



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Proyecto de ingeniería conceptual para
la recuperación del
río de la Piedad**

TESIS

Que para obtener el título de

Ingeniero Civil

P R E S E N T A

Alder David Rendon Fuentes

DIRECTOR DE TESIS

Dr. José Antonio Bonilla Porras



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2025



**PROTESTA UNIVERSITARIA DE INTEGRIDAD Y
HONESTIDAD ACADÉMICA Y PROFESIONAL**
(Titulación con trabajo escrito)



De conformidad con lo dispuesto en los artículos 87, fracción V, del Estatuto General, 68, primer párrafo, del Reglamento General de Estudios Universitarios y 26, fracción I, y 35 del Reglamento General de Exámenes, me comprometo en todo tiempo a honrar a la institución y a cumplir con los principios establecidos en el Código de Ética de la Universidad Nacional Autónoma de México, especialmente con los de integridad y honestidad académica.

De acuerdo con lo anterior, manifiesto que el trabajo escrito titulado PROYECTO DE INGENIERIA CONCEPTUAL PARA LA RECUPERACION DEL RIO DE LA PIEDAD que presenté para obtener el título de INGENIERO CIVIL es original, de mi autoría y lo realicé con el rigor metodológico exigido por mi Entidad Académica, citando las fuentes de ideas, textos, imágenes, gráficos u otro tipo de obras empleadas para su desarrollo.

En consecuencia, acepto que la falta de cumplimiento de las disposiciones reglamentarias y normativas de la Universidad, en particular las ya referidas en el Código de Ética, llevará a la nulidad de los actos de carácter académico administrativo del proceso de titulación.

ALDER DAVID RENDON FUENTES

Número de cuenta: 420054456

Agradecimientos

A mis papas, a mis abuelos, a mi hermana, a familia y amigos y a todos los que fueron parte de este proceso

Índice

Introducción	1
I.-Marco teórico	4
1.1 Visión general de la zona	4
1.2 Proyectos de recuperación previos	9
1.3 Historia de la entubación de los ríos	12
1.4 Caso de estudio 1: Río Magdalena, CDMX (Servicios Ecosistémicos e Indicadores de Recuperación).....	18
1.5 Caso de estudio 2: Río Cheonggyecheon, Seúl (Impacto Público e Impacto Ambiental).....	23
1.6 Caso de estudio 3:ríoBesós, Barcelona (Monitoreo Post-Intervención).....	28
1.7 Caso de estudio 4:ríoSena, París (¿Qué tan rápido se puede limpiar un rio?)	32
II.- Política Pública	34
2.1 Marco Normativo en la CDMX	34
III.- Propuesta de Ingeniería Conceptual.....	38
3.1 Descripción del Proyecto	38
3.2 Apertura del Río	40
3.3 Red de Drenaje Separado	43
3.4 Tratamiento de Aguas Residuales	45
3.5 Depósito de Agua	48
3.6 Parque lineal.....	49
3.7 Transporte Alterno.....	50
3.8 Creación de un Organismo Regulador Coordinador.....	51
IV.- Conclusiones (Discusión de la Propuesta)	53
Referencias.....	58

Índice de Tablas

Tabla 1 Colonias atravesadas por Viaducto Miguel Alemán	7
Tabla 2 Indicadores de recuperación de Ríos Urbanos	20
Tabla 3 Servicios Ecosistémicos observados en el río Magdalena.....	22
Tabla 4 Obligaciones del Gobierno de la Ciudad en materia de agua (Fuente: Programa de Gestión Integral de los Recursos Hídricos, Visión 20 años.)	34
Tabla 5 Cálculo de Gasto asociado a la capacidad máxima de la obra preexistente en el Tramo Insurgentes-Cuauhtémoc	42
Tabla 6 Cálculo de Gasto asociado a la capacidad máxima de la obra preexistente en el Tramo Cuauhtémoc-Tlalpan	43
Tabla 7 Indicadores de Recuperación del proyecto.....	54
Tabla 8 Servicios Ecosistémicos del Proyecto	54

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1 Arreglo General del Proyecto	2
Ilustración 2 Obra hidráulica del viaducto superada afectando a la obra vial.....	5
Ilustración 3 Vías de Acceso Controlado, en morado Viaducto Miguel Alemán-Río de la Piedad.....	6
Ilustración 4 Carriles centrales del Viaducto Miguel Alemán.....	8
Ilustración 5 Recorrido del "Ecoducto Lineal Park"	9
Ilustración 6 Pasos del Proceso de Tratamiento.....	10
Ilustración 7 Viaducto Miguel Alemán colapsado bajo condiciones extremas	11
Ilustración 8 El presidente Miguel Alemán recorriendo lo que años más tarde sería el Viaducto.....	13
Ilustración 9 Río de la Piedad a principios de los años 50	14
Ilustración 10 Viaducto Miguel Alemán recién inaugurado	14
Ilustración 11 Esquematación del trayecto del río de la Piedad.....	15
Ilustración 12 París hacia 1180 (Fuente: A. Vuillemin and J. Migeon , 1869).....	16
Ilustración 13 Ríos de la Ciudad de México	18
Ilustración 14 Ríos de Seúl	23
Ilustración 15 Antes y después de la recuperación del Río Cheonggyecheon	26
Ilustración 16 Cuenca del río Besós.....	28
Ilustración 17 Parque Fluvial Besós a las orillas de la sección lineal del río	30
Ilustración 18 Evento deportivo en el Sena en el marco de las Olimpiadas Paris 2024 ..	33
Ilustración 19 Esquema del Proyecto.....	39
Ilustración 20 Localización del Proyecto.....	40
Ilustración 21 Esquema de separación del drenaje	44
Ilustración 22 Imagen del predio propuesto	45
Ilustración 23 Localización del predio propuesto	46
Ilustración 24 Tren de Tratamiento (aun lo voy a actualizar).....	48
Ilustración 25 Propuesta de ubicación del Tanque de Almacenamiento	48
Ilustración 26 Simulación del resultado final.....	49

Introducción

El Río de la Piedad, uno de los cauces históricos más importantes de la Ciudad de México, hoy permanece oculto bajo vialidades y concreto, convertido en un drenaje entubado. Durante décadas, su presencia fue borrada del paisaje urbano, lo que trajo consigo graves consecuencias ambientales y sociales. Restaurarlo no solo es una oportunidad para recuperar un espacio natural, sino también para resignificar la relación de la ciudad con sus cuerpos de agua y mejorar la calidad de vida de sus habitantes.

El proyecto de recuperación del Río de la Piedad tiene como objetivo principal transformarlo en un eje verde, hídrico y social que devuelva al territorio su vocación natural y su potencial urbano. A través de un enfoque integral que combina soluciones de infraestructura verde, así como estrategias de participación ciudadana y gobernanza interinstitucional, se propone un proyecto que busca restaurar la presencia física y ecológica del río en un corredor de aproximadamente, cuatro kilómetros que hoy corre oculto bajo el Viaducto Miguel Alemán, en el tramo que sirve de frontera para las alcaldías de Cuauhtémoc y Benito Juárez.

La intervención contempla la reapertura del cauce, al que llegará agua pluvial y agua residual doméstica tras pasar por una planta de tratamiento de aguas. Complementariamente, se instalarán humedales artificiales de flujo subsuperficial y vegetación nativa, los cuales actuarán como sistemas de biorremediación natural, mejorando la calidad del agua, generando hábitats para especies locales y sirviendo como infraestructura paisajística y educativa.

Un componente central de la propuesta es la construcción de una red de drenaje separado, que permita distinguir de forma efectiva entre las aguas pluviales y las aguas residuales sanitarias. Esta medida buscaría evitar las frecuentes mezclas que provocan descargas contaminadas en cuerpos receptores y colapsos en el sistema de alcantarillado. Al canalizar cada tipo de agua por infraestructuras específicas y diseñadas, con base en su naturaleza y volumen, se mejoraría el desempeño del sistema, se reducen riesgos sanitarios y se habilita el reúso seguro del recurso hídrico.

Sobre el cauce restaurado se propone el desarrollo un parque lineal de acceso público y gratuito. Este corredor verde también albergará espacios educativos y recreativos: miradores sobre los humedales, estaciones de monitoreo participativo y espacios abiertos para actividades culturales y comunitarias. El diseño busca integrar funciones ecológicas, sociales y urbanas, fomentando el

esparcimiento, la movilidad activa, la conciencia ambiental y el sentido de pertenencia.

En cuanto a su implementación y sostenibilidad, el proyecto establece un esquema de gobernanza interinstitucional. Este modelo contempla también mecanismos de participación ciudadana permanente, como mesas de trabajo vecinales, un sistema de atención ciudadana digital, talleres comunitarios y herramientas de monitoreo colectivo, con el fin de asegurar que la voz de las comunidades locales esté presente en todas las etapas del proyecto: desde el diseño hasta la gestión y el mantenimiento.

Un arreglo general de proyecto se muestra en la Ilustración 1, a continuación.

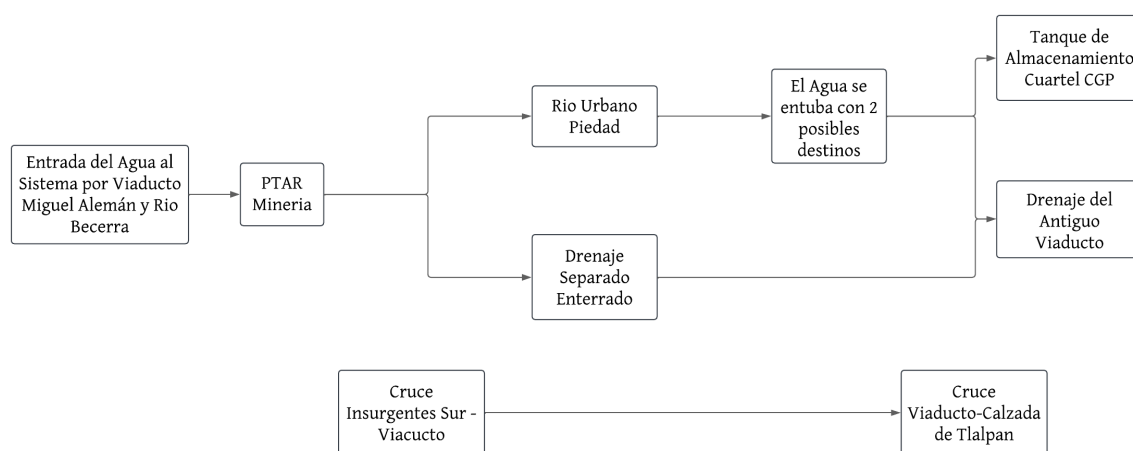


Ilustración 1 Arreglo General del Proyecto

Inspirado en lecciones aprendidas de casos como la reapertura del río Cheonggyecheon en Seúl, la restauración del Besòs en Barcelona, la recuperación ecológica del Sena en París y el modelo de gestión participativa del Río Magdalena en la propia Ciudad de México, el proyecto adapta estas lecciones a las condiciones ambientales, sociales e institucionales del contexto local. Más que una obra de infraestructura se concibe como una intervención estructural para resignificar la relación entre ciudad, agua y ciudadanía. Al devolver el río a la superficie, se busca no solo recuperar un ecosistema urbano degradado, sino también crear un espacio público resiliente, equitativo y transformador que contribuya a la construcción de una ciudad más habitable, justa y sustentable, transformando un cauce olvidado en un vibrante corredor verde que refuerce el bienestar de las colonias aledañas y la identidad metropolitana.

Finalmente a continuación se enlistan los objetivos del proyecto.

Objetivos

- a) Desarrollar estrategias para la recuperación del paisaje en las inmediaciones de un tramo del Río de la Piedad, promoviendo la integración visual y ambiental del entorno urbano.
- b) Identificar los servicios ecosistémicos potenciales asociados con la regeneración del río, como la biodiversidad y la mejora del microclima urbano.
- c) Evaluar la viabilidad de aprovechamiento de las aguas, para usos en convenio con instituciones y negocios locales.
- d) Examinar los impactos sociales y culturales de la restauración del río en las localidades aledañas y diseñar planes que involucren la participación comunitaria en el proyecto.

I.-Marco teórico

1.1 Visión general de la zona

La Ciudad de México remonta su historia al año de 1325 cuando, bajo el nombre de Tenochtitlan, el pueblo mexica se establece en un islote del Valle de México después de una larga peregrinación de casi 200 años que concluyó, según cuenta la leyenda, con el avistamiento águila devorando una serpiente, emblema que hoy adorna a la bandera nacional [43].

A partir de ese momento, en la Ciudad de México existe un problema importante, la posición que fue escogida para su localización, pues la ciudad se encuentra asentada sobre un sistema de lagos, al centro de una de las cuencas más activas a nivel mundial [3].

La cuenca del Valle de México es una cuenca endorreica o cerrada, rodeada por una multitud de sierras, montañas y volcanes cuya superficie es de, aproximadamente, 9,600 km², de los cuales, 5,135 km² son tierras planas (con pendiente menor al 15%). El 16% del área de la cuenca se encuentra ocupada por la urbanización de la Ciudad y los municipios conurbados [3].

La cuenca está conformada por cuatro áreas lacustres, la principal, en tiempos de los mexicas, conformada por cinco grandes lagos y con una extensión de, aproximadamente, 1,000 km² delimita lo que hoy se conoce como el Valle de México. Los lagos son: Chalco, Xochimilco, Texcoco, San Cristóbal-Xaltocan y Zumpango. De éstos, actualmente solo sobreviven de manera artificial secciones de Zumpango y Texcoco, así como la zona de canales y chinampas en Xochimilco. Éstos son alimentados hasta la actualidad por 48 ríos entre estacionales y permanentes [3].

En lo que se refiere a precipitaciones, la ciudad se encuentra en una posición privilegiada, siendo de las regiones más beneficiadas del mundo por este fenómeno, recibiendo una precipitación media anual de 670 mm, al nivel (incluso mayor) de ciudades como Londres [3], estereotípicamente, identificada como muy lluviosa, aunque menor a la de otras ciudades del continente como Bogotá [44].

De esta lluvia, se obtiene, en promedio, entre los meses de mayo a octubre hasta 6,050 millones de metros cúbicos de agua, de los cuales, 780 millones son infiltrados. Sin embargo, la mayoría de lo que no se infiltra se pierde por evaporación al no poder penetrar la superficie de concreto que hoy existe sobre la antigua superficie lacustre [3].

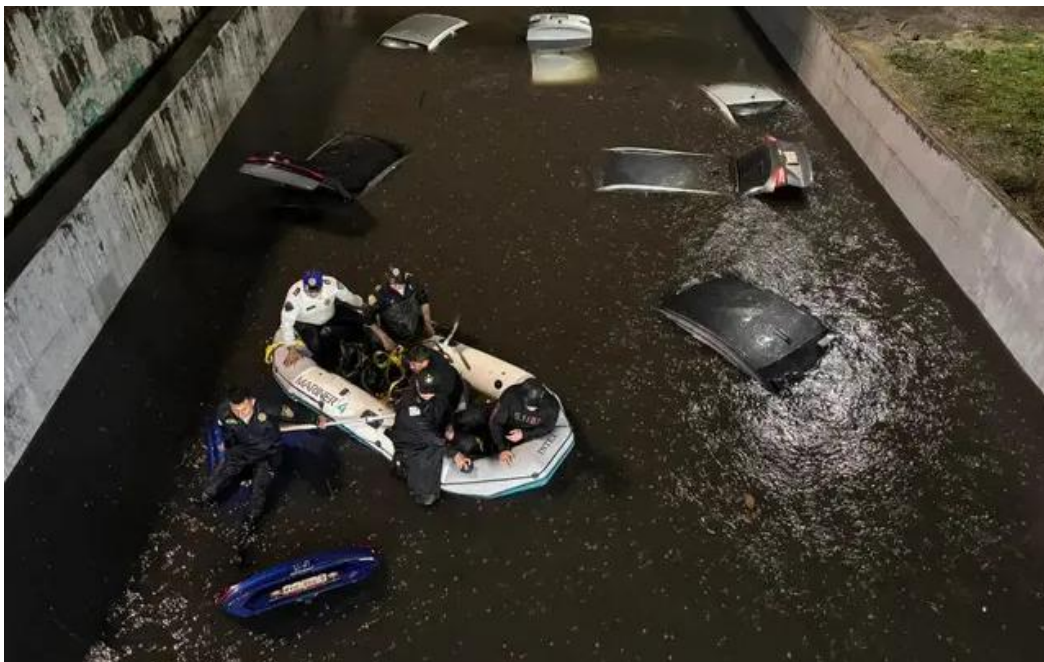
A través de siglos de transformaciones, casi la totalidad del ambiente natural original ha desaparecido en favor de la urbanización actual. Se pueden identificar muchas causas, siendo la explosión demográfica desmedida la más relevante de ellas. En los años de Moctezuma II, se estima una población aproximada de 200 mil personas según las estimaciones más altas [8].

En contraste, en la actualidad, tan solo en la ciudad hay 9.2 millones de habitantes, casi 20 millones si se considera toda la Zona Metropolitana del Valle de México, lo que representa un aumento de entre 46 y 100 veces. Debe tomarse en cuenta que el crecimiento demográfico fue más acelerado durante el siglo XX, en el contexto del México postrevolucionario y la posterior bonanza económica resultado del Desarrollo Estabilizador [8].

