

LIMA PROYECTOS SAS

CONTRATO No. 6799143 de 2024

PRESTAR EL SERVICIO DE CONSULTORÍA TÉCNICA PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE COSECHA DE AGUA (APROVECHAMIENTO DE AGUA LLUVIA Y AGUA ATMOSFÉRICA), PARA LA SECRETARÍA DISTRITAL DE SALUD Y SUS SEDES EN CUSTODIA.

FASE III. INFORME FINAL

FONDO FINANCIERO DISTRITAL DE SALUD

SUPERVISOR: ING. ÁNGELA MARÍA BERNAL SÁNCHEZ

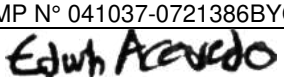
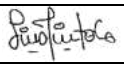
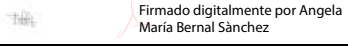
CONSULTOR: LIMA PROYECTO S.A.S

BOGOTÁ, ABRIL 2025

Control de versiones

VERSIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN/MODIFICACIÓN	FOLIOS
0	25-04-2025	Emisión Inicial	
1	26-042025	Ajuste en objetivos	10

Revisión y aprobación

N° VERSIÓN		01
RESPONSABLE ELABORACIÓN (PROFESIONAL AMBIENTAL)	NOMBRE	ING. LAURA CHAPARRO MP N° 15238-335710BYC
	FIRMA	
RESPONSABLE ELABORACIÓN (INGENIERO CIVIL)	NOMBRE	ING. EDWIN ACEVEDO MP N° 041037-0721386BYC
	FIRMA	
RESPONSABLE ELABORACIÓN (INGENIERO CIVIL)	NOMBRE	ING. ANDRES FELIPE CALLEJAS MP N° BYC
	FIRMA	
RESPONSABLE REVISIÓN DIRECCIÓN DE CONSULTORÍA	NOMBRE	ING. LINA MARCELA LIZARAZO MP N° 25202-105662CND
	FIRMA	
APROBACIÓN SUPERVISIÓN ENTIDAD CONTRATANTE	NOMBRE	ING. ÁNGELA MARÍA BERNAL SÁNCHEZ
	FIRMA	 Firmado digitalmente por Angela María Bernal Sànchez
	NOMBRE	ING. DIEGO FERNANDO TRUJILLO GONZALEZ
	FIRMA	 Firmado digitalmente por diego trujillo Fecha: 2025.05.30 15:29:06 -05'00'
	NOMBRE	ING. LINA ROCIO AGUILAR
	FIRMA	 Firmado digitalmente por Lina Rocio Aguilar Arévalo Fecha: 2025.05.30 15:29:30 -05'00'
	NOMBRE	ING. JORGE EDY LOAIZA
	FIRMA	 Firmado digitalmente por Jorge Edy Loaiza Cala
	NOMBRE	ARQ. LAURA HERRERA
	FIRMA	 Firmado digitalmente por Laura Victoria Herrera
	NOMBRE	ING. WAINERS FABIAN PARRA PAEZ
	FIRMA	 Firmado digitalmente por FABIAN PARRA
	NOMBRE	ING. CARLOS GALEANO
	FIRMA	 Firmado digitalmente por CARLOS GALEANO Fecha: 2025.05.30 15:29:44 -05'00'
	FECHA	ABRIL 2025

