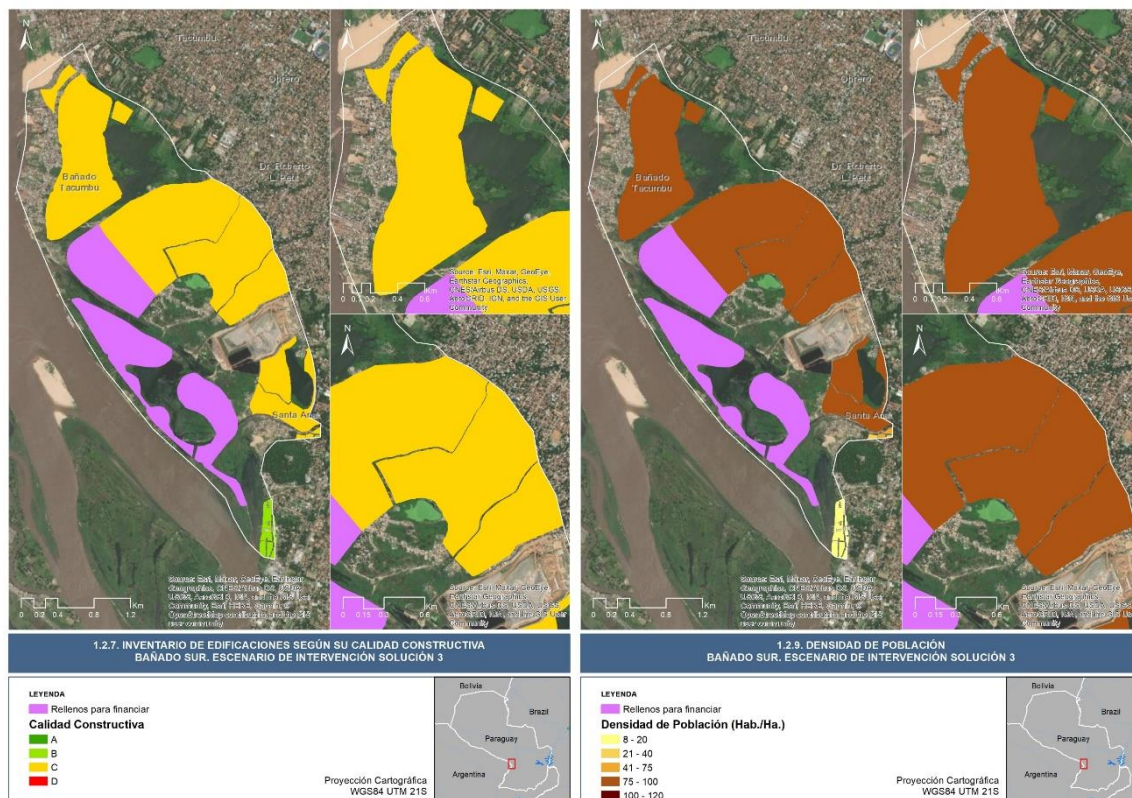


Figura 28. Distribución geográfica de las edificaciones y la densidad de población en el Bañado Sur. Escenario de intervención. Solución 3.

Es imposible conocer dónde se localizarán las nuevas infraestructuras críticas en los diferentes escenarios de intervención propuestos en los bañados por lo que no cuenta con mapas de localización de las mismas. En este sentido se considera que en cada uno de los escenarios propuestos se mantienen las infraestructuras críticas contabilizadas para el escenario base tanto en cantidad como en valor económico inventariado.

3.3.2. Exposición, vulnerabilidad y riesgo

Puesto que todas las edificaciones y por tanto la población para cada uno de los escenarios de intervención propuestos en las áreas de intervención de los bañados se han situado en zonas no inundables para ninguno de los periodos de retorno estudiados (tanto por inundaciones de origen fluvial como pluvial) al cruzar los resultados de amenaza (láminas de inundación de distintos periodos de retorno) con las edificaciones y la población inventariada se obtiene que la exposición tanto física como social es nula para todos los escenarios analizados. En consecuencia, y siguiendo la misma metodología que para el escenario base, al no haber ni edificaciones ni población expuesta al realizar el cruce de capas, tanto la vulnerabilidad como el riesgo físico y social son nulos numéricamente (siempre existirá un riesgo residual).

Para ilustrar estos resultados se presentan los mapas obtenidos al cruzar los mapas de calados (amenaza) con la huella urbana propuesta en cada escenario de intervención para

la inundación fluvial de 100 años de periodo de retorno. En todos ellos se observa cómo no existe superficie edificada expuesta a la inundación.

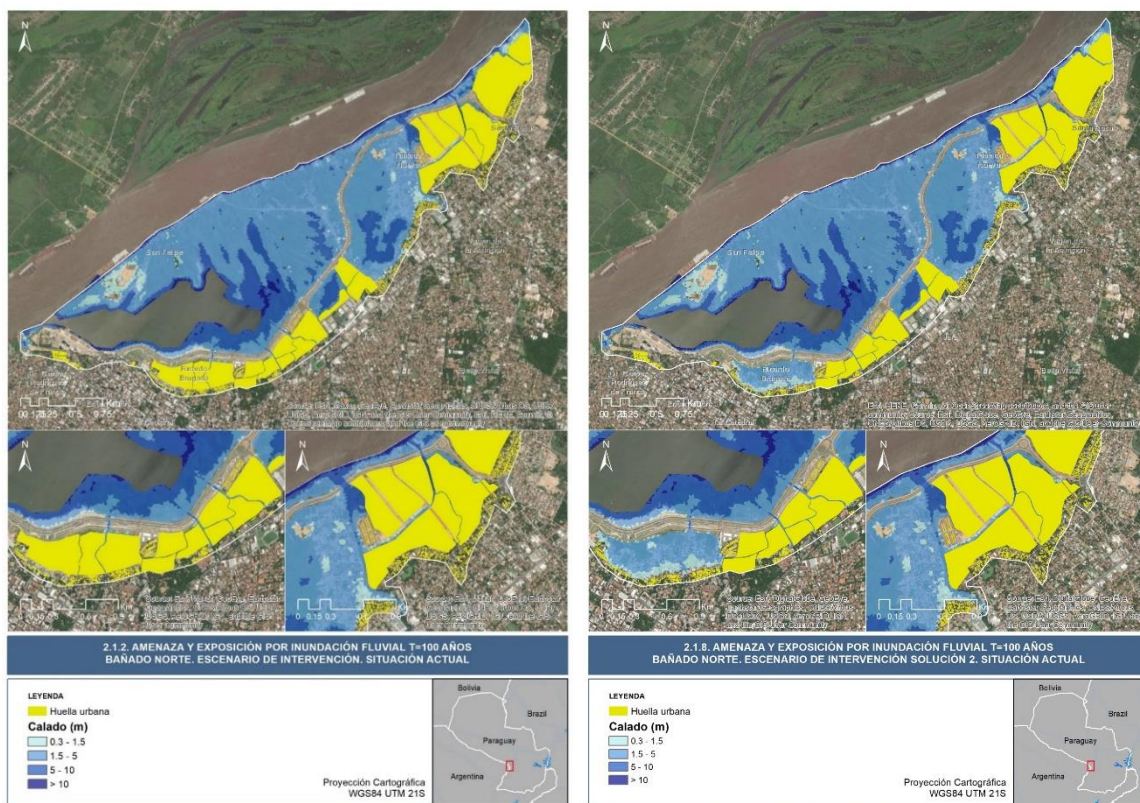


Figura 29. Mapa de exposición de las edificaciones, periodo de retorno T100 años. Inundación Fluvial. Bañado Norte. Escenarios de intervención.