Como resultado de este crecimiento desmedido se pueden observar distintos efectos, entre ellos:

- Deforestación masiva y degradación del ambiente.
- Sobreexplotación de los mantos acuíferos.
- Repunte de la vulnerabilidad ante eventos hidrometeorológicos extremos, como inundaciones, que han ocurrido en repetidas ocasiones a lo largo de los años.

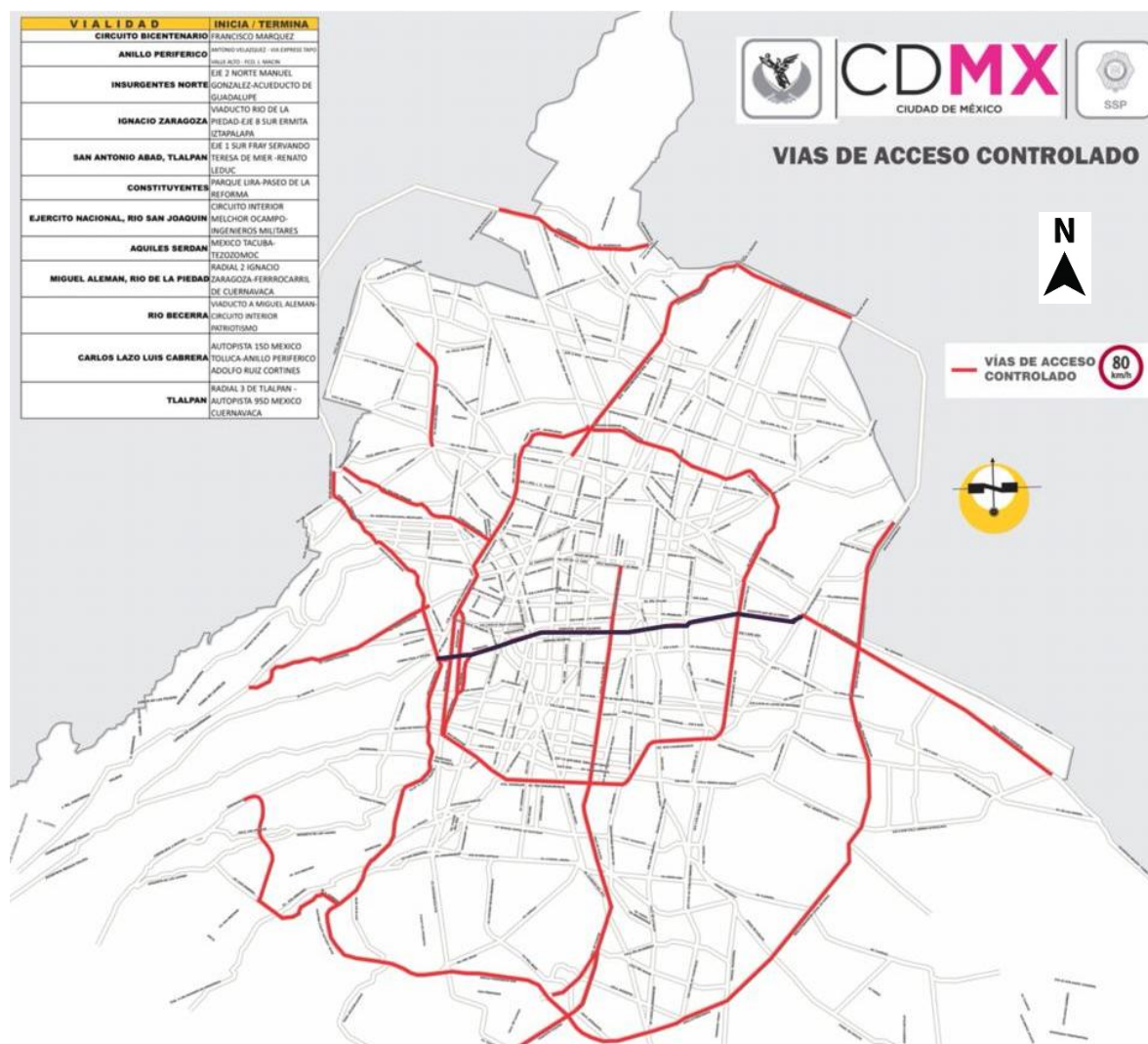
En la ilustración 2 se muestra un ejemplo de la vulnerabilidad del Viaducto Miguel Alemán a eventos extremos como el ocurrido 3 de junio del 2025.



*Ilustración 2 Obra hidráulica del viaducto superada afectando a la obra vial
(Fuente: <https://graficocuena.com/lluvias-dejan-severas-inundaciones-en-cdmx-sigue-rescate-de-autos-en-viaducto/>)*

Como parte de los esfuerzos para afrontar estos problemas, se han implementado distintos proyectos como el que constituye el eje principal de este trabajo: la entubación del Río de la Piedad y la construcción del Viaducto Miguel Alemán Valdés.

No se puede discutir un proyecto de restauración del Río de la Piedad sin entender el Viaducto Miguel Alemán: se trata una de las vías rápidas principales de la Ciudad de México, atravesándola de este a oeste con tránsito en ambos sentidos como se ve en la ilustración 3 [2].



*Ilustración 3 Vías de Acceso Controlado, en morado Viaducto Miguel Alemán-Río de la Piedad.
(Fuente: Gobierno CDMX)*

El Viaducto Miguel Alemán una pieza clave de la movilidad de la ciudad, inicia en el cruce de Avenida San Antonio y Avenida Patriotismo hasta el punto en que se

encuentra con la Calzada Ignacio Zaragoza en la salida hacia la ciudad de Puebla [2].

A través de su recorrido, el Viaducto M.A.V. atraviesa distintas colonias icónicas e importantes de la urbe, entre las que destacan las colonias Roma, Del Valle, Narvarte, y Jardín Balbuena [2].

La construcción inició en el año de 1952 bajo las órdenes del presidente Miguel Alemán (1946-1952), en el ya para ese entonces entubado Río de la Piedad. Esta nueva vialidad, construida bajo el pragmatismo de la época, permitió una explosión de crecimiento en la zona, a través de desarrollos habitacionales, los cuales, según se ha mencionado, constituyen algunos de los barrios icónicos de la ciudad [34].

La Tabla 1, a continuación, muestra un listado de ellos de acuerdo con las alcaldías a las que pertenecen:

Tabla 1 Colonias atravesadas por Viaducto Miguel Alemán

Alcaldía	Colonia
Benito Juárez	Álamos Atenor Salas Del Valle Norte Nápoles Narvarte Oriente Narvarte Poniente Piedad Narvarte
Cuauhtémoc	Algarín Ampliación Asturias Asturias Buenos Aires Doctores Obrera Roma Sur
Venustiano Carranza	Jamaica Jardín Balbuena Magdalena Mixhiuca Pueblo Mixhiuca
Iztacalco	Fraccionamiento Coyuya Granjas México La Cruz Coyuya Santa Anita Viaducto Piedad
Miguel Hidalgo	Escandón

De acuerdo con el contexto urbano que rodea la vialidad y la información de la anterior Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda (SEDUVI), el uso de suelo principal de estas localidades es habitacional. La población local presenta índices de marginalidad entre muy bajo y bajo [23].

El Viaducto cuenta con tres carriles por sentido, siendo originalmente diseñado para dos, lo cual conlleva ciertos problemas. El ancho de la vía es de 8.4 m por lado. En la ilustración 4 se muestra el emplazamiento de estos carriles [9].



Ilustración 4 Carriles centrales del Viaducto Miguel Alemán

1.2 Proyectos de recuperación previos

A lo largo de los años, ya se han planteado proyectos de recuperación para el Río de la Piedad. Sin embargo, los retos que supone, en conjunto con otras problemáticas que enfrenta la ciudad, han contribuido a ninguno de éstos se haya materializado.

Una de las principales iniciativas fue la presentada por el despacho de arquitectura "Taller 13" quienes han sido de los principales proponentes de "desentubar" el río. Así mismo, otro grupo "Cuatro al Cubo" inició en 2012 un movimiento compuesto de talleres, conversatorios y mesas de diálogo que culminaron en una propuesta de regeneración del río [24].

Eventualmente, ellos fueron los que desarrollaron el proyecto **Ecoducto Lineal Park**, licitado por la ciudad en el año de 2017 con los planos y la supervisión de la obra a manos de la empresa Irkon Holdings. Esparcido a través de 1.6 km del viaducto, entre la calle Unión, colonia Escandón, Alcaldía Miguel Hidalgo y la avenida Monterrey, colonia Roma Sur, Alcaldía Cuauhtémoc, fue pensado como un espacio público y al mismo tiempo con una función ambiental, según se muestra en la Ilustración 5 [8].

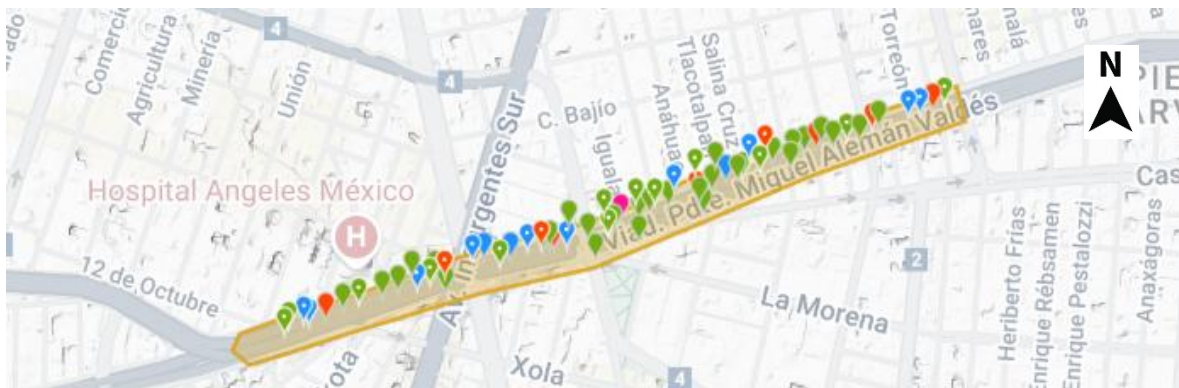


Ilustración 5 Recorrido del "Ecoducto Lineal Park"

En el aspecto ambiental, cuenta con un sistema de biorremediación que consiste en diez biodigestores y cuatro humedales artificiales, lo que permite recuperar hasta 30 m³ de aguas residuales diarios. Esta agua cumple con lo estipulado en la norma NOM-003-ECOL-1997, que establece los límites máximos de contaminantes para las aguas residuales tratadas [8].



Ilustración 6 Pasos del Proceso de Tratamiento

Dentro de la infraestructura pensada para el uso del público cuenta con 186 luminarias, 110 bancas, 48 enchufes, 21 botes de basura y 15 zonas techadas, así como 4,800 m^2 de áreas verdes [8].

Un aspecto relevante que debe resaltarse sobre este proyecto es que surge de un proceso colaborativo ciudadano, derivado de mesas de trabajo, talleres, conversatorios, festivales; habiendo participado en ello diversas organizaciones civiles, empresas y actores públicos, siendo un ejemplo de diseño colaborativo [8].

Sin embargo, el proyecto ha enfrentado diversos desafíos, siendo uno de los principales la falta de continuidad en el mantenimiento de la infraestructura. A pesar de contar con una capacidad de tratamiento de 30 m^3 , actualmente sólo se infiltran 6 m^3 debido al estado de abandono [10].

Además de esto, habitantes de la zona han reportado sentirse inseguros, debido al mal funcionamiento de elementos como el alumbrado, además de deterioro en el sitio, visible a través de charcos de agua estancada y plantas descuidadas [11].

Restaurar el río es urgente, no solo para recuperar un espacio natural, sino para corregir errores del pasado. **“El proyecto era bueno, pero hoy es un proyecto fallido”**, reconoce María del Carmen Ramos, vecina de la colonia Del Valle Norte, reflejando el sentir de muchos ciudadanos que hoy cuestionan las decisiones que llevaron a desaparecer al río [11].

Es importante recalcar que el proyecto no tiene, al día de hoy, más de una década de haber sido inaugurado en el 2017.



*Ilustración 7 Viaducto Miguel Alemán colapsado bajo condiciones extremas
(Fuente: <https://www.chilango.com/noticias/inundacion-en-viaducto-abril-2011/>)*

1.3 Historia de la entubación de los ríos

A lo largo de la historia del Valle de México, numerosas civilizaciones se asentaron en la región debido a su ubicación estratégica y abundancia de recursos hídricos y naturales. Es por esto, que la cuenca, desde que tiene presencia humana, ha experimentado cambios significativos que la han conducido hasta la situación crítica en que se encuentra ahora.

Poco después de la conquista de la Gran Tenochtitlan, los gobernantes del nuevo Virreinato iniciaron transformaciones significativas de la cuenca. En 1524, dictado por Alonso Gracia Bravo, se ordena un trazado en retícula para la ciudad, bajo el modelo español, usando como base canales ya existentes. Junto con este proyecto se inició la desecación del lago con el propósito de ganarle tierras dentro de la futura ciudad para la repartición [3].

Los proyectos de entubamiento de los ríos son tan antiguos como la presencia española en el territorio nacional. Remontando al siglo XVI, se empiezan a plantear las primeras obras de drenaje para la ciudad. En el año de 1555, Francisco Gudiel presenta como propuesta para el Tajo de Nochistongo un canal a superficie libre que desvíe las aguas del río Cuautitlán hacia el lago de Zumpango y así desalojar las aguas hacia el río Tula. Esta propuesta no llegó a realizarse y, en su lugar, se realizó un túnel de 7 km de longitud a una profundidad de 50 m a propuesta de Enrico Martínez [3].

Diversos historiadores encuentran esta obra como causa de la inundación de 1629, cuando, al no querer ver su trabajo afectado, Enrico mando a cerrar el aun incompleto túnel [20].

Además de lo anterior, tan solo unos cuantos años después, en 1637, se mandó a convertir la obra de túnel a un canal, dándole la razón a la propuesta inicial en varios puntos, hacer un canal es mucho más viable que un túnel, además de que a largo plazo tiene mayor capacidad para resistir estos eventos climáticos extraordinarios. El Tajo de Nochistongo o Canal de Huehuetoca fue suficiente para las demandas de la ciudad por otros 152 años [3].

A pesar de este evento, la historia indica que no hubo lecciones aprendidas, ya que hacia finales del siglo XVII se empiezan a entubar los canales abiertos que corrían por la ciudad y así mismo se empezaron a presentar las consecuencias. Diversas fuentes de la época describen como causantes de las fuertes inundaciones que ha sufrido la ciudad a estos entubamientos.

Este proceso continuó durante el resto del Virreinato y hasta el siglo pasado. Uno de los primeros arquitectos modernos en proponer el entubamiento de los pocos ríos aún vivos de la ciudad, en favor de vialidades, fue Carlos Contreras.

En 1938, presentó un proyecto para construir un anillo de circulación sobre los ríos Consulado, Verónica y La Piedad, que es el caso de estudio en cuestión [3].

Con este proyecto, se planteaba atender dos problemas al mismo tiempo. Por un lado, el de la insalubridad de los ríos que ya para esa época habían sido aprovechados como drenaje sanitario, mientras que, por el otro, estaba el tema de la creciente circulación vial. Este proyecto se suspendió por algunos años para ser retomado en los años cuarenta por el presidente Miguel Alemán quien, en la ilustración 8, aparece en los recorridos iniciales de la obra [3].



*Ilustración 8 El presidente Miguel Alemán recorriendo lo que años más tarde sería el Viaducto
(Fuente: <https://x.com/FMiguelAleman/status/1094049984872210432>).*

A raíz de esto, en los años 50 empezaron a alzarse complejos habitacionales que conformarían las colonias ya mencionadas que rodean al viaducto.

Debido al contexto de las corrientes urbanísticas de la época, cuyo protagonista era la novedad del automóvil, entubar ríos se posicionó como una práctica común que, además, era vista con orgullo por los mandatarios nacionales que la incluían como un tema central durante informes de septiembre al hablar del desarrollo urbano-vial del país y sobre todo de la ciudad [3]. Se destacan los siguientes casos:

- **Miguel Alemán** entuba los ríos de la Piedad y Consulado.
- **Adolfo López Mateos**, los ríos Magdalena, Becerra, Tacubaya, San Joaquín, Churubusco, un tramo más del Consulado y el de la Piedad así como el canal de Miramontes.
- **Gustavo Díaz Ordaz**, el río Mixcoac.
- **Luis Echeverría**, como parte de su proyecto para Circuito Interior, terminó de enterrar los ríos Churubusco y de la Verónica.

En la ilustración 9 se observa el río de la Piedad previamente a las intervenciones y en la Ilustración 10 la vialidad resultante.