CONTENIDO

Pág.
1 MARCO JURÍDICO 11
2 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN 13
2.1 Fase 1: levantamiento de información técnica 13
2.2 Fase 2: diseño y modelación de alternativas 13
2.3 Fase 3: evaluación ambiental y análisis financiero 14
3 RESUMEN TÉCNICO AMBIENTAL DE FASE I 15
3.1 Localización y entorno urbano 15
3.2 Sistema hídrico 16
3.3 Condiciones climáticas 16
3.4 Oferta hídrica estimada 17
3.5 Diagnóstico de infraestructura existente 17
3.6 Demanda de agua y abastecimiento 18
3.7 Conclusión técnica de la Fase I 19
4 ANÁLISIS COMPARATIVO 20
4.1 DESCRIPCIÓN RESUMIDA DE LAS ALTERNATIVAS 20
4.2 COMPARATIVA TÉCNICA Y OPERATIVA 20
4.3 ANALISIS FINANCIERO DE LAS ALTERNATIVAS 21
4.4 COMPARATIVA DE IMPACTO AMBIENTAL, RIESGOS Y SEGURIDAD 24
4.5 MATRIZ COMPARATIVA 25
5 SÍNTESIS COMPARATIVA GENERAL 26
5.1 RESUMEN DE RESULTADOS 26
5.2 DISCUSIÓN DE FORTALEZAS Y DEBILIDADES 27
5.3 RECOMENDACIONES PRELIMINARES 27
6 CONCLUSIONES 29
7 RECOMENDACIONES 31

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1 Comparativa impacto ambiental.....24
Tabla 2 Matriz Comparativa.....25
Tabla 3 Comparación alternativa 1 y 2 27

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Ilustración 1 Casa Amarilla 15
Ilustración 2 Espacios disponibles en Casa Amarilla 18
Ilustración 3 Análisis costo-beneficio alternativa 1 22
Ilustración 4 Análisis costo-beneficio alternativa 2 23

RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento corresponde a la Fase III del contrato No. 6799143 de 2024, cuyo propósito es evaluar comparativamente dos alternativas técnicas para la captación, almacenamiento, tratamiento y uso de agua lluvia en la sede ID No. 3 – Casa Amarilla, ubicada en la localidad de Puente Aranda en Bogotá D.C. Este análisis tiene en cuenta criterios técnicos, financieros, ambientales y operativos, con el fin de recomendar la alternativa más viable y sostenible para esta sede institucional.

Las dos alternativas formuladas se enfocan en el aprovechamiento del recurso hídrico proveniente de la precipitación. La Alternativa 1 contempla un sistema de tratamiento completo con fines potables, utilizando lechos filtrantes, cloración y potabilizadores para garantizar la calidad del agua. La Alternativa 2, por su parte, propone un sistema de captación con filtros para sólidos, orientado exclusivamente al uso no potable (inodoros y labores de aseo).

Ambas soluciones se desarrollan sobre la base de un tanque de almacenamiento con tres compartimientos, que permiten separar las etapas de filtración, almacenamiento y tratamiento o distribución. Las alternativas fueron diseñadas para adaptarse a la infraestructura existente de la sede, con intervenciones puntuales y compatibles con la arquitectura actual.

Desde el punto de vista técnico, ambas alternativas son viables hidráulicamente. La Alternativa 1 implica una mayor complejidad operativa y exigencias sanitarias, mientras que la Alternativa 2 resulta más simple de operar y mantener. En términos financieros, ninguna de las dos representa una rentabilidad directa significativa, pero ambas contribuyen a los objetivos institucionales de sostenibilidad, reducción del consumo de agua potable y fortalecimiento de la resiliencia hídrica.

Este informe presenta una comparación detallada de las dos propuestas, incluyendo análisis técnico-operativo, financiero, ambiental y de riesgos, con el fin de apoyar la toma de decisiones para la implementación del sistema más adecuado en la Sede Casa Amarilla.

INTRODUCCIÓN

En el marco del contrato No. 6799143 de 2024, se desarrolló la Fase II del proyecto de consultoría técnica para el diseño de sistemas de cosecha de agua lluvia en la Sede ID No. 3 – Casa Amarilla, con el objetivo de evaluar la factibilidad de soluciones sostenibles para el aprovechamiento de fuentes hídricas alternativas dentro de predios institucionales de la Secretaría Distrital de Salud.

Como resultado de dicha fase, se formularon dos alternativas técnicamente viables: la primera, enfocada en el tratamiento completo del agua lluvia para su uso como recurso potable; y la segunda, dirigida al uso no potable del agua recolectada, específicamente para descargas sanitarias y limpieza. Ambas alternativas fueron evaluadas en términos de compatibilidad con la infraestructura existente, potencial hídrico, y condiciones normativas y sanitarias.