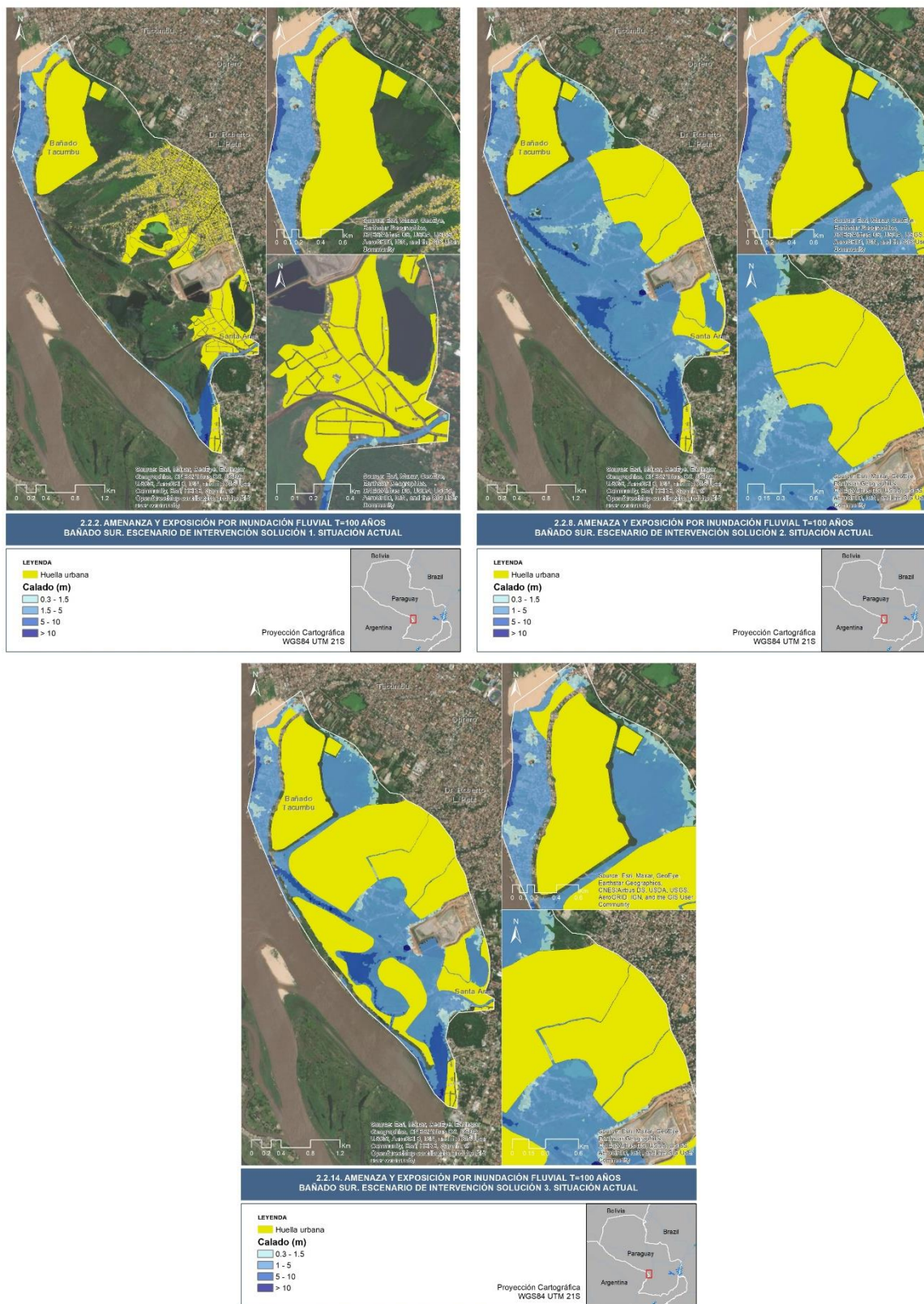


Figura 30. Mapa de exposición de las edificaciones, periodo de retorno T100 años. Inundación Fluvial. Bañado Sur. Escenarios de intervención.

El riesgo real asociado a alternativas de intervención estará condicionado a la completa y perfecta ejecución y mantenimiento de las obras previstas, y dependerá de la topografía final del terreno y de los patrones de urbanización y edificación futuros. En sentido estricto, no es posible evaluar el riesgo futuro, puesto que requeriría poder predecir la evolución del sistema socioeconómico que determina el urbanismo, así como otras variables no deterministas; lo que es factible es estimar las tendencias del riesgo, asumiendo ciertas hipótesis simplificadoras (escenarios) en la evolución de las variables de ocupación del suelo y demográficas.

Las soluciones propuestas en este documento para los dos bañados, sean basadas en rellenos o en sistemas de compuertas y bombeos, no pueden tener en realidad riesgo nulo, sino que conservarán un cierto riesgo residual asociado a diversas causas:

- Diseño y/o ejecución no óptima de las obras e infraestructuras de protección. Los rellenos elevados, por ejemplo, son a priori una medida muy segura frente a las crecidas del río Paraguay, pero no se puede asegurar que los arroyos encauzados situados entre los rellenos no se taponen o saturen; asimismo, el acabado final de la superficie de los rellenos determinará la capacidad de drenaje local de las aguas pluviales, que no será ilimitado.
- Ocurrencia de sucesos extraordinarios. Las obras de encauzamiento de ríos y arroyos locales se suelen diseñar para resistir eventos de 100 años de periodos de retorno. En el caso de los rellenos y el dique de protección del polder, se han diseñado para una cota de +64 m que se encuentra por encima de los 500 años de periodo de retorno. No obstante, pueden suceder catástrofes de magnitud superior, especialmente en un contexto de clima cambiante y comportamiento no estacionario del régimen extremal de las variables climáticas dominantes.
- Evolución no controlada de la ocupación del suelo (por ejemplo, nada impide que, incluso si se realizan rellenos, sigan implantándose viviendas precarias en las zonas no rellenadas o en las riberas de los cauces dentro de las zonas rellenadas).
- Riesgos de operación (en el caso de la solución 1 del Bañado Sur). Si las compuertas se atascan o las bombas no funcionan, obviamente no se alcanzarán los niveles de protección buscados.

No es posible introducir de manera cuantitativa todos estos factores para evaluar el riesgo residual de las alternativas propuestas a nivel de prediseño, que en todo caso se prevé muy bajo. Por este motivo, se ha considerado en todas las alternativas un riesgo residual nulo, lo que simplifica la interpretación de los resultados y la comparación entre las mismas. En el proyecto de construcción definitivo, una vez seleccionada la alternativa más adecuada, se deberá dedicar un apartado monográfico al plan de mitigación de riesgos.

3.4. Análisis coste-beneficio

3.4.1. Enfoque metodológico

El análisis costo-beneficio (ACB) es un método cuantitativo de análisis y selección de escenarios en general, y de programas de medidas para la reducción de riesgos en particular, basado en evaluar su eficiencia económica, representada por algún parámetro

de rentabilidad financiera; esencialmente, consiste en un balance de beneficios y costos agregados que introduce un factor de preferencia temporal y que otorga más peso a los flujos de caja presentes frente a los futuros. Las técnicas de ACB son herramientas adecuadas para priorizar un conjunto de opciones ante un problema o disyuntiva, en la medida que sus ventajas e inconvenientes sean monetizables, es decir, se les pueda asignar un precio en unidades monetarias para convertirlos en beneficios o costos. En los casos donde los escenarios analizados incluyen únicamente bienes de mercado convencionales, los precios vigentes se incorporan directamente y es ahí donde el ACB se sitúa en un terreno más firme, a pesar de que siempre existirán fuentes de incertidumbre (por ejemplo, la evolución oferta-demanda, en el marco de la dinámica competitiva en los mercados). Este es el caso de las decisiones empresariales en un contexto microeconómico, donde todo análisis de negocio es, en definitiva, un análisis costo-beneficio; aquí, las tasas de descuento equivalen al costo del capital en los mercados financieros.

La aplicación del ACB para la evaluación de políticas públicas es una práctica extendida, si bien presenta algunas características específicas, que conviene reseñar:

- La determinación de las tasas de descuento aplicables en proyectos ligados a políticas públicas es una tarea más controvertida que en el caso de una empresa o particular.
- Muchos de los efectos, positivos o negativos, de la implementación de una política pública son de naturaleza social, ambiental o incluso cultural, por lo que resultan difíciles de valorar en términos monetarios.
- Incluso los costos y beneficios de naturaleza estrictamente económica derivados de aplicar una determinada política pública, son difíciles de valorar en todas sus dimensiones (costos y beneficios ocultos e indirectos, las denominadas externalidades) bien por falta de información o por la impredecibilidad del sistema del que dependen.
- Las tasas de descuento constantes, basadas en la fórmula del interés compuesto, muestran un descenso exponencial en el tiempo, que hace que los flujos de caja a largo plazo tengan menos importancia. En términos de políticas públicas, esto implica un sesgo intergeneracional y hace que los proyectos con beneficios o costos alejados del instante presente no estén representados favorablemente.
- El análisis costo-beneficio no tiene en cuenta la forma en que se distribuyen los flujos de caja entre los receptores y, por tanto, los aspectos de equidad e igualdad social. Esta omisión tiene particular relevancia al analizar inversiones en países en vías de desarrollo, donde los aspectos distributivos suelen considerarse prioritarios.

Dentro de la evaluación de políticas e inversiones públicas, la aplicación de técnicas de ACB a la evaluación de medidas de reducción de riesgos plantea algunos retos y limitaciones aún más específicas, que se suman a los anteriores. En general, un ACB aplicado a una actuación de reducción de riesgos deberá considerar los siguientes flujos de caja:

- Costos fijos de infraestructuras y sistemas tecnológicos.

- Costos de reubicación y de compensación (pueden incluirse en el presupuesto de las obras).
- Costos variables de mantenimiento y explotación de infraestructuras y sistemas.
- Daños económicos directos sobre edificaciones.
- Daños económicos directos sobre infraestructuras críticas.
- Daños humanos monetizables (por ejemplo, costos de albergue para refugiados).
- Daños indirectos debidos a alteraciones del tráfico.
- Daños indirectos debidos a la interrupción de negocios (lucro cesante).
- Beneficios por generación de plusvalías del suelo, derivadas de las actuaciones previstas.
- Beneficios sociales por generación de empleo y consumo local (normalmente asociados a actividades de construcción).
- Otros beneficios o daños indirectos (turismo, seguridad ciudadana, salud pública, etc.).

Como se puede observar, la mayor parte de los flujos de caja son negativos (costos o gastos), debido al hecho de que las actuaciones de reducción de riesgos son, en esencia, medidas defensivas, que tratan de reducir los daños frente al escenario nulo (no actuar), por lo general sin aspirar a generar beneficios netos (para ello, las plusvalías del suelo y el resto de beneficios indirectos deberían superar la suma de todos las inversiones y gastos de operación). No obstante, es una práctica habitual en los ACB aplicados a proyectos de este tipo considerar el escenario nulo como referencia, y tratar como beneficios (con signo positivo) la reducción de daños que cada escenario de actuación induce con respecto a ella. Con esta convención, el escenario nulo no genera flujos de caja y su valor actualizado neto (VAN, ver definición más adelante) es cero, lo que evita tener que analizarla y facilita la interpretación de los resultados del resto de escenarios (cualquier escenario con VAN mayor a cero es superior al escenario nulo).