Ilustración 9 Río de la Piedad a principios de los años 50
 (Fuente: Legorreta, J. (2006). *El agua y la ciudad de México : de Tenochtitlán a la megalópolis del siglo XXI*. <https://hdl.handle.net/11191/5077>)

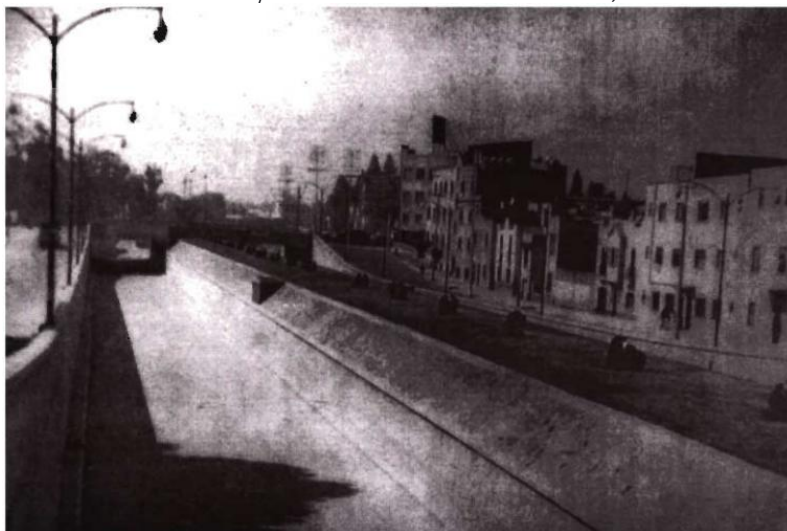


Ilustración 10 Viaducto Miguel Alemán recién inaugurado
 (Fuente: Legorreta, J. (2006). *El agua y la ciudad de México : de Tenochtitlán a la megalópolis del siglo XXI*. <https://hdl.handle.net/11191/5077>)

Las obras de entubación a través de los años hacen pensar que, en la CDMX, ya no existen ríos vivos, sin embargo, se trata de una percepción inexacta, que sólo es aplicable dentro de la urbanización y las zonas habitadas, al alejarse de la mancha urbana en dirección a las sierras y cerros que la rodean, en la parte alta de la cuenca, aún existen diversos ríos y cuerpos de agua limpia y abundante y que se desperdicia desde el momento en que ingresa al sistema de drenaje metropolitano y ser mezclada con las aguas negras de la capital.

El río de la Piedad nace en el encuentro del río Tacubaya, que se forma en las partes altas de Cuajimalpa y el río Becerra, que baja desde el desierto de los Leones. Este encuentro ocurre en el rancho de Shola por Tacubaya y el afluente sigue su curso en dirección oriente hasta llegar al canal de la Viga, en la ilustración 11 se ve un esquema de su formación [3].

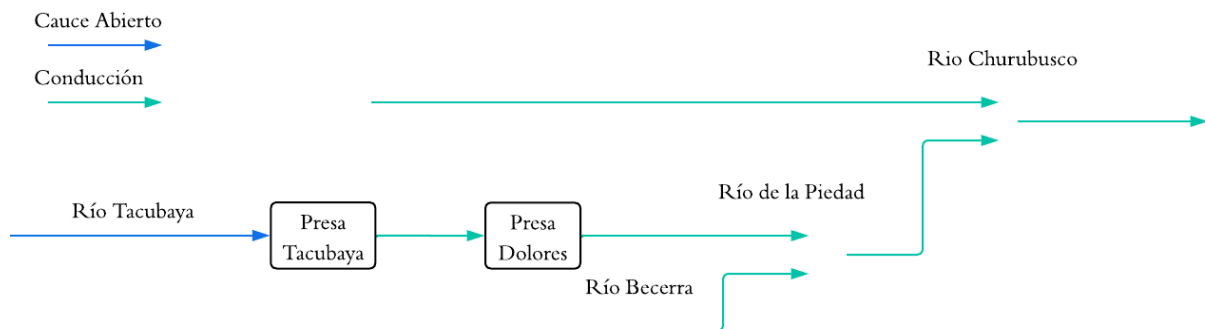


Ilustración 11 Esquematización del trayecto del río de la Piedad.

Es importante no perder de vista que estos ríos conducen agua fresca durante todo su trayecto en las partes altas de la cuenca hasta que entra en contacto con la mancha urbana y por ende, pueden ser aprovechados como una alternativa para el abastecimiento de agua potable en algunas partes de la ciudad.

Estas opciones han sido planteadas desde el siglo pasado. El ingeniero mexicano Fernando Hiriart hizo una propuesta en contra del sistema Cutzamala para aprovechar, en su lugar, el agua de once ríos de la ciudad: Tlalnepantla, San Javier, Chico de los Remedios, Totolica, De los Cuartos, Hondo, Tacubaya, Becerra, Mixcoac, San Ángel y Magdalena. El gobierno en ese momento ignoró la propuesta y optó por traer el agua desde la presa Villa Victoria del hoy conocido Sistema Cutzamala a pesar de haber sido demostrado que el costo por captar el agua de la cuenca sería significativamente menor a importarla de una cuenca vecina [3].

Para describir cómo el río de la Piedad y, en general, los ríos urbanos han sido fundamentales para el desarrollo de las ciudades, es necesario describir el desarrollo histórico a grandes rasgos de este fenómeno.

Distintas ciudades se han desarrollado a la orilla de ríos como fuente de agua y para el desecho de sus desperdicios a lo largo de la historia y del mundo. Ejemplos representativos abarcan el río Sena en París, el Támesis en Londres, el Tíber en Roma o, en el caso del continente americano, donde el Mississippi fue un elemento clave en el desarrollo estadounidense y sobre sus orillas se asientan grandes ciudades como Nueva Orleans o Memphis, en la ilustración 10 se muestra un mapa de la París Medieval donde se aprecia el paso del Sena por la ciudad.

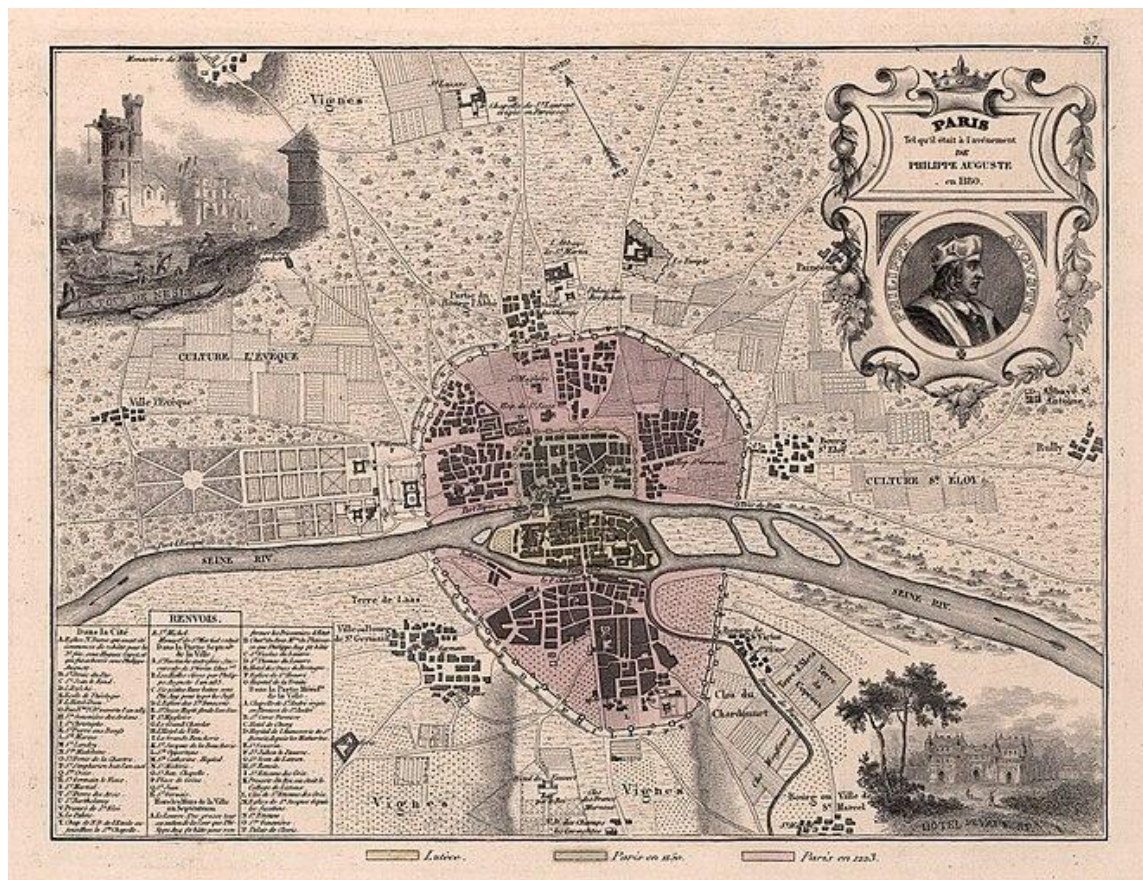


Ilustración 12 París hacia 1180
(Fuente: A. Vuillemin and J. Migeon, 1869)

Se puede ver que los ríos cumplen una función integral para las ciudades y, eventualmente, se ven absorbidos por la mancha urbana, siendo ejes del desarrollo histórico de los distintos centros urbanos.

Sin embargo, estas incorporaciones tuvieron como consecuencia diversos problemas, entre los cuales se encuentran las inundaciones, que obligaron la implementación de obras hidráulicas para contenerlos. Estas ocupaciones han perturbado profundamente el curso natural los ríos.

El crecimiento descontrolado de las ciudades ha cambiado la forma en que la sociedad ve el territorio y el medio ambiente, reemplazando ecosistemas complejos como bosques y ríos por espacios sin vida.

A lo largo de las últimas décadas, el paradigma ha transitado hacia la recuperación de ríos urbanos y se ha convertido en un objetivo prioritario en diversas ciudades del mundo, no solo por razones ecológicas, sino también sociales, culturales y urbanísticas. Existen ejemplos ampliamente celebrados, por ejemplo, el renacimiento del río Cheonggyecheon en Seúl (Corea del Sur), que transformó una vialidad elevada en un corredor fluvial peatonal, revitalizando el centro urbano y mejorando la calidad del aire. En México, los esfuerzos han sido más fragmentados: si bien hay iniciativas prometedoras como la renaturalización parcial del Río Magdalena en la Ciudad de México, muchas otras propuestas han quedado trucas, relegadas o capturadas por intereses ajenos al bien común.

En este contexto, los siguientes casos de estudio permiten explorar las complejidades, obstáculos y aprendizajes asociados a la recuperación de cuerpos de agua urbanos en nuestro país.

1.4 Caso de estudio 1: Río Magdalena, CDMX (Servicios Ecosistémicos e Indicadores de Recuperación)

Esta sección analiza la recuperación del Río Magdalena en el suroeste de la Ciudad de México, destacando las lecciones sobre los servicios ecosistémicos de un río urbano y los indicadores usados para evaluar su recuperación.

Como se ha mencionado en la sección anterior, la ciudad adoptó un modelo de urbanismo sanitarista muy agresivo, convirtiendo sus cuerpos de agua en parte esencial de su sistema de drenaje, tanto de manera estatizada como por las acciones propias de los vecinos de los antiguos ríos. Propiciado por el crecimiento desmedido de la ciudad a partir del siglo XX, las actuales avenidas de Viaducto, Churubusco, Consulado, entre otras, dejaron su cauce natural para ser entubados. Otros ríos como el de los Remedios al Norte de la ciudad y el Magdalena tuvieron un destino diferente al no ser confinados en la totalidad del cauce [16].

Actualmente, gran parte del recorrido de este último río atraviesa suelo de conservación y se mantiene casi inalterado. Al llegar a una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), el agua se potabiliza y se distribuye en las colonias aledañas. Posteriormente, el cauce se adentra a la ciudad mediante canalizaciones y tuberías. Finalmente, el agua vuelve a fluir a superficie libre en los Viveros de Coyoacán, donde se integra a formar el río Churubusco, en la ilustración 12 se pueden observar los ríos de la Ciudad de México, incluidos los mencionados Magdalena y Churubusco [16].

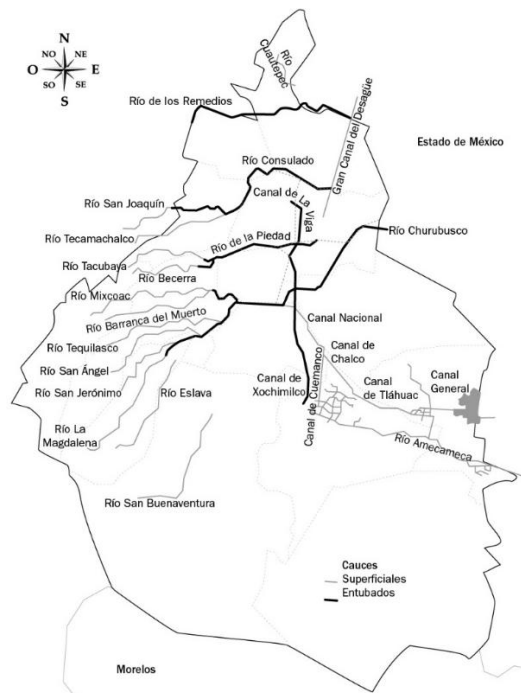


Ilustración 13 Ríos de la Ciudad de México
(Fuente: <https://montenegroeditores.com.mx/files/MapasEdosMex/Rios/DF-01.jpg>)

Desde un punto de vista institucional y gubernamental, los esfuerzos para la recuperación del río datan del año 2007, cuando la Secretaría de Medio Ambiente del gobierno capitalino planteaba una recuperación integral del río.

Algo importante a recalcar es que, en ese momento, se hizo énfasis en la importancia de la participación ciudadana y durante tres años se establecieron mecanismos para incentivarla, involucrando grupos de la Sociedad Civil, organizaciones campesinas, organizaciones vecinales y a la academia. Todos estos sectores conformaron el Grupo Promotor para el Rescate de la Cuenca del río Magdalena. A partir del plan integral original del 2007 y la retroalimentación de estos grupos, en 2009 se presenta el Plan Maestro para el manejo integral y el aprovechamiento sustentable del río Magdalena [16].

Una vez iniciada la discusión, fue posible observar cómo estos procesos de restauración presentan una compleja interrelación entre los distintos procesos ecológicos, económicos, ecológicos, culturales e históricos. Es por ello que al momento de analizar el éxito o fracaso de un proyecto de estas características, es necesario abordarlo desde distintas dimensiones, atendiendo, por ejemplo, no sólo los procesos ecológicos que ocurren en el curso del río, sino que, al mismo tiempo, se debe prestar atención a los procesos sociales que lo rodean, pues éstos igualmente se ven en gran medida afectados por las condiciones del afluente [17].

Dada la naturaleza interconectada de estos procesos, será importante no solo tener en cuenta la lista en sí y su respectiva escala sino también el cómo se relacionan entre ellos de manera que sean realmente útiles para el monitoreo no sólo del río sino de la microcuenca que lo soporta.

En el texto del Sistema de indicadores para la recuperación de ríos urbanos donde se estudia el caso del río Magdalena, se enumeran algunos aspectos a tener en consideración, dentro de los que se encuentran la calidad del agua y el gasto que recorre a través de sus distintas temporadas como indicadores físicos. Asimismo, se ha visto cómo distintas instancias con objetivos similares a distintos niveles de gobierno pueden entorpecer los trabajos por falta de comunicación, por lo que igual es importante la coordinación gubernamental [17].

De esta manera, dada su condición urbana, es importante reconocer que la expansión de la ciudad representa un gran riesgo para la conservación, por lo que es necesario tomarse en cuenta, así como la cuestión paisajista.

Finalmente, la cuestión humana, social, donde dadas las características del proyecto, será necesario monitorear la participación ciudadana.

De los indicadores propuestos se retomaron los que se muestran en la Tabla 2, que serán útiles al momento de realizar la propuesta del río de la Piedad:

Tabla 2 Indicadores de recuperación de Ríos Urbanos

#	Indicador	Descripción
Ambiental		
1	Calidad del Agua	Mediciones periódicas de parámetros de calidad de agua como demanda bioquímica de oxígeno (DBO), oxígeno disuelto, sólidos disueltos y sólidos suspendidos, nitrógeno amoniacal, nitrógeno de nitratos, conductividad eléctrica y coliformes fecales
2	Gasto base del Río	Medido en temporada de lluvias y de estiaje, y constantemente en secciones de control, siendo el gasto, volumen sobre unidad de tiempo (m ³ /s)
3	Superficie potencial de restauración de suelos	Dada la condición urbana del río de la Piedad, se tendría que considerar como área de conservación únicamente al río la sección inmediata adyacente.
5	Calidad del Paisaje	Dentro de esta sección engloba la calidad del Paisaje por vistas, derivadas de la calidad del agua y el nivel de conservación de la vegetación implementada, el confort del transeúnte, señalización y facilidad de navegación
Gubernamental		
6	Coordinación Gubernamental	Generación de un Plan Maestro y su seguimiento por las instancias gubernamentales en los distintos niveles de gobierno competentes
7	Acciones de Vigilancia y Monitoreo	Tipificación de delitos ambientales y su posterior seguimiento, así mismo, un mantenimiento continuo a la infraestructura y recolección de residuos
Social		
8	Participación Ciudadana	Involucrar a las partes interesadas de la sociedad civil en la implementación de proyectos derivados de la restauración y en la restauración misma

Si bien este sistema de indicadores, desarrollado para la recuperación del Río Magdalena, representa una base sólida, es necesario preguntarnos si, como Ciudad, se cuenta realmente con la infraestructura y los recursos presupuestales para dar seguimiento a estos indicadores de manera constante, rigurosa y sostenible en el tiempo.

Una vez planteado esto, es importante abrir la conversación hacia los servicios ecosistémicos que proyectos de restauración como este pueden brindar a la ciudad. Los servicios ecosistémicos se entienden como los beneficios, tanto tangibles como intangibles, que se obtienen de los ecosistemas, ya sea a través de su aprovechamiento directo o de su simple existencia. Estos beneficios incluyen, por ejemplo, la regulación del clima, la recarga de acuíferos, la mejora en la calidad del aire y la provisión de espacios verdes que contribuyen al bienestar físico y emocional de las personas.