El presente informe corresponde a la Fase III del proyecto y tiene como propósito comparar ambas alternativas desde un enfoque integral, que considere no solo la viabilidad técnica, sino también el análisis financiero, ambiental y operativo de cada propuesta. Esta etapa busca identificar la solución más adecuada para su implementación, teniendo en cuenta la sostenibilidad a largo plazo, la eficiencia en la gestión del recurso hídrico y la capacidad de operación de la sede.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar y comparar la viabilidad técnica, ambiental y financiera de dos alternativas de captación, tratamiento y aprovechamiento de aguas lluvia, diseñadas para la sede ID No. 3 (Casa Amarilla), con el fin de determinar cuál representa la opción más adecuada para su implementación en el contexto urbano de la zona.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar las condiciones técnicas y operativas de ambas alternativas, considerando el diseño hidráulico, los puntos de consumo previstos y la funcionalidad del sistema bajo condiciones reales de uso.
- Comparar los costos de implementación, operación y mantenimiento asociados a cada alternativa, evaluando su sostenibilidad financiera a corto y largo plazo.
- Identificar los impactos ambientales, sanitarios y de seguridad ocupacional asociados a cada opción, con base en matrices de evaluación de impactos y criterios de riesgo.
- Determinar cuál de las alternativas ofrece mayor eficiencia y adaptabilidad al entorno urbano, según criterios normativos, técnicos y de gestión comunitaria.

1 MARCO JURÍDICO

El aprovechamiento de aguas lluvias en Colombia no cuenta con una regulación única y específica, sin embargo, se enmarca dentro de un conjunto normativo general que regula el uso, manejo y control de los recursos hídricos, así como la protección de la salud pública y el ambiente. La implementación de sistemas de captación de agua lluvia debe cumplir con estos lineamientos para garantizar su legalidad, viabilidad técnica y sostenibilidad.

El Decreto 1076 de 2015 – Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible – establece que el agua lluvia es un bien de uso público y puede ser utilizada dentro de un predio sin necesidad de concesión, siempre que dicho uso no afecte a terceros. En su artículo 2.2.3.2.2.2 señala que el uso del agua lluvia no requiere permiso de uso si es captada, almacenada y utilizada exclusivamente dentro del mismo predio.

Por su parte, la Ley 99 de 1993, que crea el Ministerio de Ambiente y desarrolla los principios generales de la política ambiental, reconoce el uso sostenible del agua como un derecho y deber colectivo. Esta ley promueve la conservación, restauración y uso racional de los recursos naturales, principios que respaldan proyectos como el aquí evaluado.

En relación con la calidad del agua, la Resolución 2115 de 2007 del Ministerio de Salud establece los requisitos que debe cumplir el agua destinada al consumo humano, por lo que es de cumplimiento obligatorio en sistemas como el de la Alternativa 1, que contempla el uso potable del recurso. Dicha resolución define parámetros físico-químicos y microbiológicos, así como obligaciones relacionadas con la operación, mantenimiento y vigilancia de los sistemas de tratamiento.

Adicionalmente, para proyectos de infraestructura hidráulica que generen posibles descargas al medio ambiente, se debe considerar lo dispuesto en la Resolución 0631 de 2015, que fija los parámetros para vertimientos al sistema pluvial o cuerpos de agua, y en la Resolución 0627 de 2006, sobre contaminantes atmosféricos y ruidos, aplicable durante la etapa de instalación si se usan equipos eléctricos o maquinaria que genere emisiones.

En cuanto a seguridad y salud en el trabajo, las disposiciones del Decreto 1072 de 2015 establecen la obligatoriedad del Sistema de Gestión en Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), que debe aplicarse durante la fase de instalación y mantenimiento del sistema.

A nivel técnico, el diseño hidráulico fue realizado conforme a los lineamientos de la NTC 1500 – Código Colombiano de Fontanería y del RAS 2000 – Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, particularmente en lo relacionado con el manejo de aguas lluvias para usos potables y no potables.