Los parámetros de rentabilidad empleados en proyectos de reducción de riesgos, y que sirven para comparar escenarios, son los mismos que se emplean en otros ámbitos:

- Valor actualizado neto. Es la suma de todos los flujos de caja descontados (es decir, expresados en unidades monetarias constantes de un determinado año, que puede ser el de inicio o final de proyecto).
- Tasa interna de retorno estándar (TIR) y modificada (TIRM). Es la tasa de descuento que iguala los costos y beneficios descontados ($VAN=0$) y da idea de la rentabilidad interna de la inversión.
- Periodo de recuperación de la inversión. Tiempo necesario para llegar al equilibrio financiero (momento en que la suma de gastos descontados es igual a la suma de ingresos descontados).

- Razón beneficio/costo. Es el cociente entre la suma de ambos conceptos, una vez descontados.

Selección de la tasa de descuento social

La mayoría de los Organismos de Financiación Multilaterales aconsejan el uso de tasas de descuento social, para la evaluación económica de proyectos, que van entre el 6 y el 15%; en Latinoamérica y El Caribe, la tasa adoptada suele estar entre el 8% y el 12%, dependiendo del costo de oportunidad del capital en cada país y momento del ciclo económico.

No obstante, estas cifras pueden ser válidas para proyectos de escala intra-generacional, con resultados a corto y medio plazo, pero resultan por lo general inadecuadas para los proyectos de reducción de riesgos. El problema del descenso abrupto del factor de descuento basado en el interés compuesto se hace especialmente notorio en los proyectos de este tipo, ya que suelen incluir grandes infraestructuras con vida útil y efectos esperados superiores a un siglo. Por ello, algunos países, sobre todo en el mundo desarrollado, han ido adoptando, para proyectos de larga vida útil, entre ellos los relacionados con cambio climático y agua, tasas de descuento entre el 1 y el 4% (ver un amplio análisis de las prácticas vigentes en Asian Development Bank, 2013). Asimismo, un amplio grupo de expertos en economía ambiental ha recomendado el uso de una tasa de descuento no basada en la fórmula del interés compuesto (funciones hiperbólicas o de otros tipos), para proyectos que afectan a varias generaciones, como ya es de aplicación en algunos países como Reino Unido y Francia (Arrow et al. 2013).

En el caso de los Bañados de Asunción, se ha adoptado como cifra intermedia para la tasa de descuento un valor del 10%, si bien cabe recordar que algunos parámetros de rentabilidad (en concreto la tasa interna de retorno o TIR) no dependen de él.

3.4.2. Cuantificación de costes y beneficios

El cálculo de los costes directos asociados a cada componente del programa se ha justificado anteriormente; se han separado los costes de inversión de capital (CAPEX), que se realizan habitualmente en los 2-3 años iniciales, de los costes variables (OPEX), que incluyen el mantenimiento y explotación de las posibles infraestructuras a lo largo de su periodo de funcionamiento, así como todo tipo de inversiones recurrentes en formación, capacitación, sensibilización, etc.

Para el cálculo de los beneficios, se han considerados los siguientes conceptos susceptibles de producirlos:

Reducción en daños medios anuales por catástrofes

Varias de las componentes propuestas aportarán una reducción del daño/riesgo asociado a catástrofes naturales, y más concretamente inundaciones y deslizamientos. Este apartado de la evaluación de beneficios se centra en la reducción de daños económicos, mientras que los beneficios en términos humanos se valoran en el apartado siguiente.

Para determinar los beneficios por reducción de riesgos de catástrofe se dispone, para cada escenario, de la superficie urbana mejorada, así como el valor medio en riesgo anualizado (PAE) por hectárea que existe en la actualidad (situación previa a la actuación), y que se verá mitigado. Esta pérdida anual esperada debe incluir tanto los daños directos (deterioro o destrucción de activos físicos) como los daños económicos indirectos: lucro cesante de negocios cerrados temporalmente, alteraciones del tráfico, etc. (ver apartado de riesgos).

Beneficios de salud pública

En los desastres ligados a fenómenos naturales, los daños humanos pueden ser tan importantes como los económicos, especialmente en lugares con altas tasas de pobreza, donde el valor de los activos materiales en riesgo suele ser bajo. Cuantificar este tipo de daños en términos monetarios es controvertido y plantea dilemas morales, pero no tenerlos en cuenta a la hora de discriminar entre diversos escenarios, tampoco resulta satisfactorio. En este capítulo de beneficios se pretende cuantificar el efecto en la salud pública que tendría la reducción de riesgos de inundación debido a las intervenciones propuestas. Es sabido que todos estos fenómenos pueden producir:

- Daños directos: muertos y heridos
- Daños indirectos: diarreas y propagación de enfermedades infecciosas.
- Daños psicológicos y problemas sociales ligados a unas condiciones insalubres de vida, abandono temporal de la vivienda, interrupción de servicios básicos (luz y agua), etc.

Para estimar estos riesgos de forma simplificada, se han considerado para cada actuación dos variables agregadas: por un lado, la población equivalente que será aliviada de riesgos de salud pública, debido a cada actuación; por otro, el coste medio anual que se asigna a este hecho por baja laboral o reducción de la productividad. Como ya se ha comentado en la introducción, es controvertido y discutible monetizar la salud y el sufrimiento humanos, pero en este caso se ha optado por considerarlos como una merma de productividad. Las personas equivalentes que se ven mejoradas en cuanto a aspectos de salud pública se basan en considerar las áreas mejoradas, una densidad de población media y un factor de duración del problema (por ejemplo, si alguien sufre de media inundaciones durante 1 mes al año debido a puntas de contaminación del aire, esto equivale a 1/12 (8.3%) de absentismo medio anual.

Plusvalías de suelo urbano y stock de vivienda

Varias de las componentes del programa de medidas propuesto incluyen modificaciones significativas del entorno urbano, sea mediante creación de zonas edificables, la habilitación de nuevos parques o la mejora del drenaje. Todas estas actuaciones suelen tener un efecto de revalorización del precio de las edificaciones, en el entorno del lugar de intervención o, directamente, la creación de suelo útil que antes no existía.

Para este estudio, las plusvalías de suelo que pueden esperarse de las actuaciones propuestas han sido proporcionadas por un equipo de urbanistas que han analizado datos del mercado inmobiliario de Asunción, así como casos reales de otras ciudades de Latinoamérica que han experimentado transformaciones similares a las propuestas.

Costes por reducción de servicios ecosistémicos (abastecimiento, paisaje, depuración, etc.)

La cuantificación y valoración de los servicios ecosistémicos es un tema actualmente en boga, sobre el cual existe una nutrida bibliografía. En este caso, se ha considerado un marco conceptual suficientemente simple y genérico, que dé cabida a diferentes servicios ambientales, teniendo en cuenta fundamentalmente las actuaciones de refulado. Para ello, se considera el área de ecosistemas de tipo laguna o humedal que se perdería consecuencia de cada escenario. Después, en función de los servicios ecosistémicos dominantes, se asigna de manera particular un valor por hectárea y año a dicha superficie, lo que permite obtener el valor equivalente por reducción de servicios ecosistémicos.

Los principales servicios ecosistémicos que se suelen asociar a las lagunas y zonas inundables son los siguientes:

- Depuración natural de aguas de escorrentía y vertidos
- Servicios turísticos asociados a la naturaleza (paisaje, paseo, recreación, etc.)
- Mantenimiento de las actividades pesqueras
- Almacenamiento del agua y reducción de riesgos de inundación

Este tipo de pérdidas están generalmente asociadas a los escenarios que conllevan grandes volúmenes de dragado y relleno.

Beneficios sociales diversos

Es conveniente incluir un apartado específico de beneficios que tenga en cuenta un conjunto de variables diversos y difíciles de cuantificar, pero no por ello menos importantes:

- Redistribución de la renta a través de generación de impuestos derivados de la reducción de la economía informal.
- Regularización del régimen de propiedad del suelo.
- Efecto multiplicador del gasto público al activar la economía y el empleo local (enfoque keynesiano).
- Mejoras de fortalecimiento normativo e institucional, que forman parte, en mayor o menor medida, de las soluciones propuestas.
- Mejoras sociales diversas: reducción de la delincuencia (asociada a la mejora del espacio urbano), avances en igualdad de género, educación ambiental y aumento de la capacidad de respuesta ante emergencias, etc.

Diversos organismos de financiamiento multilaterales, entre ellos el BID, adoptan por convención en los análisis coste-beneficio una tasa de retorno social sobre todo gasto público realizado, sea de la naturaleza que sea, debido al efecto keynesiano de activación de la economía y fomento de la economía local. Además, si las medidas propuestas incluyen el afloramiento de economías informales, y su tránsito a sistemas más formales con el consiguiente pago de impuestos, esto también puede considerarse como un

beneficio (aunque los impuestos como tales no deben considerarse como beneficios puros, ya que son una mera transferencia de capital, que no tiene porqué llevar aparejada la creación de valor).