Estos servicios no surgen de manera aislada; son el resultado de un entramado complejo de relaciones entre lo natural, el ecosistema como productor, y las actividades humanas que los utilizan, los modifican o los disfrutan como entes extractores. Es decir, se requiere un equilibrio delicado entre la conservación de los procesos ecológicos y la forma en que las sociedades urbanas se vinculan con ellos. Reconocer este vínculo es fundamental para valorar adecuadamente la restauración de cuerpos de agua como el Río de la Piedad, no solo como proyectos ambientales, sino como inversiones estratégicas para mejorar la calidad de vida en las ciudades [18].

Se clasifican en:

- Servicios de Regulación
- Servicios de Abastecimiento
- Servicios Culturales
- Servicios de Apoyo

El río Magdalena es alimentado por manantiales que aportan el gasto base del río en su mayoría, siendo complementado por otros escurrimientos fluviales a lo largo de su curso [5].

En esta microcuenca, el suelo permite la infiltración del agua, la vegetación está en buen estado y hay biodiversidad típica de los bosques templados del centro de México. A pesar de que, en general, los ecosistemas de la zona están bien conservados, se ha señalado en distintas ocasiones, varias amenazas, como el turismo sin control, la ganadería no regulada, los incendios forestales, la tala ilegal y los asentamientos irregulares. Es por esto que en las partes altas, la calidad del

agua es muy buena y se va degradando conforme se acerca y se adentra en la ciudad.

La cuenca del río Magdalena representa, aproximadamente, el 4% del suelo de conservación de la Ciudad de México y es gracias a ello que es capaz de mantener proveyendo a la urbe de estos servicios [6].

En la cuenca del Río Magdalena es posible reconocer cuatro servicios ecosistémicos de abastecimiento, nueve de regulación y cuatro culturales dispuestos como se observa en la Tabla 3 [26]:

Tabla 3 Servicios Ecosistémicos observados en el río Magdalena

Provisión	Regulación	Culturales
-Agua dulce -Madera -Alimento -No maderables	-Control de erosión -Almacenamiento de nutrientes -Control de plagas y enfermedades -Control de sequías -Control de inundaciones -Regulación de regímenes de lluvia y el efecto del Albedo -Mantenimiento de la productividad de los ecosistemas acuáticos (Control de la concentración de limo y nutrientes, temperatura del agua y turbidez) -Purificación del aire a través de la captura y almacenamiento de carbono atmosférico -Calidad del agua -Regulación del agua superficial, subterránea, superficial y basal	-Belleza escénica -Ecoturismo -Educación -Herencia cultural

De la Tabla 3 es importante recalcar que este afluente representa uno de los mayores aportes de agua superficial para la ciudad, representando casi el 50% del suministro [6].

Como conclusión de esta sección se puede comentar que si bien no todos los indicadores ni servicios ecosistémicos serán aplicables al río de la Piedad, sirven como una base robusta en el marco de acción desarrollada previamente en la CDMX.

1.5 Caso de estudio 2: Río Cheonggyecheon, Seúl (Impacto Público e Impacto Ambiental)

A través de un ejemplo fuera del país, pero similar al río de la Piedad por encontrarse en el corazón de una ciudad capital y siendo sustituido por una vialidad principal, es importante identificar el impacto a la opinión pública sobre un proyecto de esta envergadura, así como los efectos medioambientales que tiene en áreas plenamente urbanas.

Seúl es la capital de Corea desde los tiempos en que había una sola Corea, hoy constituye el núcleo de la metrópolis en el valle de Cheonggyecheon. En esta zona se agrupan edificios gubernamentales, sedes de distintas empresas y varios sitios turísticos icónicos. El río Cheonggyecheon ha sido la columna vertebral ambiental de la ciudad desde antes de los primeros asentamientos, su localización se observa en la ilustración 14 [12].



Ilustración 14 Ríos de Seúl

(Fuente: https://www.researchgate.net/figure/Map-of-Seoul-with-the-location-of-the-Cheonggyecheon-Note-The-covered-part-of-the_fig2_263229571)

El proceso de cambio del río inició en el siglo XV, sin embargo, en aquel momento la obra realizada fue para ampliar el ancho del "canal" del río. Posterior a esto, a

mediados del siglo XVIII se realizaron esfuerzos para dragar el Río, estos duraron 57 días e hicieron uso de hasta 200,000 personas provenientes de toda la península [12].

La época moderna llegó con la gran expansión de Seúl, el río Cheonggyecheon se vio plagado de distintos problemas derivados de una nula planeación urbana, como la insalubridad, hacinamiento en sus alrededores y problemas con el tráfico adyacente [12].

Como consecuencia de lo anterior, se propuso cubrir el cauce del río con el fin de habilitar una vialidad de mayor capacidad vehicular, incorporando más carriles. Estos planes se remontan a la Corea bajo dominación japonesa a principios del siglo XX, pero no se materializó hasta la segunda mitad del mismo, gracias al acelerado proceso de industrialización posterior a la guerra entre 1961 y 1971 [12].

La carretera surgió, al igual que el proyecto del Viaducto Miguel Alemán, como una obra emblemática de "la modernidad" y del progreso del país. El llamado "Río del Valle Limpio" o Cheonggyecheon quedó entonces relegado a cumplir únicamente una función el drenaje para la ciudad de Seúl, opacado y enterrado bajo la nueva vialidad que lo cubría.

Es importante destacar cómo las intervenciones sobre este afluente, a lo largo de la historia, han estado motivadas no sólo por razones funcionales, sino también por fines ideológicos, como una forma de representar el poder del gobernante en turno. Un ejemplo de ello son las ya mencionadas obras de dragado en el siglo XVIII, llevadas a cabo bajo el reinado de Yeongjo, quien se encargó de dejar abundantes registros de la obra para dejar constancia de su dominio sobre la naturaleza. Durante la ocupación japonesa, se planteó la idea de suprimir el cauce en favor de una vía que simbolizara el poder del imperio japonés sobre la península. Finalmente, la obra vial construida se utilizó como muestra ante el mundo de la prosperidad alcanzada por la Corea de la posguerra, bajo el régimen desarrollista y autoritario del presidente Park Jung-Hee (1961-1979), reafirmando nuevamente la noción de sometimiento de la naturaleza por parte del ser humano[12].

Una vez concluida la obra, la zona experimentó un desarrollo acelerado sin precedentes en su historia reciente. El distrito que se consolidó a lo largo de la carretera fue nombrado Cheonggye, al igual que la nueva vialidad, y se convirtió en uno de los núcleos industriales y comerciales más importantes del centro de Seúl. Sin embargo, este auge fue efímero. En la última década del siglo XX, la economía nacional dio un giro drástico hacia el de la alta tecnología, cuyas áreas

industriales se encontraban en otras zonas de la ciudad, provocando un nuevo declive del distrito [12].

Rápidamente, la estructura vial se vio superada, como parte del fenómeno conocido como demanda inducida. A esto se sumaron los crecientes costos de mantenimiento y el deterioro de los barrios circundantes, lo cual llevó a la necesidad de buscar nuevas soluciones [12].

Con el cambio de siglo, las políticas de planificación urbana de la ciudad adoptaron un nuevo eje rector denominado “neodesarrollo”, que priorizaba aspectos ambientales y culturales. Fue en este contexto que surgió la propuesta de eliminar la calle Cheonggye y restaurar el cauce del Cheonggyecheon, devolviéndolo a la superficie [12].

Este concepto - el de la restauración del Cheonggyecheon - era completamente ajeno para la mayoría de los ciudadanos, pues ya no existía un referente con cual compararlo, y no era viable simplemente dejar el cauce tal como estaba. Por ello, se planteó una nueva manera de reintegrarlo en contexto de la Nueva Seúl Global.

A partir de entonces, varios actores políticos comenzaron a apropiarse de esta causa, abanderándola bajo el lema de un “Cheonggyecheon natural”. Esta narrativa alcanzó su punto culminante durante un debate por la alcaldía de Seúl, en lo que apenas fue la tercera elección para dicho cargo, abierto al voto ciudadano desde 1995 [12].

El candidato del gran partido nacional, de orientación conservadora y eventual ganador de la contienda, Lee Myung-Bak, fue el primero en adoptar esta propuesta como su principal promesa de campaña. Afirmó que la restauración traería prosperidad económica, beneficios ambientales y, además atraería el apoyo de votantes de esa zona de la ciudad, donde su partido tenía escasa representación [12].

Al inicio de su periodo, iniciaron las obras, y 28 meses de trabajo después, en octubre de 2005, resultaron en únicamente la inauguración de la mitad del tramo total del río. A pesar de esto se le calificó como un gran éxito y distintas especies de animales pudieron volver a verse en el centro de Seúl, de esto se ahondará más adelante. La obra se diseñó con periodos de retorno de 200 años, con una profundidad de canal de hasta 15 m, y corre básicamente en línea recta [12].

Debido a la artificialidad de la obra, varios críticos han alertado de que no se tomaron ciertas consideraciones ecológicas y terminó siendo más que un río, un escenario de un río. Se criticó como para arrancar el proyecto, tuvieron que bombearse hasta 120,000 m³ de agua al día, operando las bombas las 24 horas del día y desviando esta agua de su cauce original en el río Han, esto a un costo

de hasta 8 millones de dólares al año. Además de que al haberse restaurado solo la mitad del cauce, no hay vida que pueda fluir hacia aguas abajo y toda la que hay no es más que ambientación igualmente al costo del erario. Al igual que en las modificaciones anteriores, esto no fue más que otra muestra de poder haciendo uso de la ingeniería y su dominio sobre la naturaleza [12].



Ilustración 15 Antes y después de la recuperación del Río Cheonggyecheon
(Fuente: Kim H, Jung Y, *Is Cheonggyecheon Sustainable? A Systematic Literature Review of a Stream Restoration in Seoul, South Korea, Sustainable Cities and Society* (2018),
<https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.11.018>)

Dentro de un punto de vista económico, la apertura del río generó una atracción de gente, aumentando la densidad poblacional y precio del metro cuadrado así como la expulsión de habitantes en un proceso de gentrificación.

Esto no es por decir que no trajo nada bueno este proyecto, a continuación, son solo puntos para tener en consideración a la hora de plantear un proyecto de esta naturaleza, poniendo primero que nada al medio ambiente.

En la investigación , “Is Cheonggyecheon Sustainable?”, se hace una distinción muy importante en 3 aspectos, el ambiental, el económico y el de equidad, al que aquí se llamará, derecho a la ciudad, derecho que por cierto, se encuentra reconocido en la Constitución de la CDMX [13].

Empezando por lo primero, en el sector medio ambiental como se apuntó al final de la sección anterior, se han encontrado resultados contradictorios, es bien apreciado el esfuerzo de Seúl para convertirse en una Green City puntera en el mundo pero es criticado el resultado final como un producto más artificial y un performance que como un acto genuino de preservación ambiental [13].

A pesar de eso se ha observado una Mini explosión en la biodiversidad, diversas plantas se han observado reapareciendo, así como especies de peces apareciendo y desovando en el río. Al respecto de las aves, no se han observado

diferencias significativas a las que ya rondaban por la zona durante la etapa de la carretera [13].

En relación con el fenómeno de la isla de calor urbano, la incorporación de un cuerpo de agua en el área ha contribuido significativamente a su mitigación, al generar una reducción en la temperatura media del entorno y un aumento en la humedad relativa en las zonas adyacentes al proyecto [13].

En cuestión de fijación de gases de efecto invernadero, se ha visto que los niveles de CO, NO₂ y O₃ han disminuido significativamente, así mismo se observan cambios positivos sobre capacidad de sustentación o carga y en reducción de huella de carbono [13].

Se han visto efectos positivos en la cuestión medio ambiental. Estos son un resultado combinado de si, la reapertura del río, pero también de los cambios en la política de planeación urbana que incluyen una renovación en infraestructura de transporte público y sostenible alrededor del proyecto [13].

En el aspecto económico, el principal impulsor de la renovación ocurre en el marco de colocar a Seúl como un atractivo global y hacerla competitiva. Se describe al fenómeno como un cambio los patrones de consumo hacia la economía local desarrollada alrededor del proyecto y propiciando la aparición de "trabajos verdes" relacionados al mantenimiento del río y una "economía verde" [13].

Del proyecto del río Cheonggyecheon, es importante aprender las lecciones, si de lo que se hizo bien, pero también de las críticas a la hora de querer tropicalizar un proyecto como este, al ser este en características de los más cercanos a lo que se plantea con la restauración del río de la Piedad.

1.6 Caso de estudio 3: río Besós, Barcelona (Monitoreo Post-Intervención)

El río Besós corre por la provincia de Barcelona en España, con un gasto muy variable a lo largo del año, su gasto medio es de 3.9 m³/s, aunque varía mucho por secciones al no tener obras de regulación a lo largo de su recorrido, recorre desde el norte de la ciudad homónima hasta desembocar en el Mar Mediterráneo, en la provincia del Barcelonés a 12 km del estadio Camp Nou como se ve en la imagen 16 [37].



Ilustración 16 Cuenca del río Besós

(Fuente: https://elpais.com/ccaa/2013/03/26/catalunya/1364330156_722383.html)

Altamente descuidado y deteriorado para la segunda mitad del siglo XX, su intervención para su recuperación ocurre hasta casi el cambio de siglo. La ciudad de Barcelona, históricamente dedicada al comercio gracias a su ubicación clave como punto medio entre España y Francia, así como sus puertos que eran la entrada al Mediterráneo, a partir de la segunda mitad del siglo XX empezó a girar hacia la industria, la principal de su país en ese entonces [14].

Este cambio en la estructura económica de la ciudad entre los años de 1955 y 1980 atrajo a una gran cantidad de población de todos los rincones de España, creciendo la población de la ciudad exponencialmente. Dado ciertos movimientos demográficos, como la ubicación de las industrias y los altos precios de vida en la ciudad misma, muchas de estas personas se vieron obligadas a vivir en la periferia de la zona metropolitana de la ciudad en los municipios de la cuenca de este río[14].

Durante estos tiempos, ocurre la primera intervención reciente al río, tras una avenida del río sin precedentes, el 25 de septiembre de 1962, el río alcanza un gasto máximo estimado de hasta 2,000 m³/s lo que consigo trajo pérdidas humanas y materiales en los recién asentados pobladores. Esto lleva a la ciudad a plantear la construcción de una canalización por medio de muros de gravedad revestidos por concreto de 130 de ancho de superficie libre y con capacidad de un gasto de hasta 2,400 m³/s, inaugurada eventualmente en 1975 [14].

Posterior a esto, en lo que solía ser parte de la llanura de inundación se estableció infraestructura de caminos, es decir carreteras y vías de ferrocarril, así como una línea de conducción eléctrica. En otro evento meteorológico, un 10 de octubre de 1994, la avenida alcanzó un gasto de hasta 1,150 m³/s que no terminó en tragedia gracias a la obra de canalización hecha años antes [14].

A pesar de que el problema de las inundaciones ya se tenía controlado, se tenía aun otro problema, el de la calidad del agua, siendo uno de los ríos más contaminados, no solo de España, sino de toda Europa. Por la variabilidad del gasto, la población debe importar agua de otras cuencas y las descargas de agua residual son del orden de 2 m³/s terminando, haciendo gran parte del gasto del río en temporada de Estiaje que el río queda seco, prácticamente la totalidad, causando que la calidad del río fuera deplorable en el mejor de los casos [14].

Derivado de esto, juntas vecinales y grupos ecologistas en los años noventa forman el Consorcio para la Defensa de la cuenca del río Besós para tratar con la Junta de Saneamiento, quienes en el año de 1996 consiguen fondos de la Unión Europea para el saneamiento de su río. El proyecto tuvo a bien el tratamiento de aguas y el tratamiento de 6.2 km de suelos por un coste de 20 millones de euros repartido en una proporción 80-20 por la Unión Europea y la Ciudad de Barcelona principalmente [14].

La restauración consistió en la mejora de la calidad del agua de la PTAR de Montcada a través de humedales construidos, de los 6.2 km intervenidos, los primeros 4.2 resultaron en un recorrido muy sinuoso, con humedales a su alrededor y posteriormente 2km de parque urbano con un curso mayormente recto acompañado por la vialidad "Ronda Litoral" hasta su desembocadura. El proyecto tomó casi 12 años en terminarse en su totalidad repartido en varias fases [14].



*Ilustración 17 Parque Fluvial Besós a las orillas de la sección lineal del río
(Fuente: <https://www.isglobal.org/-/la-regeneracion-del-rio-besos-reporta-beneficios-para-la-salud-y-ahorro-para-el-sistema-sanitario>)*

Respecto a la participación ciudadana, salvo el consorcio encargado de recurrir a la Unión Europea, el proyecto de planificación y construcción fue realizado unilateralmente la autoridad de aguas de la provincia, esto debido a que no existían en aquel momento los mecanismos jurídicos para enforzar la participación ciudadana. A diferencia de Barcelona en aquel momento, estos mecanismos se encuentran embebidos en la Constitución Local de la Ciudad de México desde el momento de su concepción.

