

# **Bahía Blanca Resiliente**

*Proyecto de Prevención de Inundaciones  
Urbanas*



**Nombre del equipo:** Control Hídrico Integral (CHI)

**Integrantes:** Adriano Maddalena, Agustín García Sobrino,  
Luca Urciuoli

**Concurso:** Ingenia 2025 – Universidad de San Andrés

# Introducción

**Bahía Blanca Resiliente** es una propuesta integral e innovadora diseñada por nuestro equipo **CHI (Control Hídrico Integral)**, enfocada en prevenir y mitigar las inundaciones urbanas en la ciudad de Bahía Blanca, Argentina. A partir de eventos climáticos recientes que expusieron la vulnerabilidad tanto hídrica como urbana de la ciudad, desarrollamos un enfoque que integra soluciones ingenieriles, tecnologías avanzadas y prácticas ambientalmente amigables. Nuestra propuesta se organiza en torno a tres ejes principales:

- (1) **Tecnología e Inteligencia Artificial**, mediante el despliegue de sensores IoT y modelos predictivos avanzados para anticipar riesgos y optimizar las respuestas;
- (2) **Naturaleza y Biotecnología**, implementando infraestructuras verdes innovadoras como drenajes sostenibles, humedales bioactivos y microorganismos para tratamiento natural del agua; y
- (3) **Infraestructura y Planificación Urbana**, fortaleciendo obras hidráulicas estratégicas —destacando la ampliación del Canal Maldonado, cuya capacidad actual resultó insuficiente durante la última inundación— junto con **mapas dinámicos de riesgo**, que integran datos en tiempo real y sirven para guiar un desarrollo urbano seguro y sostenible.

Con este plan integral y realista, buscamos transformar a Bahía Blanca en un modelo de ciudad resiliente, capaz de enfrentar eventos extremos en las próximas décadas, armonizando ingeniería, innovación tecnológica y cuidado ambiental.

## Justificación del problema hídrico en Bahía Blanca



*Imagen 1: Vista aérea de un barrio de Bahía Blanca inundado (7-8 de marzo de 2025). Las calles se convierten en canales, dejando en evidencia la insuficiencia del sistema de drenaje actual.*

Bahía Blanca se encuentra en una situación de creciente vulnerabilidad hídrica. La tormenta del 7 de marzo de 2025 —que dejó 16 personas fallecidas, más de 1.500 evacuados y pérdidas materiales millonarias— no fue un hecho aislado, sino un síntoma de una problemática estructural. En solo 24 horas cayeron 290 mm de lluvia, lo que equivale a seis meses de precipitación promedio. El sistema pluvial existente no estaba preparado para absorber semejante volumen en tan poco tiempo, y colapsó.

Este desastre expuso una combinación de factores que se repiten en muchas ciudades intermedias de Argentina:

- Infraestructura de drenaje **obsoleta y subdimensionada**, como el Canal Maldonado, diseñado para un caudal inferior al que hoy es habitual.
- **Falta total de monitoreo en tiempo real**: no existen sensores ni sistemas de alerta temprana instalados en puntos clave.
- **Urbanización no planificada**, con barrios construidos en zonas bajas, sin estudios de impacto

hídrico ni regulación efectiva del territorio.

- **Mantenimiento deficiente** de canales, sumideros y alcantarillas, muchas veces tapados por basura o barro.
- Aumento en la **frecuencia e intensidad de eventos extremos**, vinculado al cambio climático.

Frente a esto, las respuestas institucionales han sido reactivas, parciales o tardías. La ciudad **no cuenta con un sistema de gestión hídrica integral**, ni con una visión de largo plazo que le permita adaptarse a los escenarios climáticos futuros. Además, muchas de las soluciones aplicadas históricamente (como el entubamiento o el sobredimensionamiento de caños) no consideran alternativas basadas en la naturaleza ni aprovechan el potencial de tecnologías modernas como la inteligencia artificial o el IoT.

Por estas razones, consideramos urgente una propuesta que no solo resuelva el problema actual, sino que transforme la manera en que la ciudad gestiona el agua. Bahía Blanca necesita pasar de un modelo reactivo y fragmentado a uno **preventivo, inteligente, sostenible y adaptativo**. La falta de acción implica un riesgo creciente, no solo para la infraestructura urbana, sino para la vida de miles de personas que habitan en zonas críticas.

## Propuesta por fases

Nuestra propuesta se organiza en **tres fases complementarias**, pensadas para implementarse de forma progresiva pero coordinada. Cada fase ataca un aspecto clave del problema: previsión, absorción y evacuación controlada del agua.