Por otra parte, toda mejora en desarrollo institucional, en las capacidades técnicas de los profesionales implicados en la población de riesgos o en la educación pública en general (y especialmente la de género), tendrá repercusión positiva en la respuesta ante catástrofes y favorecerá la adaptación al cambio climático.

Para considerar estos efectos se ha considerado en cada escenario un factor de beneficios sociales, estimado por juicio de experto en función de la naturaleza de cada componente, que se aplica sobre la inversión total (CAPEX) prorrateada a lo largo de 20 años. El factor aplicado oscila entre el 15% y 50%, dependiendo de la naturaleza de las intervenciones propuestas (por ejemplo, la creación de espacios públicos verdes aporta más beneficios de este tipo que la creación de zonas edificables).

3.4.3. Resultados

Bañado Norte

Se presentan a continuación los resultados del ACB para cada una de las tres alternativas consideradas en el Bañado Norte:

- ESCENARIO 0: Sin actuaciones
- ESCENARIO 1: Refulado de las zonas inundables
- ESCENARIO 2: Refulado parcial con zonas verdes

El escenario 0 considera como costes únicamente la reparación de los daños derivados de las inundaciones en el bañado, tal y como se han obtenido en los apartados previos de este estudio. Dado que no existen beneficios como tales, el análisis coste-beneficio únicamente arroja un valor actualizado neto negativo de USD 68.3 millones, que es la suma de la pérdida anual esperada (PAE) descontada, a lo largo del todo el periodo de cálculo.

Los resultados para cada escenario de intervención obtenidos siguiendo los criterios descritos en el apartado anterior, se resumen en la Tabla 14.

ESCENARIO DE INTERVENCIÓN	E1	E2	
COSTES			
Inversión en inmovilizado	277	289	MUSD
Costes variables de capital	6	6	MUSD/año
PARÁMETROS ACB			
Área con reducción de riesgos por catástrofes	57	57	ha
Pérdida anual esperada (PAE) por ha	110000	110000	USD/ha/año

Reducción de personas expuestas a riesgos de salud pública	301.62	301.62	per/año
Coste anual equivalente por baja laboral	3600	3600	USD/per/año
Área con plusvalías de suelo/edificación	68.4	39.9	ha
Precio medio inicial de renta de la superficie edificada	250	250	USD/m ² /año
Plusvalía media por sup. edificada sobre el valor inicial	520	520	
Área de ecosistemas afectados	40	20	ha
Pérdida de servicios ecosistémicos	7000	7000	USD/ha/año
Factor beneficio social sobre inversiones	25%	50%	

BENEFICIOS

Reducción en daños medios anuales por catástrofes	6.27	6.27	MUSD/año
Beneficios de salud pública	1.09	1.09	MUSD/año
Plusvalías de suelo urbano y stock de vivienda	36.94	21.55	MUSD/año
Pérdidas por servicios ecosistémicos	-0.28	-0.14	MUSD/año
Beneficios sociales	8.14	16.97	MUSD/año
<i>Beneficios totales</i>	<i>52.15</i>	<i>45.73</i>	<i>MUSD/año</i>

Tabla 14. Costes y beneficios considerados para los escenarios del Bañado Norte.

A partir de esta información, se ha llevado a cabo una estimación de los flujos de caja y el análisis coste-beneficio de cada escenario.

La siguiente tabla refleja los resultados obtenidos en el ACB para el Bañado Norte donde se observa que todas las componentes arrojan indicadores de rentabilidad favorables o muy favorables, con tasas internas de retorno superiores al 9% (13.7 para el E1 y 11.4% para el E2) y periodos de recuperación de la inversión de 17 años para el E1 y de 24 años para el E2.

BAÑADO NORTE	E0	E1	E2
Total inversiones descontadas (MUS\$)	0	283	298
Total beneficios descontados (MUS\$)	0	387	339
VAN (MUS\$)	-68.27	104	41
Tasa interna de retorno (TIR)	-	13.7%	11.4%
Retorno sobre la inversión (BEN/INV)	-	1.37	1.14
Periodo de equilibrio (años)	-	17.0	24.0

Tabla 15. Parámetros de rentabilidad para los escenarios de intervención del Bañado Norte.

Bañado Sur

Se presentan a continuación los resultados del ACB para cada una de los tres escenarios consideradas en el Bañado Sur:

- ESCENARIO 0: Sin actuaciones
- ESCENARIO 1: Polder
- ESCENARIO 2: Refulado parcial
- ESCENARIO 3: Refulado extenso

El escenario 0 considera como costes únicamente la reparación de los daños derivados de las inundaciones en el bañado, tal y como se han obtenido en los apartados previos de este estudio. Dado que no existen beneficios como tales, el análisis coste-beneficio únicamente arroja un valor actualizado neto negativo de USD 39.6 millones, que es la suma de la pérdida anual esperada (PAE) descontada, a lo largo del todo el periodo de cálculo.

Los resultados para cada escenario de intervención obtenidos siguiendo los criterios descritos en el apartado anterior, se resumen en la Tabla 16.

ESCENARIO DE INTERVENCIÓN	E1	E2	E3	
COSTES				
Inversión en inmovilizado	156	195	512	MUSD
Costes variables de capital	3	4	10	MUSD/año
PARÁMETROS ACB				
Área con reducción de riesgos por catástrofes	33	33	33	ha
Pérdida anual esperada (PAE) por ha	110000	110000	110000	USD/ha/año
Reducción de personas expuestas a riesgos de salud pública	20	200	200	per/año
Coste anual equivalente por baja laboral	3600	3600	3600	USD/per/año
Área con plusvalías de suelo/edificación	64	64	200	ha
Precio medio inicial de renta de la superficie edificada	220	220	220	USD/m ² /año
Plusvalía media por sup. edificada sobre el valor inicial	330	440	440	
Área de ecosistemas afectados	20	64	200	ha
Pérdida de servicios ecosistémicos	7000	7000	7000	USD/ha/año
Factor beneficio social sobre inversiones	15%	15%	15%	
BENEFICIOS				

Reducción en daños medios anuales por catástrofes	3.63	3.63	3.63	MUSD/año
Beneficios de salud pública	0.072	0.72	0.72	MUSD/año
Plusvalías de suelo urbano y stock de vivienda	14.08	28.16	88	MUSD/año
Pérdidas por servicios ecosistémicos	-0.14	-0.448	-1.4	MUSD/año
Beneficios sociales	2.75	3.43	9.02	MUSD/año
<i>Beneficios totales</i>	<i>20.39</i>	<i>35.49</i>	<i>99.97</i>	<i>MUSD/año</i>

Tabla 16. Costes y beneficios considerados para los escenarios del Bañado Sur.

A partir de esta información, se ha llevado a cabo una estimación de los flujos de caja y el análisis coste-beneficio de cada escenario.

La siguiente tabla refleja los resultados obtenidos en el ACB para el Bañado Sur donde se observa que todas las componentes arrojan indicadores de rentabilidad favorables o muy favorables, con tasas internas de retorno superiores al 9% (9.5% para el E1 y 13.3% para el E2 y 14.2% para el E3) y periodos de recuperación de la inversión de 18 años para el E2 y de 16 años para el E3.

ESCENARIO DE INTERVENCIÓN	E0	E1	E2	E3
Total inversiones descontadas (MUS\$)	0	159	199	523
Total beneficios descontados (MUS\$)	0	151	263	742
VAN (MUS\$)	-39.59	-8	65	219
Tasa interna de retorno (TIR)	-	9.5%	13.3%	14.2%
Retorno sobre la inversión (BEN/INV)	-	0.95	1.33	1.42
Periodo de equilibrio (años)	-	#N/D	18.0	16.0

Tabla 17. Parámetros de rentabilidad para los escenarios de intervención del Bañado Sur.

4. PLAN DE RIESGO DE DESASTRES

En este capítulo se presenta el Plan de Gestión de Riesgo de Desastres para la implementación de las medidas de reducción de riesgo de inundación propuestas en las áreas de intervención de los Bañados Norte y Sur de Asunción.

Las medidas propuestas se han dividido en dos grandes categorías: medidas estructurales, entendidas como actuaciones de modificación del espacio físico mediante obras de diversa naturaleza, y medidas no estructurales, que agrupan un conjunto variado de herramientas de carácter “blando”. Las medidas estructurales y no estructurales son complementarias y deben llevarse siempre a cabo de forma coordinada.

A continuación, se procede a describir el conjunto de medidas estructurales (según su plazo de implementación) y no estructurales de los escenarios de intervención seleccionados con base en el resultado del análisis coste beneficio: Escenario 1 para el Bañado Norte y Escenario 3 para el Bañado Sur.

4.1. Medidas estructurales

4.1.1. Medidas propuestas en el Bañado Norte

En la Figura 31 se presenta el plazo de implementación para las medidas estructurales de reducción de riesgos en el Bañado Norte, seguido de las tablas donde se desglosan las medidas a implantar en cada fase: **Corto** (menos de 2 años), **Medio** (entre 2 y 5 años) o **Largo** (entre 5 y 10 años) plazo, así como su etapa de aplicación (las medidas propuestas se pueden implementar en la etapa de **Diseño**, **Construcción** u **Operación** dentro del ciclo de desarrollo del programa) y el responsable de cada una de ellas (institución o persona responsable del desarrollo e implementación de las medidas de mitigación de riesgos).