Ahora bien, es necesario recordar que los ríos son sistemas dinámicos que dependen de mil y un factores para su funcionamiento. Dada la canalización de concreto y la posterior urbanización de los alrededores, hicieron a la cuenca más impermeable, por la incapacidad del agua de infiltrarse al subsuelo, termina escurriendo más de la cuenta y aumentando los riesgos de inundación puesto que hay un mayor escurrimiento, al mismo tiempo que al haber menos “tierra suelta” hay una menor entrada de sedimentos al río [14].

En este río hay una presencia muy fuerte de transporte de sedimentos a pesar de lo anterior observada sobre todo en 2 fenómenos, en la sección de 4.2 km de cauce natural en la movilidad de los meandros, y como acumulación de grava en los 2km de sección lineal [14].

Del estudio Restauración del río Besós en Barcelona. Historia y lecciones aprendidas de la Universidad Politécnica de Cataluña, en colaboración con la Universidad de Illinois en Urbana-Champaign, en materia de transporte de sedimentos, se han determinado varias características interesantes del río.

El sedimento recorre el río con una velocidad de hasta 1km/h, viajando más lentamente que el agua. Se encontró además que una avenida con un periodo de retorno de 25 años transportaría entre 5,000 y 10,000 m³ de arena y grava a lo largo del cauce hasta su desembocadura. En contraste, una de 100 años movilizaría entre 15,000 y 21,000 m³. Parte de estos sedimentos quedarían retenidos en la sección del río rodeada por el parque urbano: aproximadamente 2,000 m³ en el primer caso y hasta 5,000 m³ en el segundo [14].

Para terminar, es relevante comentar lo más importante pero al mismo tiempo más olvidado por las autoridades en proyectos de infraestructura, **el Mantenimiento.**

Esta tarea está a cargo de la Diputación de Barcelona. Dentro de sus obligaciones se incluyó además del mantenimiento la vigilancia y seguimiento ambiental, mientras que el seguimiento hidrológico se le dejó a Alcantarillado de Barcelona S.A. Dentro de esta vigilancia y seguimiento se observan la recuperación de fauna marina y aviar, así como control de plagas como mosquitos [14].

Respecto al estado de la infraestructura, de lo más caro de este proceso es la limpieza de las parcelas de los humedales, que necesitan de limpieza manual, a pesar de eso, al año 2015, los humedales aun funcionaban hasta el 90% de su capacidad. Las presas instaladas para el control de avenidas si bien han necesitado mantenimiento no ha sido necesario ser repuestas [14].

Como conclusión de la sección, este proyecto dejó varias lecciones, en el ámbito ingenieril avanzó el estudio de la estimación de sólidos en ríos, y la representación de vegetación en los modelos físicos. En el ámbito social, abre una caja de pandora muy peligrosa pero muy importante de abrir, al no haber participación ciudadana por las restricciones legales de la época pero al haber logrado un resultado ampliamente aceptado, pone en duda la necesidad de la participación ciudadana en el planteamiento de este tipo de proyectos.

1.7 Caso de estudio 4: río Sena, París (¿Qué tan rápido se puede limpiar un río?)

Brevemente se comentará de uno de los ejemplos más recientes al momento de la escritura de este texto, la restauración del Río Sena en el contexto de los juegos olímpicos de París en el año de 2024

El río Sena es el río más importante de Francia, corre por únicamente su territorio, atravesando su capital y desembocando en el canal de la Mancha, tiene un gasto medio de $500 \text{ m}^3/\text{s}$, su cuenca representa casi el 20% del territorio del país [31].

Si a alguien se le debe la (mala) idea de popularizar los sistemas combinados de drenaje es a la ciudad de París y a Napoleón III, cuando en la década de los 60's del siglo XIX, a propuesta del planificador urbano Georges-Eugène Haussmann se llevaron a cabo grandes renovaciones de la ciudad, entre ellas un sistema de alcantarillado donde el agua residual y fluvial se unían y eventualmente descargaba al río. Resultado de esto, la calidad del agua ha disminuido drásticamente al punto en que desde hace 100 años es ilegal nadar en el río por cuestiones sanitarias [27].

Los esfuerzos por remediar esto ya tienen tiempo, desde los años 80 hay ya un sistema de compuertas y válvulas que evitan que el agua, salvo en situaciones de tormenta, desahogue al río. Resultado de esto es que para el año 2022 se vertía un 90% menos de agua sin tratar al río que en el año 2000. Aun así la contaminación es un problema urgente de resolución para la ciudad, tirando hasta 1.9 millones de m^3 de aguas residuales al río con el fin de no saturar las alcantarillas de la ciudad. La presencia de materia fecal es el principal contaminante del río y la principal amenaza a la salud de quienes se sumerjan en él [27].

En 1990, Jacques Chirac, alcalde de la ciudad prometió una campaña de limpieza sobre el río, sin embargo nunca se concretó. Años después en 2016 y como parte de la candidatura para los juegos olímpicos de 2024, la alcaldesa Anne Hidalgo promete una renovación ambiental de la ciudad con su proyecto estrella de la limpieza del río [27].

La excusa era que los atletas podrían realizar sus eventos ahí, además de que se reabrirán secciones al público para recreación.

Finalmente, el resultado de todo esto fue la construcción de un reservorio de $45,000 \text{ m}^3$ para retener agua pluvial durante tormentas y evitar saturar el sistema de alcantarillas, conduciéndolo para evitar mezclarlo con las aguas residuales y eventualmente liberarlo de manera controlada al río. Además de esto, sistemas de desinfección que tratan el agua de 2 PTAR aguas arriba de París y una renovación a las tuberías de más de 20,000 hogares cuyo drenaje descargaba directamente al río [27].

La efectividad del Proyecto fue puesta muchas veces en duda por la prisa con la que se llevó a cabo el presidente Emmanuel Macron y la alcaldesa Anne Hidalgo prometieron nadar en el río antes del inicio de los juegos olímpicos, sin embargo solo la última cumplió la promesa. [27]

Se reporta un costo de proyecto de hasta 1.5 billones de dólares y se espera que este legado perdure más allá de este único evento.[28]

El proyecto no está limpiando el río, sino evitando la entrada de más agua residual, de lo primero se encargará eventualmente el ciclo hidrológico, más tarde que temprano. El objetivo último de este proyecto fue iniciar con el proceso para volver a tener agua potable en el río y que la flora y fauna pueda regresar al río, teniendo como excusa al evento deportivo más famoso del mundo. [29]

A pesar de ello, y a pesar de las dudas los eventos deportivos si se pudieron llevar a cabo al registrarse niveles lo suficientemente bajos de contaminantes, como se ve en la ilustración 13. [30]



*Ilustración 18 Evento deportivo en el Sena en el marco de las Olimpiadas Paris 2024
(Fuente: <https://es.euronews.com/2023/08/17/triatletas-de-todo-el-mundo-estrenan-el-rio-sena-antes-de-los-juegos-olimpicos-de-paris-20>)*

Lo ocurrido en verano de 2024 dictó un veredicto de alto impacto: se comprobó que las ciudades pueden, en efecto, purificar rápidamente ríos que durante siglos fueron vertederos urbanos, habrá que darle seguimiento en años venideros. París fue única en lograr, en tiempo récord, lo que durante décadas había se venía buscando. Ahora más ciudades alrededor del mundo han puesto en marcha iniciativas similares, marcando un antes y un después en la transformación del paisaje urbano.

II.- Política Pública

2.1 Marco Normativo en la CDMX

La justificación del proyecto se apoya en los planes de gestión hídricos y la normatividad local en materia de agua y de las acciones a las que está sujeto el gobierno para el cumplimiento de sus obligaciones en materia hídrica.

Se ha justificado extensamente la necesidad de renovación de distintos ríos en distintas partes del mundo, por lo que es importante analizar el enfoque que puede aplicarse al desarrollo de un proyecto de este tipo, basado en las acciones que ya establece la misma Ciudad de México.

En su ley de Aguas capítulo 6, numeral 2 se establece una directriz importante, primero la visión del agua como: “un bien social, cultural, ambiental y económico”, lo cual deja en claro que este recurso y los proyectos que lo engloben deben tener un impacto más que económico únicamente, siéndole de utilidad al ciudadano de una manera integral [19].

Dentro de los objetivos del Plan de Gestión Integral de Recursos Hidráulicos, se enumeran las obras que el gobierno estará obligado a construir para el beneficio de la población, dentro de estos se encuentran tres categorías Agua Potable, Drenaje Pluvial y Sanitario, Tratamiento y Reúso, que se puede observar en la siguiente tabla, las acciones relevantes para el proyecto se encuentran resaltadas [19].

Tabla 4 Obligaciones del Gobierno de la Ciudad en materia de agua (Fuente: Programa de Gestión Integral de los Recursos Hídricos, Visión 20 años.)

Agua Potable	Drenaje Pluvial y Sanitario	Tratamiento y Reúso
-Pozos -Líneas de conducción y distribución -Tanques de almacenamiento -Plantas de bombeo -Plantas potabilizadoras y cloradoras	-Líneas de conducción primarias y secundarias -Pasos a desnivel -Drenaje profundo -Plantas de bombeo -Pozos de absorción -Tanques de tormenta -Accesorios pluviales -Presas, lagunas y barrancas -Cauces a cielo abierto y entubados.	-Plantas de tratamiento -Líneas de conducción y distribución (redes moradas) -Tanques de almacenamiento -Plantas de bombeo -Accesorios hidráulicos.

Esta serie de acciones integrales, incluyen diversas obras fundamentales para la puesta en marcha del proyecto, las cuales han sido detalladamente resaltadas en la tabla adjunta [19].

Adicionalmente, el Programa de Gestión Integral de los Recursos Hídricos pone a disposición un conjunto de acciones adicionales a las que el gobierno se ve compelido para asegurar el óptimo mantenimiento de la red hidráulica. Entre estas medidas, se destacan de manera prioritaria: la instalación de puestos regionales de control de drenaje, el establecimiento de puestos regionales de control de agua potable y la implementación de sistemas de medición continua del agua potable. Estas iniciativas se consideran esenciales para garantizar la operatividad y el correcto funcionamiento de la red una vez que esta entre en su fase de operación [19].

Dentro del marco del Plan de Gestión Integral de Recursos Hidráulicos, se señala como acción prioritaria "Coadyuvar a la conservación del equilibrio ecológico del Valle de México" [19].

En este contexto, se plantean proyectos específicos destinados a la preservación del Río Magdalena, los cuales incluyen la rehabilitación de diversos cuerpos de agua, tales como lagos, lagunas y arroyos, así como la creación de parques lacustres en las zonas de Xochimilco y Tláhuac [19].

Algo importante a recalcar dentro de la directriz fundamental de la política pública de esta y de cualquier ciudad del mundo es que es fundamental ver al espacio público como un punto de integración social [24].

El arquitecto Jan Gehl lo resume de la siguiente manera "La cantidad y la calidad del espacio público peatonal determinan la calidad urbanística de una ciudad" [32].

Para esto la Ciudad de México se encuentra nuevamente en un lugar privilegiado, es necesario que estas decisiones se tomen con ayuda de todos, siendo así que la participación ciudadana constituye un pilar fundamental en la formulación y ejecución de estos proyectos, este derecho se encuentra garantizado por la Constitución de la Ciudad y regulado mediante la Ley de Participación Ciudadana de la Ciudad de México [24].

La Ciudad de México cuenta con uno de los marcos legales más progresistas en materia urbana a nivel internacional. Su constitución local, promulgada en 2017, es un documento inédito por su carácter integral y profundamente social, orientado hacia la construcción de una ciudad democrática, incluyente, sustentable y centrada en los derechos humanos. Uno de los principios más innovadores que en ella se consagran es el derecho a la ciudad, entendido no solo como el derecho a habitar y circular por el espacio urbano, sino como la garantía colectiva de acceder a servicios, infraestructura, cultura, naturaleza, participación política y justicia territorial [38].

Sin embargo, este marco legal, por más avanzado que sea, enfrenta una barrera crítica: su correcta aplicación. La distancia entre la normativa y su cumplimiento cotidiano genera una brecha que se traduce en políticas fragmentadas, intervenciones descoordinadas y una ciudadanía que, a pesar de contar con derechos legalmente reconocidos, continúa enfrentando exclusión, desigualdad y deterioro urbano-ambiental.

Un caso particularmente ilustrativo de esta disonancia es el del Instituto de Planeación Democrática y Prospectiva de la Ciudad de México, organismo constitucionalmente autónomo cuya misión principal es articular, coordinar y supervisar el sistema de planeación del desarrollo de largo plazo de la ciudad.

Este instituto, concebido como garante técnico del proyecto de ciudad y como puente entre sociedad, gobierno y territorio, tiene la responsabilidad de integrar los instrumentos de planeación, como el Plan General de Desarrollo y el Programa General de Ordenamiento Territorial, bajo un enfoque participativo, equitativo y con visión de sostenibilidad intergeneracional. Su diseño institucional contempla la incorporación activa de consejos ciudadanos, foros temáticos, observatorios territoriales y mecanismos de consulta pública, lo que lo convierte en un actor clave para traducir los derechos consagrados en la Constitución en políticas urbanas con efectos reales sobre el entorno construido [39].

El Instituto de Planeación tiene una responsabilidad fundamental en temas clave como la gestión del agua, el ordenamiento del territorio, la movilidad sustentable, la recuperación de espacios públicos, entre otros temas. Su labor debería ser proactiva en la promoción de proyectos que respeten los ciclos naturales del agua como la recuperación de ríos urbanos, la densificación equilibrada, la protección del suelo de conservación y el fortalecimiento de redes de infraestructura verde. Además, tiene el deber de establecer indicadores de seguimiento, mapas de riesgo, sistemas de evaluación participativa y mecanismos de adaptación de políticas ante el cambio climático y las desigualdades territoriales [39].

En suma, el Instituto no es un actor secundario ni accesorio: es el principal garante del cumplimiento de la visión de ciudad planteada en la Constitución. Su correcta operación, independencia técnica y legitimidad social son condiciones necesarias para que el derecho a la ciudad no quede como un ideal normativo, sino como una práctica cotidiana y transformadora.

Además del Instituto de Planeación Democrática y Prospectiva, otras instituciones como la Secretaría de Planeación, Ordenamiento Territorial y Coordinación Metropolitana, la Secretaría del Medio Ambiente y el Secretaría de Gestión Integral del Agua son actores clave para la aplicación efectiva del derecho a la ciudad. Sin una coordinación estrecha entre estos órganos, cada uno con

competencias específicas sobre suelo, vivienda, agua, movilidad y espacio público, los proyectos corren el riesgo de fragmentarse o responder a lógicas contradictorias.

III.- Propuesta de Ingeniería Conceptual

3.1 Descripción del Proyecto

La propuesta busca transformar el uso del Viaducto en un espacio multifuncional que contribuya al tratamiento y aprovechamiento del agua.

En la primera etapa del proyecto, se contempla la captación de agua desde el río de la Piedad y el Río Becerra, la cual será conducida hacia una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) en la calle Minería. Ahí, el agua es sometida a un proceso de saneamiento que permite su reutilización. El agua tratada sigue su curso hacia el Río Urbano Piedad, donde fluye durante 4 kilómetros en un canal abierto, desde el cruce con Insurgentes Sur hasta el cruce con Calzada de Tlalpan, sobre este tramo igual viajará el agua pluvial que escurra hacia el.

Esta agua es finalmente conducida hasta un tanque de almacenamiento lo que garantiza su reserva para usos externos o como fuente de abastecimiento en situaciones específicas y los excedentes son desechados hacia el antiguo drenaje del Viaducto. Este tramo representa una recuperación ambiental significativa, al reintroducir agua limpia al cauce urbano.

La segunda ruta posible para el agua es mediante entubamiento, donde entraran todas las aguas residuales domésticas de la zona en un sistema de drenaje separado y enterrado, que se conecta igual al antiguo drenaje del Viaducto.

Paralelamente a la estrategia hidráulica, el proyecto contempla una propuesta de movilidad sostenible basada en el fortalecimiento del transporte público existente, como medida para mitigar los efectos de la reducción de carriles vehiculares en el Viaducto. Dada la cercanía de esta vialidad con infraestructuras clave como la Línea 9 del Metro y la Línea 2 del Metrobús, se plantea una estrategia enfocada en incrementar la frecuencia y capacidad operativa de estos sistemas, mejorando su eficiencia y capacidad de atención a los usuarios. Esta intervención se complementará con mejoras en la infraestructura peatonal, ciclovías y posibles carriles preferenciales para transporte público, favoreciendo una movilidad más sustentable, accesible y menos dependiente del automóvil particular.

Esta propuesta busca no solo resolver problemas de movilidad en una de las zonas más transitadas de la ciudad, sino también revalorizar el espacio urbano mediante un enfoque ecológico e inclusivo. Al reutilizar aguas tratadas y devolverlas al cauce del Río Piedad, se contribuye a la recuperación del entorno natural y se promueve una cultura de sostenibilidad.

La propuesta para la recuperación del Río de la Piedad busca restaurar su cauce y devolverle su funcionalidad ecológica y social. Este integra soluciones ambientales, urbanísticas y de movilidad que contribuirán a la revitalización del

entorno y a la mejora de la calidad de vida de los habitantes, en la ilustración 19 se ve un esquema conceptual del proyecto.