### Fase 1 – Monitoreo y Alerta Temprana

Actualmente, Bahía Blanca no cuenta con ningún sistema de monitoreo en tiempo real de sus cauces, pluviales o niveles de saturación del suelo. Esto impide anticiparse a inundaciones y tomar decisiones preventivas. En esta fase proponemos desplegar una red de **sensores IoT** en puntos estratégicos: arroyos como el Napostá, el Canal Maldonado, reservorios pluviales y calles históricamente anegadas.

Estos sensores (como los ultrasónicos MaxBotix o barométricos) detectan el nivel del agua, la velocidad del escurrimiento y la acumulación de precipitaciones. Están conectados a través de redes LoRaWAN, de bajo consumo y gran alcance, alimentados por paneles solares. La información se transmite minuto a minuto a una plataforma central.

Allí, un sistema de **Inteligencia Artificial** entrenado con datos históricos, modelos hidráulicos y pronósticos del SMN analiza las condiciones actuales y predice posibles desbordes. Si el riesgo supera determinados umbrales, se activan automáticamente **tres niveles de alerta**:

- Amarilla: aviso preventivo por celular.
- Naranja: coordinación con Defensa Civil y activación de sirenas barriales.
- Roja: protocolos de evacuación, corte de calles y activación de centros de contención.

Además, el sistema aprende con cada evento: cuanto más se usa, más preciso se vuelve. Este componente no solo salva vidas; **compra tiempo de reacción** en situaciones donde cada minuto cuenta.

## **Fase 2 – Naturaleza y Biotecnología Urbana**

La infraestructura gris por sí sola no alcanza. Por eso, en paralelo proponemos rediseñar partes clave de la ciudad bajo el concepto de “**ciudad esponja**”, incorporando soluciones basadas en la naturaleza y tecnologías biológicas de bajo impacto.

Esto incluye la instalación de **bioswales** (zanjas verdes drenantes), **pavimentos permeables**, **techos verdes** y **parques inundables** en zonas bajas. Estas estructuras permiten que el agua de lluvia se infiltre en el suelo, se almacene temporalmente y fluya de forma controlada. Además, mejoran el microclima urbano, reducen el calor y crean espacio verde.

Integramos también **biotecnología ambiental**, utilizando microorganismos y hongos beneficiosos en sumideros y zanjas. Estos organismos ayudan a **degradar residuos y mantener los canales limpios**, reduciendo el uso de productos químicos y el riesgo de taponamientos.

El resultado es un sistema vivo, resiliente, que **absorbe, depura y regula** el agua de forma natural, extendiendo la vida útil del sistema pluvial y mejorando la calidad ambiental del entorno urbano.

## **Fase 3 – Infraestructura y Planificación Urbana**

El tercer eje apunta a resolver las limitaciones estructurales actuales y evitar que el problema se repita. Proponemos la **ampliación del Canal Maldonado**, cuya capacidad actual de 300 m<sup>3</sup>/s fue claramente superada en eventos recientes. Se proyecta su ampliación hasta los 900 m<sup>3</sup>/s, incorporando nuevos ramales y sistemas de contención.

Esta obra se complementa con la construcción de **reservorios reguladores**: espacios (como parques o cuencos secos) que se llenan temporalmente en tormentas y liberan el agua lentamente, evitando que colapse la red de drenaje.

Además, proponemos crear **mapas dinámicos de riesgo hídrico**, que se actualicen automáticamente con datos del sistema de sensores, pronósticos y modelos hidráulicos. Estos mapas permitirán guiar el desarrollo urbano, restringir nuevas construcciones en zonas críticas y planificar relocalizaciones seguras.

Finalmente, sugerimos la creación de una **Unidad Municipal de Gestión Hídrica**, con personal capacitado, presupuesto propio y acceso a datos en tiempo real, para tomar decisiones basadas en evidencia y planificar obras futuras de forma integral.

## Impacto esperado

La implementación de **Bahía Blanca Resiliente** tendría un impacto transformador tanto a corto como a largo plazo, con beneficios tangibles en lo social, ambiental y económico.

Desde el plano **social**, se espera una **reducción significativa del riesgo para la vida humana**.

Las alertas tempranas automatizadas permitirían evacuar barrios con horas de anticipación, evitando situaciones de pánico, improvisación o pérdida de vidas. Según simulaciones realizadas con datos históricos, el sistema podría reducir hasta en un **80% el número de evacuaciones** durante eventos extremos. La creación de una Unidad Municipal de Gestión Hídrica también fortalecería la respuesta institucional y la coordinación con organismos como Defensa Civil.