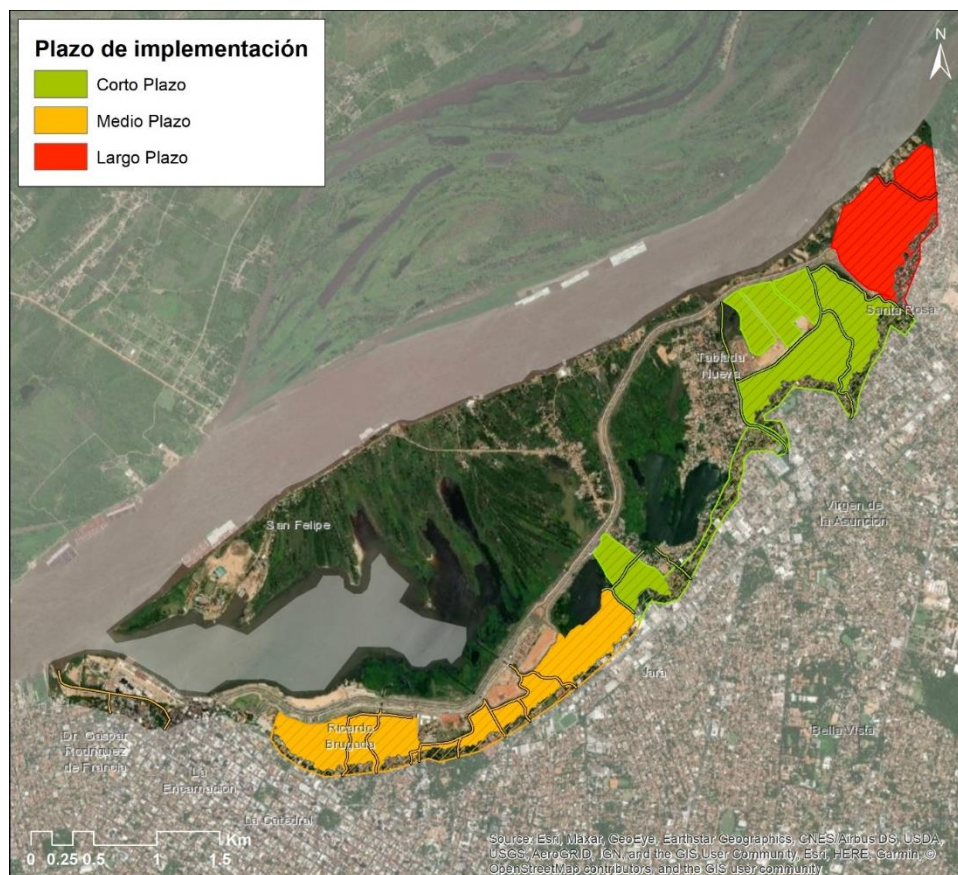


Figura 31. Plazo de implementación de las medidas propuestas en el Bañado Norte.

MEDIDAS A CORTO PLAZO	
Relleno procedente del cauce del río Paraguay - Actividades de dragado y refulado procedente del río Paraguay de 3.73 millones de m³. - Relleno de una superficie de 97.55 Ha hasta la cota +64 m.	<u>Etapas del ciclo de proyecto:</u> Construcción Responsables: Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MPOC)
Construcción de nueva vivienda social derivada de la reubicación Reubicación de 4,508 viviendas sobre la superficie rellenada, incluyendo todas las viviendas afectadas por el desbordamiento del río de los barrios de Tablada Nueva, Bañado Cara Cara, Santa Rosa, Virgen de Fátima y parte de Jara y la parte del Banco San Miguel localizada al sur de la Costanera Norte.	<u>Etapas del ciclo de proyecto:</u> Construcción Responsables: Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MPOC), Municipalidad de Asunción y Ministerio de Urbanismo, Vivienda y Hábitat (MUVH),
Regularización del terreno y drenaje pluvial Tanto en la nueva superficie urbana generada en el bañado, como en las zonas no afectadas por el desbordamiento del río Paraguay, en las que se localizan viviendas que no es necesario reubicar.	<u>Etapas del ciclo de proyecto:</u> Construcción y operación Responsables: Ministerio de Urbanismo, Vivienda y Hábitat (MUVH), Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MPOC) y Municipalidad de Asunción

Actividades de la construcción e instalación de Servicios Públicos - Construcción de la red de agua potable, red cloacal. - Instalación de la red eléctrica. - Conexión de las viviendas a las diferentes redes públicas. - Titulación de propiedades.	<u>Etapa del ciclo de proyecto:</u> Construcción y operación <u>Responsables:</u> Ministerio de Urbanismo, Vivienda y Hábitat, Empresa de Servicios Sanitarios del Paraguay (ESSAP), Servicio Nacional de Catastro, Administración Nacional de Electricidad (ANDE) y Municipalidad de Asunción
Encauzamiento y adecuación de los arroyos que vierten al Bañado Norte Limpieza, desbroce, dragado, aumento de la capacidad hidráulica y construcción de defensas a lo largo de 6,005 ml de tramos de cauce.	<u>Etapa del ciclo de proyecto:</u> Diseño, Construcción y operación <u>Responsables:</u> Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MPOC) y Municipalidad de Asunción

MEDIDAS A MEDIO PLAZO	
Relleno procedente del cauce del río Paraguay - Actividades de dragado y refulado procedente del río Paraguay de 2.6 millones de m³. - Relleno de una superficie de 78.14 Ha hasta la cota +64 m.	<u>Etapa del ciclo de proyecto:</u> Construcción <u>Responsables:</u> Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MPOC)
Construcción de nueva vivienda social derivada de la reubicación Reubicación de 2,803 viviendas sobre la superficie rellenada, incluyendo todas viviendas afectadas por el desbordamiento del río de los barrios de Dr. Ricardo Brugada, concretamente la zona de Chacarita Baja, Las Mercedes y parte del barrio de Jara.	<u>Etapa del ciclo de proyecto:</u> Construcción <u>Responsables:</u> Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MPOC), Municipalidad de Asunción y Ministerio de Urbanismo, Vivienda y Hábitat (MUVH)
Regularización del terreno y drenaje pluvial Tanto en la nueva superficie urbana generada en el bañado, como en las zonas no afectadas por el desbordamiento del río Paraguay, en las que se localizan viviendas que no es necesario reubicar.	<u>Etapa del ciclo de proyecto:</u> Construcción y operación <u>Responsables:</u> Ministerio de Urbanismo, Vivienda y Hábitat (MUVH), Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MPOC) y Municipalidad de Asunción
Actividades de la construcción e instalación de Servicios Públicos - Construcción de la red de agua potable, red cloacal. - Instalación de la red eléctrica. - Conexión de las viviendas a las diferentes redes públicas. - Titulación de propiedades.	<u>Etapa del ciclo de proyecto:</u> Construcción y operación <u>Responsables:</u> Ministerio de Urbanismo, Vivienda y Hábitat (MUVH), Empresa de Servicios Sanitarios del Paraguay (ESSAP), Servicio Nacional de Catastro, Administración Nacional de Electricidad (ANDE) y Municipalidad de Asunción
Encauzamiento y adecuación de los arroyos que vierten al Bañado Norte	<u>Etapa del ciclo de proyecto:</u> Diseño, Construcción y operación

Limpieza, desbroce, dragado, aumento de la capacidad hidráulica y construcción de defensas a lo largo de 5,730 ml de tramos de cauce.	<u>Responsables:</u> Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MPOC) y Municipalidad de Asunción
---	---

MEDIDAS A LARGO PLAZO	
Relleno procedente del cauce del río Paraguay - Actividades de dragado y refulado procedente del río Paraguay de 1.5 millones de m ³ . - Relleno de una superficie de 55.4 Ha hasta la cota +64 m.	<u>Etapas del ciclo de proyecto:</u> Construcción <u>Responsables:</u> Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MPOC)
Construcción de nueva vivienda social derivada de la reubicación Reubicación de 2,072 viviendas sobre la superficie rellenada, incluyendo todas viviendas afectadas por el desbordamiento del río del barrio Botánico incluyendo la zona de San Antonio.	<u>Etapas del ciclo de proyecto:</u> Construcción <u>Responsables:</u> Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MPOC), Municipalidad de Asunción y Ministerio de Urbanismo, Vivienda y Hábitat (MUVH)
Regularización del terreno y drenaje pluvial Tanto en la nueva superficie urbana generada en el bañado, como en las zonas no afectadas por el desbordamiento del río Paraguay, en las que se localizan viviendas que no es necesario reubicar.	<u>Etapas del ciclo de proyecto:</u> Construcción y operación <u>Responsables:</u> Ministerio de Urbanismo, Vivienda y Hábitat (MUVH), Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MPOC) y Municipalidad de Asunción
Actividades de la construcción e instalación de Servicios Públicos - Construcción de la red de agua potable, red cloacal. - Instalación de la red eléctrica. - Conexión de las viviendas a las diferentes redes públicas. - Titulación de propiedades.	<u>Etapas del ciclo de proyecto:</u> Construcción y operación <u>Responsables:</u> Ministerio de Urbanismo, Vivienda y Hábitat (MUVH), Empresa de Servicios Sanitarios del Paraguay (ESSAP), Servicio Nacional de Castro, Administración Nacional de Electricidad (ANDE) y Municipalidad de Asunción
Encauzamiento y adecuación de los arroyos que vierten al Bañado Norte Limpieza, desbroce, dragado, aumento de la capacidad hidráulica y construcción de defensas a lo largo de 570 ml de tramos de cauce.	<u>Etapas del ciclo de proyecto:</u> Diseño, Construcción y operación <u>Responsables:</u> Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MPOC) y Municipalidad de Asunción

4.1.2. Medidas propuestas en el Bañado Sur

En la Figura 32 se presenta el plazo de implementación para las medidas estructurales de reducción de riesgos en el Bañado Sur, seguido de las tablas donde se desglosan las medidas a implantar en cada fase: **Corto** (menos de 2 años), **Medio** (entre 2 y 5 años) o **Largo** (entre 5 y 10 años) plazo, así como su etapa de aplicación (las medidas propuestas se pueden implementar en la etapa de **Diseño**, **Construcción** u **Operación** dentro del ciclo de desarrollo del programa) y el responsable de cada una de ellas (institución o

persona responsable del desarrollo e implementación de las medidas de mitigación de riesgos).