Finalmente, el proyecto se apoya en los Lineamientos Técnicos para la Gestión del Agua Lluvia emitidos por el Ministerio de Ambiente en 2022, que promueven la implementación de sistemas de captación urbana como medida para enfrentar el cambio climático, mejorar la eficiencia hídrica institucional y reducir la presión sobre las fuentes de abastecimiento convencionales.

Este marco jurídico respalda la implementación de cualquiera de las dos alternativas propuestas, siempre que se cumplan los requisitos normativos correspondientes a su tipo de uso (potable o no potable), así como las disposiciones técnicas, ambientales y sanitarias vigentes.

2 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

Para el desarrollo del presente análisis comparativo correspondiente a la Fase III del proyecto en la sede ID No. 3 – Casa Amarilla, se aplicó una metodología integral que considera aspectos técnicos, operativos, ambientales y financieros, con el objetivo de establecer cuál de las dos alternativas de captación de agua lluvia resulta más viable, eficiente y sostenible.

La metodología se estructuró en tres fases principales, que abarcan desde el levantamiento de información en campo hasta el análisis de impacto y costo-beneficio proyectado.

2.1 Fase 1: levantamiento de información técnica

Durante esta etapa se consolidó la información recolectada en campo sobre las condiciones físicas de la sede, incluyendo la topografía de la cubierta, las condiciones estructurales, la ubicación de bajantes pluviales, y el estado de las redes hidrosanitarias existentes. También se recopilaron datos climáticos históricos, especialmente los relacionados con la precipitación (curvas IDF de la estación Puente Aranda), necesarios para estimar la oferta hídrica potencial.

Asimismo, se revisaron los patrones de consumo de agua en la sede, enfocándose en los usos institucionales no potables como sanitarios, limpieza y mantenimiento. Esta información permitió estimar la demanda esperada y determinar los volúmenes de almacenamiento necesarios para cada alternativa.

2.2 Fase 2: diseño y modelación de alternativas

En esta etapa se formularon dos alternativas de diseño con base en la información técnica recopilada:

- La Alternativa 1 contempla un sistema completo de tratamiento para uso potable, con filtración avanzada mediante lechos filtrantes, cloración, posterior integración a una red hidráulica exclusiva y finalizando con potabilizadores en los puntos de consumo potable (lavamanos).

- La Alternativa 2 propone un sistema de tratamiento básico para uso no potable (inodoros y aseo), utilizando únicamente filtros para sólidos y un sistema de cloración sencilla para mantener la calidad del recurso durante su almacenamiento.

Ambas alternativas comparten la misma lógica de recolección: captación desde cubierta, conducción a través de bajante modificada, paso por sistema de filtrado, almacenamiento en un tanque dividido en tres secciones y posterior distribución mediante bomba. Los modelos hidráulicos fueron simulados en el software EPANET, evaluando presiones, velocidades y pérdidas de carga, con el fin de validar la operatividad de cada sistema.

2.3 Fase 3: evaluación ambiental y análisis financiero

Para evaluar los impactos ambientales de cada alternativa se utilizó la Matriz de Leopold, adaptada a proyectos de infraestructura urbana. Esta herramienta permitió valorar tanto impactos positivos como negativos, considerando aspectos como generación de residuos, uso de productos químicos, alteración de espacios interiores y mejora en la eficiencia hídrica institucional.

Desde el punto de vista financiero, se estimaron los costos de inversión, operación y mantenimiento para cada alternativa, con base en análisis de precios unitarios, cronogramas de ejecución y necesidades técnicas proyectadas. A partir de esta información se realizó un análisis de rentabilidad utilizando indicadores como el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y la Relación Beneficio-Costo (B/C), para determinar el equilibrio económico y social de cada propuesta.

Este enfoque metodológico permitió una comparación objetiva de las dos alternativas propuestas, considerando no solo la factibilidad técnica, sino también los impactos operativos, ambientales, normativos y económicos, en línea con los principios de sostenibilidad institucional.