En el plano **ambiental**, la infraestructura verde permitiría recuperar suelo absorbente en sectores urbanizados, bajar la velocidad del escurrimiento y mejorar la calidad del agua en canales y arroyos. Se estima que con la implementación de drenajes verdes y humedales urbanos se podrían reducir los volúmenes de escorrentía superficial en hasta un **35%**, además de generar nuevos espacios verdes multifuncionales para el disfrute ciudadano. El uso de **biotecnología ambiental**, por su parte, permitiría mantener limpios los sumideros de forma sostenible, disminuyendo la carga orgánica en el sistema sin usar productos químicos.

Desde lo **económico**, se prevé una fuerte **reducción de los costos asociados a daños** por inundaciones. Solo la tormenta de marzo de 2025 generó pérdidas estimadas en más de **58,000,000,000 millones de pesos argentinos** entre infraestructura dañada, viviendas afectadas, vehículos arrastrados y comercios interrumpidos. Evitar solo uno de estos eventos mayores por década justifica ampliamente la inversión. Además, se generarán empleos en construcción, mantenimiento, monitoreo y gestión ambiental.

La experiencia de otras ciudades que adoptaron modelos similares, como **Sponge Cities** en

**China, o Rotterdam** en los Países Bajos demuestra que este enfoque no solo reduce la exposición al riesgo hídrico, sino que también **mejora la calidad de vida urbana, incrementa el valor inmobiliario en zonas seguras y promueve una cultura de prevención.**

En conjunto, el proyecto apunta a transformar a Bahía Blanca en un **modelo replicable de ciudad intermedia resiliente al cambio climático**, articulando tecnología, ecología urbana y planificación territorial responsable.

## **Viabilidad y sostenibilidad del proyecto**

El proyecto Bahía Blanca Resiliente fue diseñado considerando desde el inicio su viabilidad técnica, económica e institucional, así como su sostenibilidad en el largo plazo. En términos de viabilidad técnica, todas las tecnologías propuestas — sensores IoT, plataformas de Inteligencia Artificial, drenajes verdes y obras hidráulicas— son soluciones probadas internacionalmente y disponibles en el mercado local o regional. Por ejemplo, las redes LoRaWAN para sensores ya están en funcionamiento en ciudades argentinas como Buenos Aires y Rosario. Los modelos predictivos basados en redes neuronales (LSTM) se aplican exitosamente en sistemas urbanos de alerta temprana en Europa y Asia. Las soluciones naturales como bioswales, parques inundables y microorganismos biodegradantes ya tienen implementación exitosa en distintas ciudades del mundo y en proyectos pilotos locales en Argentina. Desde el punto de vista económico, la propuesta se pensó modularmente, permitiendo implementar el proyecto por etapas según la disponibilidad presupuestaria. Inicialmente se puede desplegar la red de sensores IoT y sistemas predictivos, para luego avanzar con soluciones verdes y, finalmente, abordar obras hidráulicas mayores. El ahorro proyectado en términos de daños evitados es altamente significativo, considerando que una sola inundación como la ocurrida en marzo de 2025 generó pérdidas cercanas a los USD 50 millones. A mediano plazo, el proyecto podría financiarse con recursos locales y provinciales, así como aportes de organismos internacionales como el Banco Mundial, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) o el Fondo Verde para el Clima. También se prevé la posibilidad de establecer alianzas público-privadas con inversores privados del sector tecnológico, constructoras con compromiso ambiental y empresas de servicios públicos, interesadas en la resiliencia urbana y la innovación sustentable. Asimismo, podrían explorarse programas de responsabilidad social empresarial (RSE), bonos verdes, y líneas de financiamiento vinculadas a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). La viabilidad institucional está

garantizada mediante la creación propuesta de una Unidad Municipal de Gestión Hídrica, que concentraría las competencias técnicas, operativas y administrativas necesarias para mantener el sistema funcionando de forma permanente. La capacitación constante del personal técnico, la gestión transparente y la disponibilidad de información pública actualizada son elementos clave para mantener el proyecto operativo a largo plazo. Finalmente, en términos de sostenibilidad ambiental, nuestra propuesta ofrece una solución alineada con los objetivos internacionales de adaptación al cambio climático, reducción de impacto ambiental y promoción del desarrollo sostenible. Las soluciones naturales reducen la carga sobre la infraestructura convencional, disminuyen el uso de productos químicos en la limpieza de canales y aumentan la biodiversidad urbana.