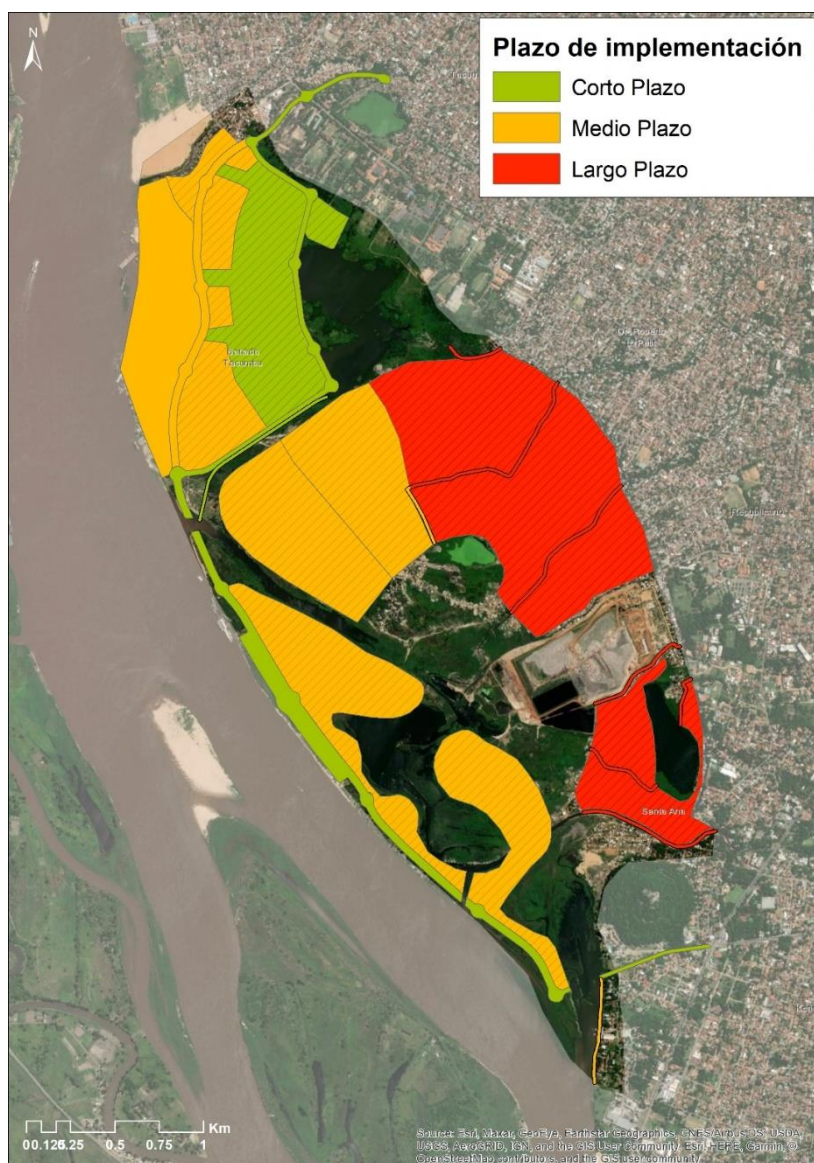


Figura 32. Plazo de implementación de las medidas propuestas en el Bañado Sur.

MEDIDAS A CORTO PLAZO	
Proyecto de Construcción de la Franja Costera del Bañado Sur. Fase 1. (MOPC, 2018)	
<i>Relleno procedente del cauce del río Paraguay</i> - Actividades de dragado y refulado procedente del río Paraguay de unos 4.35 millones de m³. - Relleno de una superficie de alrededor de 95 Ha hasta la cota +64 m.	<u>Etapas del ciclo de proyecto:</u> Construcción <u>Responsables:</u> Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MPOC)

<i>Construcción de nueva vivienda social derivada de la reubicación</i> Reubicación de 1,580 viviendas sobre la superficie rellenada, considerando que las 2,705 viviendas a reubicar en el barrio Tacumbú se reparten de manera uniforme entre las dos fases del proyecto.	<u>Etapas del ciclo de proyecto:</u> Construcción <u>Responsables:</u> Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MPOC), Municipalidad de Asunción y Ministerio de Urbanismo, Vivienda y Habitat (MUVH)
<i>Regularización del terreno y drenaje pluvial</i> Tanto en la nueva superficie urbana generada en el bañado, como en las zonas no afectadas por el desbordamiento del río Paraguay, en las que se localizan viviendas que no es necesario reubicar.	<u>Etapas del ciclo de proyecto:</u> Construcción y operación <u>Responsables:</u> Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MPOC) y Municipalidad de Asunción
<i>Actividades de la construcción e instalación de Servicios Públicos</i> - Construcción de la red de agua potable, red cloacal. - Instalación de la red eléctrica. - Conexión de las viviendas a las diferentes redes públicas. - Titulación de propiedades.	<u>Etapas del ciclo de proyecto:</u> Construcción y operación <u>Responsables:</u> Ministerio de Urbanismo, Vivienda y Hábitat (MUVH), Empresa de Servicios Sanitarios del Paraguay (ESSAP), Servicio Nacional de Catastro, Administración Nacional de Electricidad (ANDE) y Municipalidad de Asunción
<i>Construcción de la fase 1 de la Costanera Sur</i>	<u>Etapas del ciclo de proyecto:</u> Diseño, Construcción y operación <u>Responsables:</u> Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MPOC) y Municipalidad de Asunción
Construcción de nuevo canal Construcción de un canal que permita el desagüe de la laguna Yrupe y conexión con el resto del sistema lagunar del Bañado Sur de unos 1,050 ml.	<u>Etapas del ciclo de proyecto:</u> Diseño, Construcción y operación <u>Responsables:</u> Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MPOC) y Municipalidad de Asunción

MEDIDAS A MEDIO PLAZO

Proyecto de construcción de la Franja Costera del Bañado Sur. Fase 2 (MOPC, 2018)

<i>Relleno procedente del cauce del río Paraguay</i> - Actividades de dragado y refulado procedente del río Paraguay de unos 2.30 millones de m³. - Relleno de una superficie de alrededor de 52 Ha hasta la cota +64 m.	<u>Etapas del ciclo de proyecto:</u> Construcción <u>Responsables:</u> Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MPOC)
<i>Construcción de nueva vivienda social derivada de la reubicación</i> Reubicación de 1,125 viviendas sobre la superficie rellenada, considerando que las 2,705 viviendas a reubicar en el barrio Tacumbú se reparten de manera uniforme entre las dos fases del proyecto.	<u>Etapas del ciclo de proyecto:</u> Construcción <u>Responsables:</u> Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MPOC), Municipalidad de Asunción y Ministerio de Urbanismo, Vivienda y Hábitat (MUVH)

<i>Regularización del terreno y drenaje pluvial</i> Tanto en la nueva superficie urbana generada en el bañado, como en las zonas no afectadas por el desbordamiento del río Paraguay, en las que se localizan viviendas que no es necesario reubicar.	<u>Etapas del ciclo de proyecto:</u> Construcción y operación <u>Responsables:</u> Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MPOC) y Municipalidad de Asunción
<i>Actividades de la construcción e instalación de Servicios Públicos</i> - Construcción de la red de agua potable, red cloacal. - Instalación de la red eléctrica. - Conexión de las viviendas a las diferentes redes públicas. - Titulación de propiedades.	<u>Etapas del ciclo de proyecto:</u> Construcción y operación <u>Responsables:</u> Ministerio de Urbanismo, Vivienda y Hábitat (MUVH), Empresa de Servicios Sanitarios del Paraguay (ESSAP), Servicio Nacional de Catastro, Administración Nacional de Electricidad (ANDE) y Municipalidad de Asunción
Construcción de la fase 2 de la Costanera Sur.	<u>Etapas del ciclo de proyecto:</u> Diseño, Construcción y operación <u>Responsables:</u> Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MPOC) y Municipalidad de Asunción
Relleno procedente del cauce del río Paraguay - Actividades de dragado y refulado procedente del río Paraguay de 9.37 millones de m³ (2.15 Mm³ para la reubicación de viviendas y 7.23 Mm³ para financiar.). - Relleno de una superficie de 182 Ha hasta la cota +64 m, 47 Ha para la reubicación de viviendas y 135 Ha para financiar.	<u>Etapas del ciclo de proyecto:</u> Construcción <u>Responsables:</u> Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MPOC)
Construcción de nueva vivienda social derivada de la reubicación Reubicación de 1,348 viviendas sobre la superficie rellenada para la reubicación de viviendas, incluyendo todas viviendas afectadas por el desbordamiento del río asentadas sobre los futuros rellenos y las que se sitúan en las zonas que quedan como áreas de amortiguación y laminación. Estas viviendas pertenecen a los siguientes barrios: Santa Ana y San Cayetano.	<u>Etapas del ciclo de proyecto:</u> Construcción <u>Responsables:</u> Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MPOC), Municipalidad de Asunción y Ministerio de Urbanismo, Vivienda y Hábitat (MUVH)
Regularización del terreno y drenaje pluvial Tanto en la nueva superficie urbana generada en el bañado, como en las zonas no afectadas por el desbordamiento del río Paraguay, en las que se localizan viviendas que no es necesario reubicar.	<u>Etapas del ciclo de proyecto:</u> Construcción y operación <u>Responsables:</u> Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MPOC) y Municipalidad de Asunción
Actividades de la construcción e instalación de Servicios Públicos - Construcción de la red de agua potable, red cloacal. - Instalación de la red eléctrica. - Conexión de las viviendas a las diferentes redes públicas. - Titulación de propiedades.	<u>Etapas del ciclo de proyecto:</u> Construcción y operación <u>Responsables:</u> Ministerio de Urbanismo, Vivienda y Hábitat (MUVH), Empresa de Servicios Sanitarios del Paraguay (ESSAP), Servicio Nacional de Catastro