3 RESUMEN TÉCNICO AMBIENTAL DE FASE I

En el marco del desarrollo de la Fase I del proyecto de consultoría técnica (Contrato No. 6799143 de 2024), se llevó a cabo un análisis detallado de las condiciones físicas, climáticas, hidrológicas y de infraestructura de la sede ID No. 3 – Casa Amarilla, ubicada en el centro de Bogotá D.C., dentro de un entorno urbano consolidado. Este análisis sirvió como base para la formulación de alternativas sostenibles de captación y aprovechamiento de agua lluvia con fines institucionales.

3.1 Localización y entorno urbano

La sede ID No. 3 se localiza en la Unidad de Planeamiento Local (UPL) No. 15 Puente Aranda, con ingreso por la Calle 13 N 13-96. Limita con restaurantes, zonas de abastecimiento de combustible, etc. Su uso del suelo es institucional, en conformidad con el Plan de Ordenamiento Territorial vigente. La sede es un solo edificio. El entorno inmediato está dotado de redes básicas, pero presenta presiones sobre los recursos hídricos por el flujo de colaboradores y visitantes. El predio cuenta con red de acueducto y alcantarillado, así como sistemas de recolección de aguas lluvias conectados a la red pluvial de la ciudad.

Ilustración 1 Casa Amarilla



Fuente: Elaboración propia

3.2 Sistema hídrico

La sede se encuentra dentro de la cuenca hidrográfica del río Fucha, uno de los principales afluentes urbanos de la ciudad de Bogotá. La fuente hídrica superficial más cercana es el canal Comuneros, ubicado aproximadamente a 1 km al norte del predio. Este canal forma parte del sistema de drenaje pluvial de la ciudad y cumple una función clave en la conducción de aguas lluvias provenientes de diferentes sectores de la localidad. La red de drenaje del área corresponde a un sistema pluvial urbano de tipo separado, es decir, las aguas lluvias y las aguas residuales domésticas e industriales son conducidas por redes independientes. Estas redes se conectan a canales artificiales que transportan las aguas hacia cuerpos receptores mayores, como el mismo río Fucha.

Aunque no existen cuerpos de agua naturales inmediatos dentro del predio, el entorno urbano cuenta con infraestructura hidráulica consolidada, como colectores, sumideros y canales revestidos, que permiten un manejo eficiente de las escorrentías superficiales y de las aguas servidas, minimizando el riesgo de inundaciones locales. Esta infraestructura también contribuye al control de la calidad del agua y a la reducción de impactos ambientales sobre el sistema hídrico mayor. Por lo que es pertinente la integración de estrategias de drenaje sostenible y manejo de aguas lluvias, especialmente ante escenarios de variabilidad climática y aumento de eventos extremos.

3.3 Condiciones climáticas

La caracterización climática se basó en registros históricos de las estaciones Puente Aranda con datos entre 2009 y 2024. Se evidenció un régimen de precipitación bimodal, con máximos en abril-mayo y octubre-noviembre. La precipitación promedio en épocas de lluvia es de 116,95 mm/mes. La temperatura promedio anual es de 14 °C, con humedad relativa media superior al 70 % y velocidad de viento moderada, adecuada para procesos de ventilación natural. Estas condiciones respaldan la viabilidad de un sistema de cosecha de agua lluvia, especialmente durante las temporadas húmedas. Además, el patrón climático estable y la presencia de infraestructura urbana favorecen la implementación de sistemas de recolección, almacenamiento y uso no potable del recurso, como riego de materas

o limpieza general, lo cual puede contribuir significativamente a la eficiencia hídrica y a la reducción del consumo de agua potable en la sede.

3.4 Oferta hídrica estimada

Con base en la información técnica levantada en la sede ID No. 3 – Casa Amarilla, se estimó un área efectiva de recolección de agua lluvia de 212,96 m², correspondiente a las cubiertas impermeables disponibles. Aplicando un coeficiente de escorrentía de 0,9 y considerando una precipitación promedio mensual en temporada de lluvias de 116,95 mm, se calculó una oferta hídrica estimada de aproximadamente 22,4 m³ por mes. Aunque esta cantidad no cubre la demanda total de la sede, resulta suficiente para complementar el abastecimiento institucional, contribuyendo a la reducción del consumo de agua de la red pública, al fortalecimiento de la eficiencia hídrica y a la mejora de la resiliencia frente a variaciones en el suministro convencional.