En conclusión, Bahía Blanca Resiliente no solo es viable técnica y económicamente, sino también sostenible en lo institucional y ambiental, asegurando su continuidad y efectividad en el largo plazo.

## Cierre y revisión a futuro

**Bahía Blanca Resiliente** es mucho más que un proyecto de infraestructura y tecnología. Representa una oportunidad única para transformar la ciudad en un modelo de desarrollo urbano inteligente, adaptativo y sustentable. En un contexto global donde el cambio climático multiplica fenómenos extremos, esta propuesta anticipa riesgos y previene catástrofes, pero también impulsa una nueva manera de gestionar el agua y el entorno urbano.

Al implementar nuestro plan, la ciudad contará en pocos años con un sistema robusto, inteligente y flexible, capaz de adaptarse a distintos escenarios climáticos. Los ciudadanos se beneficiarán no solo con menos inundaciones, sino también con espacios públicos más verdes, aire más limpio y mejores condiciones para la vida cotidiana. Las futuras generaciones podrán disfrutar de una ciudad que armoniza su crecimiento con la naturaleza, cuidando los recursos hídricos y recuperando la relación con su entorno.

A mediano y largo plazo, **Bahía Blanca Resiliente** busca convertirse en un modelo replicable para otras ciudades intermedias argentinas, demostrando que es posible abordar desafíos ambientales y urbanos complejos con creatividad técnica y compromiso ambiental. Esperamos que este proyecto, desarrollado con un enfoque multidisciplinario por nuestro equipo CHI, sirva

como referencia para futuras iniciativas de innovación urbana y adaptación climática. Estamos convencidos de que el momento de actuar es ahora, aprovechando tecnologías y soluciones disponibles para construir una ciudad más segura, sustentable y resiliente. Bahía Blanca tiene la oportunidad de liderar en Argentina este nuevo enfoque urbano, basado en la prevención, la ciencia y la cooperación entre distintos actores sociales e institucionales. Invitamos a la comunidad universitaria, a los organismos locales y a todos los actores interesados a sumarse a esta visión. Juntos podemos convertir a Bahía Blanca en un ejemplo vivo de resiliencia urbana frente al cambio climático, y en una ciudad preparada para los desafíos de las próximas décadas.

## Referencias

Municipalidad de Bahía Blanca. (2025). Informe sobre Inundación del 7 de marzo de 2025. Recuperado de <https://www.bahia.gob.ar/>

Servicio Meteorológico Nacional (SMN). (2025). Datos climáticos históricos para Bahía Blanca. Recuperado de <https://www.smn.gob.ar/>

LoRa Alliance. (n.d.). What is LoRaWAN®? Recuperado de <https://lora-alliance.org/>

MaxBotix Inc. (n.d.). Sensor MB7xxx Series Specifications. Recuperado de <https://www.maxbotix.com/>

Hochreiter, S., & Schmidhuber, J. (1997). Long short-term memory. *Neural computation*, 9(8), 1735-1780.

United Nations Environment Programme (UNEP). (2022). Nature-Based Solutions for Flood Prevention. Recuperado de <https://www.unep.org/>

National Geographic. (2024). Ciudades esponja en China y el resto del mundo. Recuperado de <https://www.nationalgeographic.com/>

Agencia Europea de Medio Ambiente. (2023). Guía técnica sobre drenajes urbanos sostenibles (SUDS). Recuperado de <https://www.eea.europa.eu/>

C40 Cities. (n.d.). Rotterdam Climate Initiative. Recuperado de <https://www.c40.org/cities/rotterdam/>

Google AI. (n.d.). Flood Forecasting Initiative. Recuperado de <https://ai.google/social-good/flood-forecasting/> (Lo probamos recientemente y da un error desconocido)

Banco Mundial. (2025). Programa de Gestión de Riesgos de Inundación en Argentina. Recuperado de <https://www.bancomundial.org/>

Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (n.d.). Proyectos ambientales y resiliencia urbana. Recuperado de <https://www.iadb.org/es>

Green Climate Fund. (n.d.). Fondo Verde para el Clima. Recuperado de <https://www.greenclimate.fund/>

IPCC. (2023). Sexto Informe de Evaluación (AR6). Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático. Recuperado de <https://www.ipcc.ch/>

Climate Bonds Initiative. (2023). *Green Bonds Highlights*. Recuperado de <https://www.climatebonds.net/resources/reports>