	Administración Nacional de Electricidad (ANDE) y Municipalidad de Asunción
Encauzamiento y adecuación de los arroyos que vierten al Bañado Sur Limpieza, desbroce, dragado, aumento de la capacidad hidráulica y construcción de defensas a lo largo de 360 ml de tramos de cauce.	<u>Etapas del ciclo de proyecto:</u> Diseño, Construcción y operación <u>Responsables:</u> Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MPOC) y Municipalidad de Asunción
Obra de encauzamiento del tramo final del río Lambaré hasta la confluencia con el río Paraguay Esta defensa se sitúa en el borde del río, paralela a la calle Maestras Paraguayas, con una longitud aproximada del 590 m.	<u>Etapas del ciclo de proyecto:</u> Diseño, Construcción y operación <u>Responsables:</u> Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MPOC) y Municipalidad de Asunción

MEDIDAS A LARGO PLAZO	
Relleno procedente del cauce del río Paraguay - Actividades de dragado y refulado procedente del río Paraguay de 4.91 millones de m ³ . - Relleno de una superficie de 465.60 Ha hasta la cota +64 m.	<u>Etapas del ciclo de proyecto:</u> Construcción <u>Responsables:</u> Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MPOC)
Construcción de nueva vivienda social derivada de la reubicación Reubicación de 5,332 viviendas sobre la superficie rellenada, incluyendo todas viviendas afectadas por el desbordamiento del río asentadas sobre los futuros rellenos. Estas viviendas pertenecen a los siguientes barrios: Santa Ana, San Cayetano y Jukyti.	<u>Etapas del ciclo de proyecto:</u> Construcción <u>Responsables:</u> Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MPOC), Municipalidad de Asunción y Ministerio de Urbanismo, Vivienda y Hábitat (MUVH)
Regularización del terreno y drenaje pluvial Tanto en la nueva superficie urbana generada en el bañado, como en las zonas no afectadas por el desbordamiento del río Paraguay, en las que se localizan viviendas que no es necesario reubicar.	<u>Etapas del ciclo de proyecto:</u> Construcción y operación <u>Responsables:</u> Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MPOC) y Municipalidad de Asunción
Actividades de la construcción e instalación de Servicios Públicos - Construcción de la red de agua potable, red cloacal. - Instalación de la red eléctrica. - Conexión de las viviendas a las diferentes redes públicas. - Titulación de propiedades.	<u>Etapas del ciclo de proyecto:</u> Construcción y operación <u>Responsables:</u> Ministerio de Urbanismo, Vivienda y Hábitat (MUVH), Empresa de Servicios Sanitarios del Paraguay (ESSAP), Servicio Nacional de Catastro, Administración Nacional de Electricidad (ANDE) y Municipalidad de Asunción
Encauzamiento y adecuación de los arroyos que vierten al Bañado Sur	<u>Etapas del ciclo de proyecto:</u> Diseño, Construcción y operación

Limpieza, desbroce, dragado, aumento de la capacidad hidráulica y construcción de defensas a lo largo de 4,700 ml de tramos de cauce.	<u>Responsables:</u> Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MPOC) y Municipalidad de Asunción
---	---

Nota: Lo valores del proyecto de la franja costera tanto del volumen de refulado como de la superficie de relleno se han estimado a partir de la información geométrica disponible de la superficie rellenada y de la superficie del terreno actual (MDT generado para el presente proyecto) y deben tomarse como un valor orientativo. En cuanto a los valores de las viviendas a reubicar en cada fase se han estimado ya que no se dispone de la distribución final de las viviendas del proyecto del MOPC.

4.2. Medidas no estructurales

Las medidas no estructurales propuestas son comunes a los dos bañados y complementarias a las medidas estructurales. Estas medidas han de implementarse entre el medio y el largo plazo.

4.2.1. Salvaguardas ambientales y sociales en los escenarios propuestos

En cuanto a los **factores ambientales**, el riesgo principal es el deterioro de la calidad de las masas de agua en el interior de los bañados, expuestas a una mayor presión urbanística y de vertidos, así como a menores tasas de renovación si se modifica la geometría de las mismas y sus conexiones con el río principal. Este riesgo debe ser mitigado mediante las siguientes acciones:

- Sistemas de saneamiento de las zonas de nueva ocupación.
- Minimización de los vertidos a los cauces que vierten a los bañados, ya fuera del su propio ámbito. Esto requiere de un plan municipal de saneamiento.
- Monitorización y control de la cantidad y calidad de las masas de agua en los bañados, lo que requiere de una red de medida y de un presupuesto para campañas de control.

En cuanto a las **salvaguardas sociales**, resulta clave evitar que se produzcan nuevos asentamientos informales en las zonas que son reubicadas y se destinan a funciones de conservación ambiental, laminación de avenidas y otros servicios ecosistémicos. Este objetivo requiere de un conjunto de medidas concertadas y complementarias de diversa naturaleza:

- Vigilancia continua de las zonas susceptibles de ocupación por responsables de la administración hidráulica o ambiental designada.
- Un marco normativo que establezca de manera clara las reglas, los procedimientos y las sanciones.
- Un entorno político y jurídico que garantice la correcta aplicación de la normativa y, sobre todo, del régimen sancionador.

Cantidad y calidad de las masas de agua interiores a los bañados: Los proyectos de detalle deben incluir estudios de calidad de las masas de agua interiores. Dichos estudios deben considerar al menos los siguientes aspectos:

- Tasas de renovación de las masas de agua interiores con la nueva geometría en planta y perfil.
- Tasas de acumulación de sedimentos potencialmente contaminados en zonas lénticas.
- Riesgos asociados a problemas de calidad de agua: contaminación fecal persistente, eutrofización, riesgos epidemiológicos por mosquitos, fondos anóxicos, etc.
- Acumulación de residuos sólidos en zonas localizadas.
- Desarrollo de una gestión integral de cuencas y la promoción de la economía circular de las cuencas aportantes a los bañados.

Aspectos ambientales: Las medidas estructurales propuestas, especialmente en del Bañado Sur, suponen una alteración de la geometría de las lagunas dentro del espacio del bañado. Más allá del efecto en la calidad del agua y en los procesos de acumulación de sedimentos, los cambios en la geometría alterarán las condiciones en que operan los ecosistemas asociados, y por lo tanto las especies que habitan. Los cambios inducidos en los ecosistemas lénticos de los bañados tienen al menos dos dimensiones: calidad del espacio urbano asociado (aspecto visual, olores, presencia de herpetofauna cerca de las zonas de viviendas, presencia de insectos, etc.) y servicios ecosistémicos asociados (pesca, autodepuración de agua, provisión de bienes culturales y estéticos).

Se recomienda analizar los efectos que los cambios geométricos tendrían en los ecosistemas, y en los servicios que proveen.

Implantación del Plan de Manejo de la Reserva Ecológica Banco San Miguel y Bahía de Asunción: La Reserva Ecológica del Banco San Miguel y la Bahía de Asunción (REBSMyBA), fue establecida por Ley 2.715/05, y fue el resultado de varios esfuerzos orientados a la implementación de un área protegida dentro de la Bahía de Asunción y el Río Paraguay, entendida como el área que ocupa el Banco San Miguel, la zona de las lagunas temporales y permanentes y la Bahía en sí (espejo de agua y zonas de inundación periódica).

El Plan de Manejo existente del Banco San Miguel y la Bahía de Asunción se ha diseñado con la participación de técnicos de la Municipalidad de Asunción, Secretaria del Ambiente, Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, sociedad civil, y organizaciones de base, en diferentes momentos históricos, y con procesos que se han instalado a partir de las necesidades de población de la ciudad de Asunción y que constituyen una geografía definida por infraestructura de servicios, que debe ser manejada en un contexto urbano, pero desde un enfoque eco sistémico.