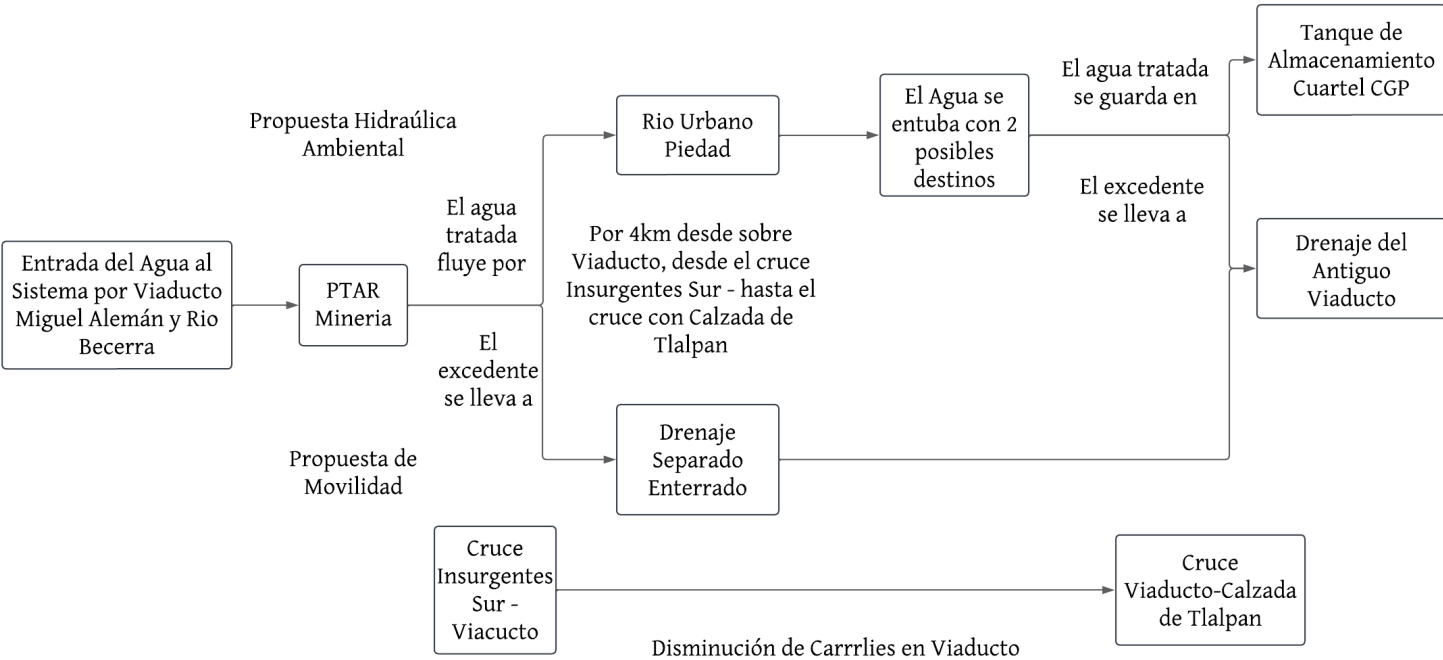


Ilustración 19 Esquema del Proyecto

3.2 Apertura del Río

La reapertura del Río de la Piedad representa una de las acciones clave del proyecto, al recuperar un cauce actualmente entubado y transformarlo en un espacio de infraestructura verde y restauración ecológica en pleno entorno urbano. Esta intervención contempla un tramo de aproximadamente 4 kilómetros, comprendido entre el cruce con Avenida de los Insurgentes y el cruce con la Calzada de Tlalpan, y tiene como objetivo central devolver al río su visibilidad, su función ambiental y su valor social dentro de la ciudad, en la imagen 20 se observa la localización del proyecto.

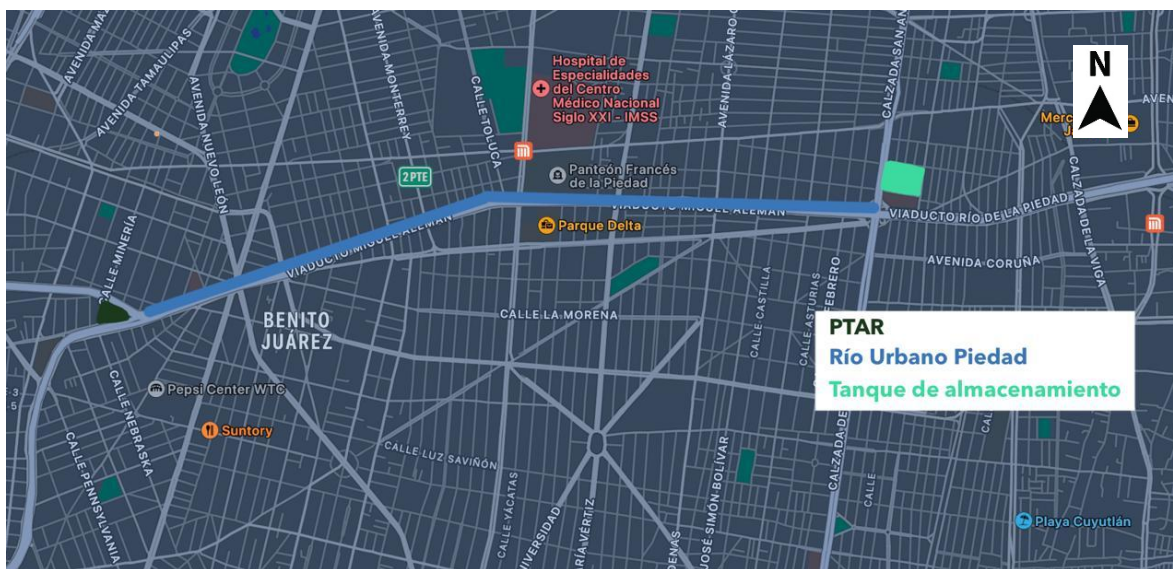


Ilustración 20 Localización del Proyecto

Desde el punto de vista ambiental, la reapertura del cauce permitirá la infiltración natural del agua al subsuelo, lo cual incide directamente en la recarga de los mantos acuíferos del Valle de México. Este proceso se logra mediante la renaturalización del lecho del río, que incluirá superficies permeables y vegetación, las cuales actúan como filtros naturales y permiten que el agua se infiltre progresivamente en lugar de ser completamente canalizada y evacuada por tuberías. A diferencia del modelo tradicional de entubamiento, esta configuración favorece el ciclo hidrológico natural, al permitir que parte del líquido tratado se reintegre al subsuelo en lugar de perderse en el sistema de drenaje profundo.

Además de los beneficios hidrológicos, la visibilización del río es decir, su exposición al entorno urbano y su reintegración al paisaje tiene un impacto positivo en términos de conciencia ambiental y apropiación ciudadana. Al convertirse nuevamente en un elemento visible y accesible, el Río de la Piedad puede funcionar como un espacio educativo, recreativo y de convivencia,

fomentando una mayor sensibilización de la población respecto al valor del agua, los ecosistemas urbanos y la necesidad de su conservación.

Adicionalmente, la reapertura del río contribuye a mitigar el efecto de isla de calor urbana, al introducir cuerpos de agua y áreas verdes que reducen la temperatura local y mejoran la calidad del aire. También se prevé una mejora en la biodiversidad urbana, al generar hábitats para aves, insectos polinizadores y flora nativa. En términos paisajísticos y urbanos, el cauce recuperado puede ser aprovechado como corredor ambiental y eje estructurador de espacio público, conectando colonias actualmente fragmentadas por el Viaducto y creando nuevas oportunidades para la movilidad activa mediante senderos peatonales y ciclovías paralelas al cauce.

El conocimiento preciso de las dimensiones y características de la canalización actual del Río de la Piedad es esencial para cualquier propuesta de intervención, ya que constituye la base para evaluar su capacidad hidráulica, diseñar soluciones de ingeniería adecuadas y estimar correctamente el comportamiento del flujo. Sin embargo, uno de los principales retos identificados en el desarrollo del proyecto ha sido la dificultad para acceder a información técnica oficial y detallada sobre esta infraestructura preexistente, ya que los planos y especificaciones no se encuentran disponibles de forma pública ni sistematizada.

Pese a esta limitación, se ha logrado recopilar información preliminar a partir de observaciones de campo y entrevistas con personal operativo de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) ubicada en el Ecoducto Lineal Park. Con base en estos testimonios, se estima que el canal presenta un ancho estimado en el tramo estudiado, cercano a los 4 metros, y una altura de hasta 3 metros.

Para complementar esta información, se realizó un análisis altimétrico a partir de tres puntos clave del trayecto del río: en la zona de Insurgentes, el nivel del canal se ubica aproximadamente a 2,247 metros sobre el nivel del mar; en la intersección con Cuauhtémoc, a 2,237 metros; y en Tlalpan, a 2,232 metros. A partir de estas mediciones se calcula una pendiente descendente que permite hacer una estimación preliminar del gasto, sin embargo, en etapas más avanzadas del proyecto, se contempla realizar un estudio hidrológico detallado. El gasto del flujo se obtuvo utilizando la fórmula de Manning.

En las siguientes tablas 5 y 6 se muestra el cálculo del gasto a través de la aplicación de la fórmula de Manning:

$$Q = \frac{A \cdot R_h^{\frac{2}{3}}}{n} \cdot S_0^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

Q: Gasto [m³]

A: Área [m²]

R_h: Radio Hidráulico [m]

N: coeficiente de Manning

S₀:Pendiente del canal

Es importante aclarar que el análisis hidráulico se realizó considerando el comportamiento del flujo justo antes de que la sección del canal alcance su capacidad máxima, es decir, en régimen de canal abierto, cuando el flujo aún tiene una superficie libre expuesta al aire. Este punto es crítico porque, una vez que el canal se llena por completo, el flujo deja de comportarse como un canal abierto y pasa a comportarse como flujo en conducto cerrado (o presión), lo que requiere un tratamiento hidráulico distinto. La elección de este enfoque busca representar con mayor fidelidad las condiciones de operación normales del canal antes de que se generen escenarios de sobrecarga o saturación.

Tabla 5 Resumen de los análisis hidráulicos para la estimación de gasto asociado a la capacidad máxima de la obra preexistente en el Tramo Insurgentes-Cuauhtémoc

Tramo Insurgentes Cuauhtémoc					
Datos del Trayecto					
delta x [km]	z1 [m]	z2 [m]	delta z	So	
1.55	2247	2237	10	0.0065	A*Rh ^{2/3}
Datos del Canal					13.5509
b [m]	n	So	k	y [m]	Qn/S0 ^{1/2}
4	0.015	0.0065	0	3	13.5509
Geometría del canal					F.O.
A [m ²]	P [m]	Rh	T [m]		0.00
12	10	1.2	4		
Resultados					
V [m/s]	Q [m ³ /s]				
6.05	72.5624				

Tabla 6 Resumen de los análisis hidráulicos para la estimación de gasto asociado a la capacidad máxima de la obra preexistente en el Tramo Cuauhtémoc-Tlalpan

Tramo Cuauhtémoc Tlalpan					
Datos del Trayecto					
delta x [km]	z1 [m]	z2 [m]	delta z	So	
2.08	2237	2232	5	0.0024	$A \cdot Rh^{2/3}$
Datos del Canal					13.5509
b [m]	n	So	k	y [m]	$Qn/S0^{1/2}$
4	0.015	0.0024	0	3	13.5509
Geometría del canal					F.O.
A [m ²]	P [m]	Rh	T [m]		0.00
12	10	1.2	4		
Resultados					
V [m/s]	Q [m ³ /s]				
3.69	44.2926				

Estos datos, aunque aproximados, permiten avanzar en la comprensión del comportamiento actual del cauce. Sin embargo, su grado de incertidumbre destaca la necesidad crítica de contar con levantamientos técnicos más precisos y accesibles por parte de las autoridades responsables. La falta de transparencia y sistematización de la información sobre infraestructura subterránea y canalizaciones históricas representa un obstáculo frecuente en proyectos de regeneración urbana, y subraya la importancia de fortalecer los mecanismos de gestión y documentación del patrimonio hidráulico de la ciudad.

3.3 Red de Drenaje Separado

La implementación de un sistema de drenaje separado representa uno de los pilares estructurales del proyecto de recuperación del Río de la Piedad. Más allá de una solución técnica, este modelo responde a una nueva forma de entender la relación entre ciudad, agua y territorio: una relación que se aleja de la lógica de ocultamiento y control, para transitar hacia una gestión sensible al entorno natural, resiliente al cambio climático.

Actualmente, la Ciudad de México opera bajo sistemas de drenaje combinado, en los que el agua pluvial y las aguas residuales sanitarias circulan por una misma red. Esta condición genera constantes desbordamientos en temporada de lluvias y provoca que grandes volúmenes de agua de lluvia, se contaminen innecesariamente, convirtiéndose en un pasivo ambiental. En este contexto, el modelo de drenaje separado se plantea como una herramienta fundamental para reconfigurar no solo la infraestructura, sino también la forma en que la ciudad se relaciona con el agua.

El principio central de esta propuesta es establecer dos redes independientes, una exclusivamente para aguas residuales domésticas e industriales, que serán conducidas al drenaje preexistente de la ciudad y otra dedicada a las aguas pluviales y tratadas, que serán canalizadas directamente al cauce del río o a sistemas de infiltración, captación o almacenamiento, según las condiciones del tramo. Esto permitirá, por un lado, mejorar el rendimiento y eficiencia del sistema sanitario y, por otro, aprovechar el agua de lluvia como recurso, evitando su desperdicio y mitigando los riesgos de inundación.

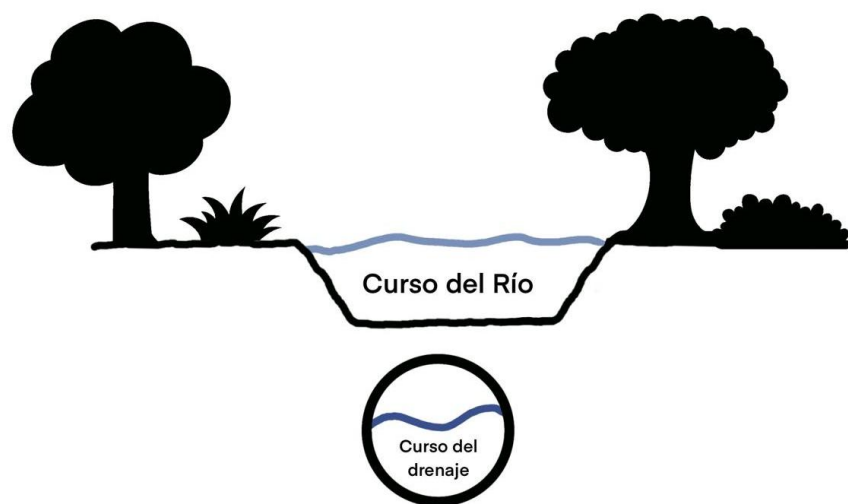


Ilustración 21 Esquema de separación del drenaje

Este modelo promueve también una visión ecológica del ciclo urbano del agua. Al evitar que las lluvias intensas arrastren contaminantes acumulados en las calles hacia un sistema combinado, se reduce la carga de sólidos y patógenos que hoy llegan a cuerpos receptores o saturan las plantas de tratamiento. Asimismo, al permitir el manejo independiente de las aguas pluviales, se abre la posibilidad de integrarlas a estrategias complementarias como pavimentos permeables, jardines de lluvia, humedales urbanos o zanjas de infiltración, que permiten infiltrar parte del escurrimiento y alimentar los acuíferos.

La propuesta de drenaje separado también tiene un impacto urbano y social directo. En lugar de depender de grandes colectores enterrados e invisibles, este sistema permite desarrollar soluciones visibles, que pueden ser gestionadas parcialmente por la comunidad. Esta cercanía facilita procesos de educación ambiental, apropiación vecinal y corresponsabilidad en el cuidado del espacio público y del sistema hídrico. En este sentido, se trata de una infraestructura técnica pero también pedagógica y simbólica, que materializa el principio de que el agua es un bien común, no un residuo a ocultar.

Dentro del esquema de drenaje separado propuesto para la recuperación del Río de la Piedad, la red de drenaje sanitario cobra una importancia crítica. Esta red tiene como función exclusiva conducir las aguas residuales generadas por viviendas, comercios, servicios e industrias, sin mezclarse en ningún momento con el agua de lluvia.

Al mantener este flujo completamente separado, se asegura que las aguas residuales sean tratadas de forma adecuada antes de reintroducirlas, parcial o totalmente, al sistema natural.

En suma, el drenaje sanitario dentro del sistema propuesto no es solo un componente técnico, sino una infraestructura de soporte vital para el proyecto. Es lo que garantiza que el río recuperado no se convierta nuevamente en una alcantarilla a cielo abierto, sino en un verdadero corredor ecológico capaz de ofrecer servicios ambientales, recreativos y simbólicos a la ciudad. Su correcto funcionamiento representa el umbral mínimo indispensable para que la recuperación del Río de la Piedad no solo sea una obra visible, sino una transformación profunda y sostenible.

3.4 Tratamiento de Aguas Residuales

Se propone la construcción de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) para procesar las aguas pluviales y las descargas urbanas. Esta infraestructura permitirá tratar el agua antes de su reincorporación al cauce, asegurando su calidad ambiental. Para lidiar con los olores y el reducido tamaño disponible, se propone un sistema de reactor SBR, en la ilustración 22 se ve la fachada del predio seleccionado para su fácil identificación y en la ilustración 23 la localización del predio.



Ilustración 22 Imagen del predio propuesto



Ilustración 23 Localización del predio propuesto

Tratamiento primario

El tratamiento primario representa la primera barrera del proceso y está orientado a remover los sólidos más grandes y los materiales sedimentables presentes en el influente. Esta fase combina operaciones físicas que preparan el agua para su procesamiento biológico posterior.