El objetivo general del Plan de Manejo es la GOBERNANZA DE LA RESERVA BIOLOGICA BANCO SAN MIGUEL Y BAHIA DE ASUNCIÓN, así como la creación de un Comité de Gestión Interinstitucional, y que este Plan contribuya a que los ecosistemas mantengan sus

funciones ambientales y contribuya a una mejor calidad de vida de la población de Asunción.

La implantación de plan servirá, por lo tanto, para la protección de la zona de la Reserva Ecológica Banco San Miguel y Bahía de Asunción, la zonificación del territorio y la puesta en marcha de prácticas para la restauración y conservación del área, en el marco del cumplimiento de la Ley N° 352/94 "De Áreas Silvestres Protegidas" que tiene como objetivo fijar normas generales para la regulación y manejo del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINASIP).

El documento insta igualmente a la recomposición, fortalecimiento y conservación del área silvestre protegida conforme a la competencia de cada institución, dando cumplimiento a las leyes nacionales de carácter ambiental vigentes.

Alteraciones en el río Paraguay: Los escenarios basados en refulados se basan en extraer y trasladar un gran volumen de material del fondo del río Paraguay, entre 5 y 10 hm³ según el caso. Esto constituye una perturbación morfológica significativa, incluso para un sistema tan grande como este río, cuyo impacto en forma de procesos de erosión y acumulación en otras zonas del cauce y de sus riberas, incluso lejanas, puede ser muy importante. La respuesta de un sistema fluvial de estas características a una perturbación de tal magnitud puede conllevar cambios severos en el territorio, con escalas de decenas de km y durante décadas. Por tanto, se recomienda llevar a cabo un estudio del impacto de las obras de dragado en la morfodinámica, la flora y la fauna del río Paraguay, llegando a cuantificar el efecto de dichos impactos en las actividades económicas que dependen de ellos (pesca, navegación fluvial y erosión de asentamientos urbanos de ribera, principalmente).

Aspectos normativos y de ordenación urbana: Los escenarios con refulado se basan en crear un espacio urbano completamente nuevo, sobre un terreno virgen constituido por el material vertido. La planificación del nuevo espacio urbano puede plantearse desde cero con criterios de optimización y normas de buena práctica; el proceso de ocupación del nuevo territorio es controlable y no tiene a priori riesgos significativos.

4.2.2. Observatorio de los bañados de Asunción

Se considera que los bañados de Asunción tienen una singularidad y una problemática que requieren de ciertos instrumentos o instituciones específicos. Se propone la creación de un ente público, con participación municipal y estatal (en proporción a acordar), con la única misión de promover y canalizar la transformación de los bañados de Asunción. Con este fin, el Observatorio de los Bañados tendría al menos las siguientes funciones:

- Mantener, validar y actualizar periódicamente una base de datos fiable de los bañados, incluyendo capas de información hidroclimáticas, socioeconómicas, catastrales, ambientales y de desastres. Esta base de datos, junto con los documentos disponibles (proyectos, informes, libros, etc.) relativos a los bañados, sería de fácil acceso y consulta para cualquier ciudadano u organización.

- Emitir informes anuales sobre los avances / cambios/ retrocesos experimentados por los bañados en términos demográficos, sociales, económicos, de catástrofes, etc.
- Servir de canal de comunicación entre los habitantes del bañado, representados por sectores geográficos o por gremios, y las autoridades municipales o nacionales. De esta forma, se promovería la participación pública en los procesos de decisión, al tiempo que se fomenta una cierta organización de la sociedad, lo que incrementa las opciones de un diálogo social constructivo.
- Llevar a cabo ciertos planes y programas con una clara componente social y de interacción con el territorio dentro de los bañados. En este sentido, el Observatorio no es un ente diseñado para ser órgano ejecutor de obras civiles, pero sí puede participar, por ejemplo, en proyectos para canalizar fondos nacionales e internacionales de cooperación al desarrollo; también servir como interlocutor oficial de agencias para el desarrollo y ONG internacionales.
- Servir como órgano de asesoramiento a la población de los bañados sobre aspectos de reubicación temporal, temas urbanísticos, aspectos jurídicos, etc.
- Colaborar con las autoridades públicas y organismos de financiación internacionales en el desarrollo e implementación de proyectos transformadores (como el actual proyecto de la costanera sur y relleno de Tacumbú). No obstante, la misión
- Defender los intereses de los habitantes de los bañados, siempre que se consideren legítimos, frente a las autoridades locales y nacionales, así como frente a grupos de interés privados.

4.2.3. Sistema de monitorización y control

Esta actuación consiste en la instalación de nuevos equipos de medida de variables hidrometeorológicas en los dos bañados. En concreto, se propone la instalación y mantenimiento de los siguientes equipos: una estación meteorológica, incluyendo al menos pluviómetro, barómetro, higrómetro y termómetro en cada bañado para caracterizar el clima a escala local; una estación de aforo (caudal) en un arroyo urbano representativo; un sensor de nivel en las lagunas interiores de ambos bañados; y un sistema de control periódico de los parámetros básicos de calidad de agua en el río principal y en las masas de agua interiores de los bañados.

Estos instrumentos, que podrían ser mantenidos por el Observatorio de los Bañados, servirían para monitorizar el estado físico-químico de las masas de agua, así como para proporcionar información del clima y procesos hidrológicos a escala local, lo que permitirá un mejor diseño de todas las actuaciones de ingeniería, desde obras de protección y drenaje, hasta los propios sistemas de alerta temprana (ver epígrafe siguiente).

4.2.4. Elaboración de un Sistema de Alerta Temprana (SAT)

Los sistemas de alerta de inundaciones resultan especialmente adecuados en cuencas que, como la del río Paraguay, tienen un tamaño suficientemente grande como para disponer de varias semanas entre la ocurrencia de la lluvia máxima en zonas de cabecera y la llegada de los caudales a las inmediaciones de Asunción. La cuenca alta y media del río Paraguay tiene un comportamiento hidrológico complejo, pero es de evolución lenta y posee mucha inercia. Esto indica que los niveles del río a su paso por Asunción, en un horizonte de varios días, pueden en gran medida explicarse a partir de los niveles y las lluvias registradas en el Mato Grosso Brasileño y el Chaco boliviano y paraguayo, sin que la influencia de las predicciones meteorológicas en el periodo de predicción sea el factor dominante. La predicción del tiempo conlleva un alto grado de incertidumbre, y más a varios días vista, pero la medida de los niveles y lluvias antecedentes es relativamente fácil y fiable. Por lo tanto, se prevé que un sistema operacional de predicción de caudales en Asunción podría llegar a tener una fiabilidad alta a corto plazo (tiempo de aviso *-lead time-* de 3 a 10 días), con un costo muy reducido.

A la vista de los datos y modelos disponibles, especialmente los brasileños, se considera una tarea técnicamente abordable en un plazo corto, y de gran utilidad, poner en marcha un sistema operacional que permita predecir a corto plazo (3-10 días) los niveles en el río Paraguay a su paso por Asunción, a partir de las lluvias registradas en la cuenca y de los niveles previos en cauces representativos aguas arriba. La superficie inundada en el Pantanal brasileño, que puede estimarse de forma relativamente sencilla a partir de imágenes de satélite con resolución temporal de menos de 10 días, sería otra variable explicativa que podría incorporarse.

Los datos de cabecera se recibirían por internet de los organismos que gestionan los datos hidrometeorológicos de los tres países implicados: Brasil, Bolivia y Paraguay. Se establecería un protocolo de lectura automática de estos datos, a partir de los cuales se ejecutaría un modelo numérico de predicción, en principio una vez al día, aunque podría ser con mayor frecuencia, para emitir las alertas de niveles pertinentes. A continuación, se establecerían protocolos, en función de los umbrales previstos.

Se considera que la puesta en marcha de un primer prototipo de un sistema de esta naturaleza, que sería operado desde Asunción por un organismo designado, tendría un presupuesto en torno a 100,000 USD, asumiendo que los datos de partida son gratuitos y se llega a un acuerdo con los organismos correspondientes (especialmente los brasileños), para hacerlos disponibles.

5. DOCUMENTACIÓN DE BASE

Esta memoria técnica se ha elaborado basándose en los resultados de los siguientes productos desarrollados en el marco del presente proyecto:

1. Metodología y Plan de Trabajo
2. Módulo de Amenaza
 - Anejos:
 - 1 - Datos de partida
 - 2 - Modelo digital del terreno
 - 3 - Aerofotogrametría en los Bañados Norte y Sur de Asunción
 - 4 -Análisis de los datos hidroclimáticos y caracterización cambio climático
 - 5 - Descripción del modelo InfoWorks ICM
 - 6 - Modelado hidráulico integrado
3. Módulo de Exposición
4. Módulo de Vulnerabilidad y Riesgo:
 - Anejos a los módulos de exposición, vulnerabilidad y riesgo:
 - 1 - Evaluación Probabilista del Riesgo por Inundación en Tacumbú
 - 2 - Mapas de exposición y riesgo
5. Evaluación Probabilística del Riesgo del Escenario con Intervenciones
 - Anejos:
 - 1 - Análisis de viabilidad y predimensionamiento de alternativas de bombeos en el Bañado Sur
 - 2 - Mapas de amenaza y exposición
 - 3 - Identificación de costos y beneficios adicionales
6. Plan de Gestión de Riesgo de Desastres