La primera estructura es el emisor de llegada, que canaliza el agua residual hacia la planta. A continuación, el influente atraviesa un sistema de rejillas, que retienen sólidos gruesos como plásticos, ramas o residuos voluminosos. Dado el gasto elevado y la necesidad de operación continua, se implementa un sistema de limpieza mecánica que garantiza el correcto funcionamiento y protección de los equipos.

Luego, el agua pasa por un desarenador, cuya función es separar partículas pesadas como arena o pequeñas gravas.

El sistema incorpora también un canal de aforo tipo Parshall, que permite medir con precisión el gasto que entra al tren de tratamiento. Esta información resulta fundamental para ajustar los tiempos de operación y la dosificación de los procesos posteriores. Este sistema carece de tanques de igualación separados y el agua pasa directo al reactor.

Tratamiento Secundario (Reactor Biológico Secuencial-SBR)

El sistema SBR integra en un solo tanque las funciones que en plantas convencionales se realizan en varias unidades: reactor biológico, tanque de igualación y decantador secundario. Aunque su volumen suele ser mayor, requiere menos superficie, lo que lo hace ideal para espacios urbanos restringidos.

Este proceso funciona mediante ciclos divididos en tres etapas. Primero, el agua residual pretratada se mezcla con biomasa activa en el reactor, alternando fases aeróbicas y anóxicas para eliminar materia orgánica y nutrientes (nitrógeno y fósforo). Luego, se detiene la aireación para que los sólidos sedimenten y el agua clarificada quede en la superficie. Finalmente, se extrae cuidadosamente el agua tratada con un dispositivo flotante, evitando la remoción de lodos, que son retirados periódicamente para mantener la estabilidad del proceso. [33]

El sistema usa aireadores de burbuja fina en el fondo para distribuir el oxígeno uniformemente durante la aireación. El mecanismo de decantación es automatizado, manteniendo la calidad del agua incluso ante fluctuaciones de carga. [33]

Toda la operación se controla mediante una plataforma automatizada que integra PLC y SCADA, permitiendo monitoreo en tiempo real y ajustes de parámetros. Sensores de oxígeno, sólidos suspendidos, pH, asegurando el control preciso de procesos biológicos como nitrificación y desnitrificación. Además, un sistema automático de purga de lodos regula la edad del fango para optimizar la eficiencia. [33]

Tratamiento terciario (desinfección)

Una vez completado el tratamiento biológico, el agua ya presenta una calidad aceptable para usos no potables. No obstante, con el fin de eliminar cualquier patógeno remanente, como bacterias, virus o parásitos, se incorpora una etapa final de tratamiento terciario, orientada a la desinfección del efluente.

Para ello se emplea un sistema de cloración, una de las técnicas más efectivas y económicas disponibles. Consiste en la dosificación controlada de cloro al agua tratada, asegurando que cualquier microorganismo activo sea eliminado antes de su reutilización o vertido al cauce.

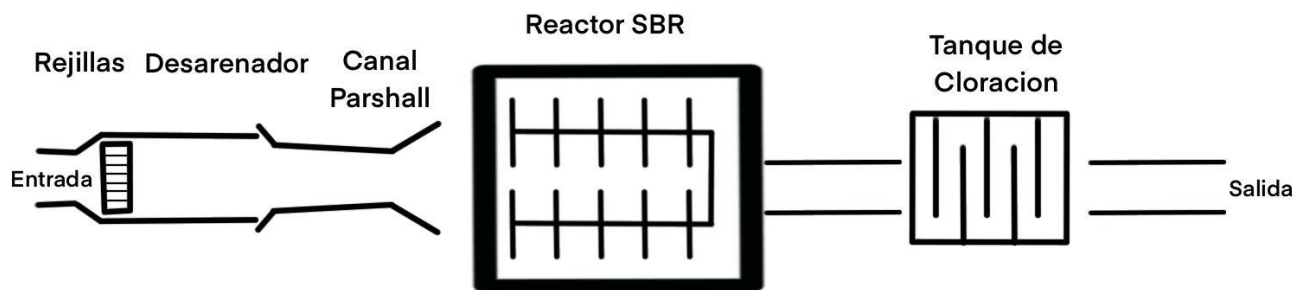


Ilustración 24 Esquema del tren de Tratamiento

3.5 Depósito de Agua

Se contempla la construcción de un tanque de igualación estratégicamente ubicado en el cuartel de la Policía Metropolitana, el cual cuenta con suficiente espacio en su predio para recibirlo, cuyo principal objetivo es regular el flujo del río y mantener un gasto constante a lo largo de todo el cauce restaurado. Este tanque actuará como amortiguador hidráulico frente a eventos climatológicos extremos: durante lluvias intensas recibirá y retendrá los picos para evitar desbordamientos y erosión en los márgenes, mientras que en temporada de estiaje liberará de manera controlada el volumen necesario para conservar el gasto de agua y la estabilidad ecológica del corredor.

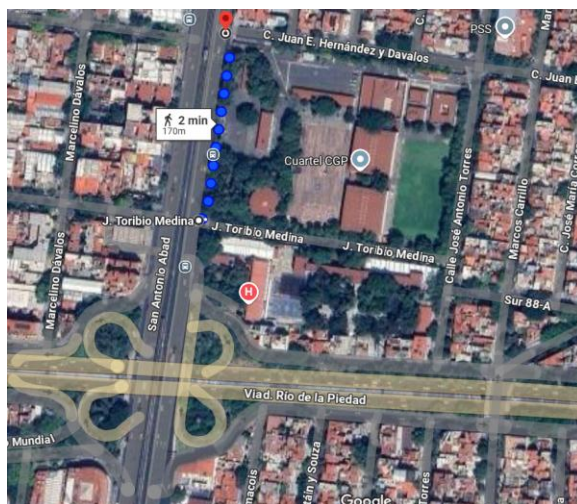


Ilustración 25 Propuesta de ubicación del Tanque de Almacenamiento

Mediante convenios formales con dependencias públicas (alcaldías, parques y jardines, escuelas) y con actores privados (hoteles, viveros y desarrollos inmobiliarios), se definirán volúmenes de distribución periódica para su uso, así como para el mantenimiento de fuentes ornamentales y sistemas de enfriamiento evaporativo en edificaciones adyacentes.

3.6 Parque lineal

A lo largo de los cuatro kilómetros de cauce restaurado se desarrollará un parque lineal inspirado en la experiencia del Cheonggyecheon, concebido como un corredor verde continuo que articule movilidad, cultura y naturaleza en un solo espacio. El diseño integrará andadores peatonales amplios, pavimentados con materiales permeables que faciliten la infiltración de agua, y ciclovías segregadas que conectarán con las redes de transporte público y ciclovías existentes, garantizando recorridos seguros y accesibles para usuarios de todas las edades. A ambos lados del cauce se dispondrán áreas ajardinadas de especies nativas, hábitats de flora y fauna local, y pequeñas zonas de humedales artificiales que, además de servir como elementos de tratamiento natural de las aguas residuales tratadas, ofrecerán microecosistemas de observación y educación ambiental.

Se instalarán mobiliarios urbanos diseñados con materiales sustentables y equipados con luminarias LED de bajo consumo que permitan prolongar el uso nocturno del parque con total seguridad.

Para reforzar la dimensión educativa y participativa, se instalarán paneles informativos sobre la biodiversidad recuperada, el ciclo de tratamiento del agua y la historia del río en la Ciudad de México, junto con códigos QR que enlacen a contenidos digitales. En coordinación con escuelas y universidades, se planificarán talleres de monitoreo ciudadano del agua.



Ilustración 26 Simulación del resultado final

El corredor verde impactará positivamente en la regeneración urbana de las colonias aledañas, aumentando el valor de suelo y atrayendo inversiones en

comercio de proximidad cafés, librerías, etc. que desplacen de manera armoniosa el tejido social hacia un desarrollo más inclusivo. No obstante, para asegurar que el parque y sus servicios permanezcan accesibles y gratuitos para toda la comunidad, la participación de la iniciativa privada se verá intencionalmente limitada a patrocinios puntuales y acuerdos de colaboración que no impliquen zonas exclusivas ni cobros por uso. Al mejorar la conectividad peatonal y la calidad ambiental, reducción de la isla de calor, aumento de la permeabilidad y captación de CO₂, el proyecto no solo embellece el paisaje urbano, sino que promueve la cohesión vecinal, dinamiza la economía local y fortalece el sentido de pertenencia, consolidando un nuevo eje de convivencia y bienestar en la Ciudad de México

3.7 Transporte Alterno

En el marco de la intervención propuesta sobre el eje del Viaducto, se prevé una reducción en la capacidad vehicular disponible, lo cual podría generar afectaciones temporales o permanentes en la fluidez del tránsito motorizado particular. Con el fin de mitigar estos impactos y garantizar una movilidad eficiente para los usuarios, se plantea una estrategia basada en el fortalecimiento del transporte público ya existente en la zona.

La vialidad en cuestión se encuentra en estrecha proximidad con dos de los sistemas de transporte público más importantes de la Ciudad de México: la Línea 9 del Sistema de Transporte Colectivo Metro, que corre paralela al norte del Viaducto en gran parte de su tramo, y la Línea 2 del Metrobús, donde ocurre lo mismo pero en el sur de la vialidad.

Considerando esta cercanía, no se considera viable ni necesaria la construcción de una nueva línea de transporte redundante, ya que implicaría una duplicación de servicios y un uso ineficiente de recursos públicos. En su lugar, se propone una intervención puntual y estratégica para mejorar la capacidad operativa de los sistemas existentes, mediante:

- El aumento en el número de unidades en operación en ambas líneas, especialmente en horarios de máxima demanda y por ende una reducción de intervalos de espera para disminuir los tiempos de traslado y aumentar la eficiencia del servicio.

De manera complementaria, se plantea una intervención en infraestructura urbana que favorezca el tránsito de peatones y ciclistas, así como una mejor integración de los modos de transporte. Esto incluye la implementación de:

- Ciclovías seguras y bien conectadas a lo largo de tramos del Viaducto y sus vialidades paralelas.

- Mejoramiento de banquetas, cruces seguros y espacios peatonales, especialmente en zonas de alta afluencia.
- Carriles exclusivos o preferenciales para transporte público, en segmentos donde sea técnicamente viable, con el fin de mejorar la velocidad y regularidad del servicio.

Esta estrategia integral no solo responde a las necesidades de mitigación frente a la reducción de capacidad vehicular, sino que se alinea con los principios de movilidad sustentable establecidos por la ciudad, fomentando una transición modal hacia alternativas más eficientes, accesibles y menos contaminantes.

La optimización de los sistemas existentes permite aprovechar infraestructuras ya consolidadas, reducir costos de implementación y acelerar los beneficios para los usuarios. En conjunto, esta propuesta garantiza que la intervención sobre el Viaducto no solo tenga un carácter correctivo, sino también transformador, al mejorar la calidad del transporte público y promover una movilidad más equitativa y resiliente.

3.8 Creación de un Organismo Regulador Coordinador

Dado la magnitud, el carácter transversal y la complejidad técnica, social y ambiental del proyecto de recuperación del Río de la Piedad, se propone la creación de un **organismo regulador coordinador** con autonomía técnica y capacidad de gestión interinstitucional. Este ente no solo será responsable de la supervisión y coordinación de todas las etapas del proyecto, desde la planeación estratégica y el diseño ejecutivo, hasta la ejecución física, el monitoreo y el mantenimiento a largo plazo, sino que también fungirá como figura articuladora entre los distintos niveles de gobierno, actores técnicos, sector privado, organizaciones civiles y comunidades locales.

El objetivo de este organismo será garantizar que las decisiones y acciones ejecutadas respondan a una visión integral de ciudad basada en derechos, equidad territorial, sustentabilidad ecológica y eficiencia operativa. A diferencia de una comisión temporal o una dependencia sectorial, este ente debe tener personalidad jurídica propia, una estructura técnica multidisciplinaria y atribuciones claras en materia de gestión presupuestal, seguimiento de indicadores, evaluación de impacto y fiscalización de resultados. Su conformación deberá incluir representantes del Instituto de Planeación Democrática y Prospectiva (IPDP), de la Secretaría del Medio Ambiente (SEDEMA), de la Secretaría de Planeación, Ordenamiento Territorial y Coordinación Metropolitana (SEPOTMET), Secretaría de Gestión Integral del Agua (SEGIAGUA), así como de las alcaldías directamente involucradas y de un consejo asesor ciudadano con voz activa y capacidad de vigilancia.

Entre sus funciones prioritarias estará la alineación efectiva entre planes sectoriales y territoriales, evitando duplicidades y contradicciones entre programas operativos de diferentes dependencias. También se encargará de generar lineamientos técnicos unificados, licitaciones transparentes, mecanismos de rendición de cuentas abiertos y modelos de operación que aseguren la sostenibilidad financiera y ecológica del proyecto a lo largo del tiempo.

Asimismo, se ocupará de implementar y actualizar un sistema de monitoreo integral que dé seguimiento a indicadores ambientales (calidad del agua, biodiversidad, gasto), sociales (acceso, uso, percepción, seguridad) y económicos (impacto en la economía local, valorización inmobiliaria, costo-beneficio), con evaluaciones anuales y auditorías externas que permitan tomar decisiones basadas en evidencia. En caso de desviaciones o incumplimientos, este organismo tendría la facultad de emitir recomendaciones vinculantes o activar cláusulas de corrección o sanción.

En resumen, este órgano coordinador no solo gestionará la construcción del proyecto, sino que será la institución responsable de cuidar que el proceso cumpla su finalidad pública, que se mantenga una gobernanza democrática, y que el proyecto trascienda gobiernos y ciclos administrativos para consolidarse como una política de Estado urbana, ecológica y ciudadana.

.

IV.- Conclusiones (Discusión de la Propuesta)

El proyecto de la restauración del río de la Piedad es una gran oportunidad de poner a la naturaleza como prioridad y de una nueva visión de ciudad. Atravesando la ciudad de poniente a oriente por varias de las colonias más icónicas de la ciudad, podría ser una oportunidad de mejorar la vida a una cantidad enorme de personas. Desde el acceso a áreas verdes, mejorar en la calidad del aire, mitigación de la isla de calor, un depósito de agua y manera de infiltrar agua a los mantos freáticos del centro de la ciudad.

“El río La Piedad cruza el centro de la urbe, por lo que su potencial para cambiarle la vida a casi todos los que viven en la ciudad es enorme. No solo por un tema de áreas verdes y espacio público, sino que rehabilitando el río cambias la ciudad y mejoras la calidad del aire y el río. Y acá es esencial entender que en México mueren más personas por temas relacionados a la calidad del aire que por el narcotráfico”, comenta Cattán, quien describe el proyecto de regeneración del río La Piedad como un replanteo de la movilidad de la ciudad a partir de los ríos, y a través de la generación de humedales y la creación de una red de movilidad integrada. [40]

La propuesta de restauración del Río de la Piedad contempla un monitoreo constante de la calidad del agua mediante mediciones de demanda bioquímica de oxígeno (DBO), sólidos suspendidos totales y coliformes fecales, así como registros hidrométricos en distintas temporadas del año .

Este esquema replica las buenas prácticas del proyecto del Río Magdalena, donde se registró el gasto base gracias a manantiales y se instalaron estaciones automáticas para medir parámetros físicos y químicos del agua, lo que permitió ajustar oportunamente las estrategias de remediación .

Sin embargo, mientras el Magdalena aprovecha tramos de suelo de conservación para procesos naturales de autodepuración, Piedad opera en un entorno totalmente urbanizado. Para contrarrestar esta limitación, el proyecto combina un reactor tipo SBR con un sistema de humedales artificiales modulares que pueden adaptarse a espacios estrechos y requieren menos mantenimiento mecánico que los humedales convencionales .

Tabla 7 Indicadores de Recuperación del proyecto

#	Indicador	Descripción
Ambiental		
1	Calidad del Agua	Se realizarán mediciones periódicas de calidad del agua con indicadores como DBO, oxígeno disuelto, sólidos, nitrógeno y coliformes fecales.
2	Gasto base del Río	En cuestión a los eventos meteorológicos y lo que pueda ser tratado en la PTAR Minería
3	Superficie potencial de restauración de suelos	Por su entorno urbano, solo el río y su franja inmediata serían considerados como área de conservación.
5	Calidad del Paisaje	En el proyecto se prioriza un paisaje atractivo, con agua limpia, vegetación conservada y señalización que mejora la experiencia y movilidad peatonal.
Gubernamental		
6	Coordinación Gubernamental	Generación de un plan Maestro y de una autoridad reguladora independiente
7	Acciones de Vigilancia y Monitoreo	Participación ciudadana y aseguramiento de presupuesto para garantizar las acciones de vigilancia y monitoreo
Social		
8	Participación Ciudadana	Se plantea involucrar a la sociedad civil en la restauración del río y en los proyectos que de ella se deriven.

Respecto a los servicios ecosistémicos, estos se ven un poco más limitados al encontrarse en una zona meramente urbana y son los que se encuentran en la tabla 8 a continuación.

Tabla 8 Servicios Ecosistémicos del Proyecto

Provisión	Regulación	Culturales
-Agua Dulce	-Purificación del aire a través de la captura y almacenamiento de carbono atmosférico -Almacenamiento de Nutrientes -Control de Plagas y Enfermedades -Regulación de la temperatura (isla de calor) -Control de Inundaciones -Calidad del agua	-Belleza Escénica -Ecoturismo -Educación -Herencia Cultural

En Seúl, la remoción de la autopista requirió bombas para reactivar el cauce, exposición que generó críticas sobre la sostenibilidad energética. El proyecto de Piedad soluciona esto mediante el uso del agua a partir de una combinación de agua pluvial recolectada localmente y agua tratada proveniente del sistema de la PTAR Minería, cuyo gasto de origen está previamente regulado y garantizado. Esto permite mantener el flujo del río sin necesidad de bombeo constante, optimizando el consumo energético y promoviendo una gestión hídrica más sostenible y eficiente.

En el caso Barcelona es importante notar la creación de estructuras sólidas de gobernanza y financiamiento compartido, la recuperación del río Besòs se sustentó en un consorcio público-privado cofinanciado por la Unión Europea (80 %) y el Ayuntamiento (20 %), con planes de mantenimiento supervisados por la Diputación de Barcelona durante más de diez años . Inspirado en este modelo, Piedad propone un organismo regulador interinstitucional que integre a las Secretarías locales en materia de Agua, Medio Ambiente y Planeación, la Comisión Nacional del Agua y las alcaldías correspondientes, con un fondo mixto para el mantenimiento de infraestructuras verdes y las operaciones de la PTAR.

En términos de planificación participativa, el Río Magdalena estableció un “Grupo Promotor” con representantes de universidades, organizaciones civiles y autoridades locales, lo que facilitó la resolución colaborativa de conflictos y el seguimiento técnico-científico. La propuesta de la Piedad construye sobre esta práctica creando mesas de trabajo exprés con la inclusión de ciudadanos, académicos y sector privado que sesionan durante todas las fases del proyecto, además de un canal de atención ciudadana permanente para reportes y sugerencias en tiempo real, fortaleciendo la transparencia y la rendición de cuentas

El Cheonggyecheon dio lugar a un corredor verde que revalorizó el tejido urbano, redujo la temperatura local y dinamizó el comercio adyacente, aunque su estética “escenográfica” y la falta de espacios de interacción comunitaria fueron objeto de crítica . Consciente de ello, la propuesta de la Piedad diseña espacios públicos multifuncionales a lo largo de los cuatro kilómetros de cauce restaurado, que incluyen andadores y espacios de esparcimiento integrados con zonas de biorremediación, de modo que la experiencia ambiental y social sea simultánea y participativa.

La Ciudad enfrenta el mismo problema que París en su momento y que todas las ciudades viejas, su crecimiento desmedido y no planeado, sobre todo en sus sistemas de drenaje, contruidos inicialmente con otros ideales en mente, en estos días ya por la dimensión de la red, hace una tarea monstruosa el tan solo plantearse en reformarlos por lo ridículamente caro que sería. [27] Sin embargo,

el proyecto del Sena en París demostró que, con una intervención urgente, se puede alcanzar en poco tiempo niveles seguros de calidad de agua.

Al integrar lo mejor de cada caso de estudio, la propuesta de recuperación del Río de la Piedad configura:

- **Soluciones ambientales mixtas**, que combinan ingeniería de tratamiento (PTAR-SBR) con humedales modulares y regulación pasiva de gastos, adaptadas a un entorno urbano denso.
- **Un esquema de gobernanza robusto**, basado en un organismo interinstitucional y un fondo de mantenimiento a largo plazo, con participación ciudadana continua y mecanismos ágiles de rendición de cuentas.
- **Un impacto social transformador**, mediante corredores urbanos multifuncionales que promueven la movilidad sustentable y la educación ambiental, asegurando un legado de bienestar colectivo.

Este enfoque posiciona al proyecto de Piedad como un referente de sostenibilidad urbana, alineando objetivos de restauración ecológica, cohesión social y gobernanza innovadora en el corazón de la Ciudad de México.

Respecto a la parte política, hay que reconocer que estos programas son largos y no podrán completarse en una sola administración. Durante años, el coordinar acciones ha sido difícil debido a las diferencias ideológicas de los tomadores de decisiones pues estos han sido de diversos partidos, a principios de los 2000, el gobierno federal se encontraba en manos de Acción Nacional, el gobierno de la ciudad corría a cargo del Partido de la Revolución Democrática, y los espacios en los gobiernos de las delegaciones, ahora alcaldías, así como el congreso local, Asamblea Legislativa del Distrito Federal en esos años, repartidos entre las distintas fuerzas políticas que habitan nuestra urbe, sin embargo, la consolidación del proyecto de Izquierda, no solo en la ciudad, sino en el país, en la actualidad ofrece una oportunidad única para ejecutar estas acciones coordinadas en los tres niveles de gobierno.

Asimismo, será indispensable no perder de vista el rol de la Iniciativa Privada, no se les puede excluir de estos proyectos pero tampoco se les debe dejar actuar sin limitaciones, sobre todo en una zona densamente urbana, donde hay intereses inmobiliarios, estos proyectos vistos originalmente con una lógica del espacio público y comunitario pueden terminar convirtiéndose en puntales de gentrificación. Es indispensable que la autoridad garantice el acceso a toda la población, y sobre todo el acceso a actividades. De lo contrario ocurren cosas como en Santa Lucía, Monterrey, donde se llenó únicamente de actividades

comerciales para gente de alto poder adquisitivo, marginando el acceso a otras poblaciones.

Igualmente será importante no olvidarse de las comunidades una vez terminado el proceso de planeación, serán de suma importancia también una vez que el proyecto esté en marcha como usuarios y también como colaboradores, a través de mecanismos que permitan la recepción y sobre todo atención de solicitudes y demandas sobre el estado de la infraestructura construida.

Estas acciones resultaran muy complejas sin contar con la información adecuada. La investigación realizada ha resaltado la carencia de acceso a datos sobre la infraestructura pública, lo cual puede atribuirse tanto a la opacidad institucional como a la mera ausencia de dichos registros. Por ello, es imperativo impulsar a las autoridades para que, en caso de que la información exista, la hagan pública; de lo contrario, será necesario promover una campaña destinada a la medición y dimensionamiento de los proyectos públicos ya implementados.

A final de cuentas esta solo es una propuesta inicial perfectible, será necesaria de manera imperativa la participación ciudadana, para esto será necesario cambiar el paradigma de que la infraestructura se dicta de arriba hacia abajo. Incluyendo a las comunidades en la construcción de los proyectos.

Es fundamental destacar que este proyecto constituye únicamente una parte menor del extenso trabajo pendiente en la Ciudad. Se requiere adoptar una visión integral de cuenca, ya que solo mediante una remediación completa del área se podrán abordar de manera efectiva los problemas hídricos del Valle de México. En este sentido, los pasos a seguir deben incluir estudios de viabilidad económica y técnica con mayor profundidad para consolidar estas visiones como una parte viable de la solución a la situación de la cuenca.

Referencias

- 1) De Carmona, M. S. (2012). Trazos urbanos en la ciudad de México. *Villes En Parallèle*, 45(1), 150-173. <https://doi.org/10.3406/vilpa.2012.1492>
- 2) colaboradores de Wikipedia. (2024, December 16). *Viaducto Miguel Alemán*. Wikipedia, La Enciclopedia Libre. https://es.wikipedia.org/wiki/Viaducto_Miguel_Alem%C3%A1n
- 3) Legorreta, J. (2006). *El agua y la ciudad de México : de Tenochtitlán a la megalópolis del siglo XXI*. <https://hdl.handle.net/11191/5077>
- 4) Rivera Navarrete, Francisco Javier (2021). Plan maestro de planeación física para la cuenca del río Magdalena: Alcaldía Magdalena Contreras, Ciudad de México. Facultad de Arquitectura, UNAM. Recuperado de <https://repositorio.unam.mx/contenidos/3695727>
- 5) Castañeda Pavía, M. V. (2020). *Evaluación ambiental y perspectivas locales de los manantiales de la cuenca del Río Magdalena, Ciudad de México, México* [Tesis para obtener el título de Bióloga]. UNAM, Facultad de Ciencias.
- 6) Navarrete Alfonso, A. (2019). *ANÁLISIS ESPACIAL y VALORACIÓN ECONÓMICA DE TRES SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE LA CUENCA DEL RÍO MAGDALENA, CIUDAD DE MÉXICO, SUJETOS a LOS EFECTOS DE LA EXPANSIÓN URBANA*. UNAM POSGRADO EN CIENCIAS DE LA SOSTENIBILIDAD.
- 7) Rivera Ramírez, K. I. (2033). *Efecto de las actividades humanas y políticas públicas en el socio-ecosistema de la microcuenca del Río Magdalena, Ciudad de México, México* [Tesis para obtener el título de Bióloga]. UNAM, Facultad de Ciencias.
- 8) Cuatro al Cubo. (2012). *Ecoducto Río de la Piedad*.

- 9) *Rio de la Piedad Taller 13*. (n.d.). Taller 13. <https://www.taller13.com/rio-de-la-piedad>
- 10) *Ecoducto: una alternativa para el manejo sustentable del agua*. (s. f.). ExpoCIHAC Hub. <https://www.expocihachub.com/nota/arquitectura/construccion-verde-ecoducto>
- 11) Castellanos, H. (2023, December 26). Parque lineal en Viaducto, abandonado; vecinos piden que se le dé mantenimiento. *Excélsior*. <https://www.excelsior.com.mx/comunidad/parque-lineal-en-viaducto-abandonado-vecinos-piden-que-se-le-de-mantenimiento/1627047>
- 12) Cho, M. (2010). The politics of urban nature restoration: The case of Cheonggyecheon restoration in Seoul, Korea. *International Development Planning Review*, 32(2), 145-165. <https://doi.org/10.3828/idpr.2010.05>
- 13) : Kim H, Jung Y, Is Cheonggyecheon Sustainable? A Systematic Literature Review of a Stream Restoration in Seoul, South Korea, *Sustainable Cities and Society* (2018), <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.11.018>
- 14) Martín-Vide, J. (2015). Restauración del río Besòs en Barcelona. Historia y lecciones. *Ribagua*, 2(1), 51-60. <https://doi.org/10.1016/j.riba.2015.07.001>
- 15) Liu, S., Lai, S., Liu, C., & Jiang, L. (2021). What influenced the vitality of the waterfront open space? A case study of Huangpu River in Shanghai, China. *Cities*, 114, 103197. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2021.103197>
- 16) Saenz, I. S. (2018). Comunidades epistémicas en la solución de problemas ambientales. Tendencias en la recuperación de ríos urbanos. *Espiral Estudios Sobre Estado y Sociedad*, 25(71), 115-154. <https://doi.org/10.32870/espiral.v25i71.6106>

- 17) Saenz, I. Z., Hiriart, M. M., & Leñero, L. A. (2018). Sistema de indicadores para la recuperación de ríos urbanos. El caso del río Magdalena, Ciudad de México. *Acta Universitaria*, 27(6), 53-65. <https://doi.org/10.15174/au.2017.1520>
- 18) Perona Alonso, M. (2017). *Integración de los servicios ecosistémicos en la planificación urbana: los ríos urbanos*. Departamento de Urbanística y Ordenación del Territorio de la Escuela Superior de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid. <https://scispace.com/pdf/integracion-de-los-servicios-ecosistemas-en-la-planificacion-urbana-los-rios-urbanos.pdf>
- 19) Sistema de Aguas de la Ciudad de México. (2012). *Programa de Gestión Integral de los Recursos Hídricos, Visión 20 años*. https://www.agua.unam.mx/sacmex/assets/docs/PGIRH_Final.pdf
- 20) *La gran inundación de 1629*. (2019, December 2). Arqueología Mexicana. <https://arqueologiamexicana.mx/mexico-antiguo/la-gran-inundacion-de-1629>
- 21) TORRES BERNARDINO, L. (2017, febrero). *La gestión del agua potable en la Ciudad de México. Los retos hídricos de la CDMX: gobernanza y sustentabilidad*. Instituto Nacional de Administración Pública. <http://aldf.gob.mx/archivo-027a57875ea54db65fb86646226b9611.pdf>
- 22) Zainos, D. (2024) '¿Quién es José Mario Esparza, el titular de la nueva Secretaría de Agua en CdMx?', *Grupo Milenio*, 19 August. <https://www.milenio.com/politica/quien-es-jose-mario-esparza-secretario-de-agua-cdmx>.
- 23) Pérez Limas, D. A. (2018). "Ciudad desarticulada : el espacio público como medio de integración social en Viaducto Río de la Piedad". (Tesis de Licenciatura).

- Universidad Nacional Autónoma de México, México. Recuperado de <https://repositorio.unam.mx/contenidos/353925>.
- 24) Oliva Iruretagoyena, P. H. (2018). "Ciudad desarticulada : Viaducto Río de la Piedad, la articulación mediante la humanización de la ciudad". (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México, México. Recuperado de <https://repositorio.unam.mx/contenidos/128542>.
- 25) TORRES BERNARDINO, L. (2017, febrero). *La gestión del agua potable en la Ciudad de México. Los retos hídricos de la CDMX: gobernanza y sustentabilidad*. Instituto Nacional de Administración Pública. <http://aldf.gob.mx/archivo-027a57875ea54db65fb86646226b9611.pdf>
- 26) Almeida-Leñero, L., Nava, M., Ramos, A., Espinosa, M., De Jesús Ordóñez, M., & Jujnovsky, J. (2007). Servicios ecosistémicos en la cuenca del río Magdalena, Distrito Federal, México. *Gaceta Ecológica*, 84, 53-64. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2873783.pdf>
- 27) Paris, V. W. /. (2023, March 13). Inside the Billion-Dollar effort to clean up the world's most romantic river. *TIME*. <https://time.com/6261729/seine-clean-up-paris-olympics-2024/>
- 28) Alarcón, I. L. (2024, July 19). ¿Cuánto costó limpiar el río Sena para los Juegos Olímpicos 2024?: por primera vez en años sería “seguro” para nadar. *El Tiempo*. <https://www.eltiempo.com/mundo/europa/cuanto-costó-limpiar-el-rio-sena-para-los-juegos-olimpicos-2024-gran-inversion-de-la-alcaldia-de-francia-3363461>
- 29) Meaker, M. (2024, July 17). La alcaldesa de París nada en el Sena para demostrar que está limpio antes de los Juegos Olímpicos. *WIRED*.

<https://es.wired.com/articulos/alcaldesa-de-paris-nada-en-el-sena-para-demostrar-que-esta-limpio-juegos-olimpicos>

- 30) Kuta, S. (2024, August 2). Olympians finally got to swim in the Seine River. *Smithsonian Magazine*. <https://www.smithsonianmag.com/smart-news/its-official-olympians-swim-in-the-seine-river-180984821/>
- 31) colaboradores de Wikipedia. (2024, November 8). *Río Sena*. Wikipedia, La Enciclopedia Libre. https://es.wikipedia.org/wiki/R%C3%ADo_Sena
- 32) Gehl, J. (2006). *La humanización del espacio urbano: La vida social entre los edificios*. Reverte.
- 33) *Tratamiento secundario de aguas residuales SBR | Aqualep*. (2022, April 27). AQUALEP. <https://www.aqualep.com/ptar-tratamiento-secundario-sbr/>
- 34) *Nostalgia Urbana: sobre la llegada del Viaducto a la ciudad*. (2024, August 6). MXC | Elevating Mexican Culture. <https://mxc.com.mx/2017/01/17/nostalgia-urbana-sobre-la-llegada-del-viaducto-a-la-ciudad/>
- 35) Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. (1997). *NOM-003-ECOL-1997: Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reusen en servicios al público*. Diario Oficial de la Federación
- 36) *El río Besós: de la degradación ambiental a la recuperación y la importancia de la prevención de riesgos ambientales*. (n.d.). RETEMA. <https://www.retema.es/actualidad/el-rio-besos-de-la-degradacion-ambiental-la-recuperacion-y-la-importancia-de-la>
- 37) colaboradores de Wikipedia. (2025, April 28). *Besós*. Wikipedia, La Enciclopedia Libre. <https://es.wikipedia.org/wiki/Bes%C3%B3s>

- 38) Ciudad de México. Asamblea Constituyente. (2017). *Constitución Política de la Ciudad de México*.
https://www.scjn.gob.mx/sites/default/files/justicia_constitucional_local/documento/2020-01/118922.pdf
- 39) Instituto de Planeación Democrática y Prospectiva. (n.d.). *Acerca de*. IPDP.
<https://ipdp.cdmx.gob.mx/dependencia/acerca-de>
- 40) Espinoza, E., Espinoza, E., & Espinoza, E. (2023, May 30). Ríos que dan vida: las ciudades latinoamericanas que se transforman en torno al agua. *El País América*.
<https://elpais.com/america-futura/2023-05-30/rios-que-dan-vida-las-ciudades-latinoamericanas-que-se-transforman-en-torno-al-agua.html>
- 41) Nuevo, D., & Nuevo, D. (2024, May 16). *Reactor biologico secuencial (SBR) | Formación de ingenieros*. Formación De Ingenieros. <https://www.tecpa.es/reactor-biologico-secuencial-sbr/>
- 42) Ramírez Chavéz, B. (2021). *La fundación de Tenochtitlan* [Electrónico]. Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas.
<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/644703/libro-la-fundacion-de-tenochtitlan-inpi.pdf>
- 43) Oab. (2023, December 19). Precipitación Anual » Observatorio Ambiental de Bogotá. *Observatorio Ambiental De Bogotá*.
<https://oab.ambientebogota.gov.co/precipitacion-anual/>