3.5 Diagnóstico de infraestructura existente

Durante la inspección técnica se identificó que todos los edificios cuentan con bajantes pluviales en PVC en buen estado, pero sin ningún sistema de almacenamiento o reutilización. El agua captada se vierte directamente al sistema de drenaje urbano. La sede no dispone de tanques ni filtros para captación de lluvia, ni de un sistema hidráulico que permita aprovechar este recurso. No obstante, se verificó la existencia de espacios adecuados para instalar sistemas de almacenamiento subterráneo y componentes de tratamiento.

Adicionalmente, se evidenció que la infraestructura hidráulica interna, aunque funcional, cuenta con tubería de varios años de antigüedad, lo que facilita la realización de modificaciones sin comprometer la estructura existente, siempre que se apliquen procedimientos técnicos apropiados. Se definió la ubicación del tanque de almacenamiento como subterránea, dado que en la zona seleccionada se encuentra el archivo institucional. Instalar un tanque expuesto en esta área representaría un riesgo para la integridad de la documentación, debido a posibles filtraciones o humedad. La alternativa subterránea no solo protege los recursos documentales, sino que también optimiza el uso del espacio y mejora la seguridad operativa del sistema de recolección de aguas lluvias.

Ilustración 2 Espacios disponibles en Casa Amarilla



Fuente: Elaboración propia

3.6 Demanda de agua y abastecimiento

La sede ID No. 3 – Casa Amarilla cuenta con un promedio mensual de 604 colaboradores, distribuidos entre las áreas de EGAT (Entidad de Gestión Administrativa y Técnica), 4/72 (Servicios Postales Nacionales SAS), SDS y zonas de cocina. Aunque el centro no atiende público externo, esta cantidad de personal genera una demanda significativa de agua en actividades cotidianas relacionadas con el uso de sanitarios, lavamanos, cocinetas y limpieza de instalaciones. El consumo mensual promedio de agua, según registros institucionales, es de aproximadamente 615 m^3, lo cual representa una carga operativa considerable para

el sistema de abastecimiento. Si bien la cantidad de agua lluvia que se puede captar no cubre esta demanda, el sistema propuesto puede servir como fuente complementaria para reducir el uso de agua potable de red, especialmente si se asegura la calidad mediante tratamiento adecuado para uso potable.

3.7 Conclusión técnica de la Fase I

El análisis realizado en la Fase I demuestra que la sede ID No. 3 – Casa Amarilla cuenta con condiciones técnicas y operativas favorables para implementar un sistema de captación y aprovechamiento de agua lluvia con fines potables. Si bien el área efectiva de recolección es de 212,96 m^2, lo que permite captar alrededor de 22,4 m^3 de agua al mes, esta cantidad puede utilizarse estratégicamente para reducir el consumo de agua potable de la red en usos de bajo riesgo sanitario, o complementarse con tratamiento para usos más exigentes.

El alto número de 604 colaboradores en la sede genera una demanda considerable de agua (615 m^3/mes), por lo que el sistema propuesto no busca suplir la totalidad del consumo, sino integrarse como un recurso alternativo que mejore la eficiencia hídrica y fortalezca la sostenibilidad institucional. La infraestructura existente permite adecuaciones sin comprometer la estructura del edificio, y existe un espacio subterráneo idóneo para ubicar el tanque, minimizando el riesgo sobre el archivo documental. En conjunto, estos factores justifican el desarrollo de una alternativa de aprovechamiento de agua lluvia con tratamiento, en línea con los principios de sostenibilidad y gestión eficiente de los recursos hídricos.

4 ANÁLISIS COMPARATIVO

4.1 DESCRIPCIÓN RESUMIDA DE LAS ALTERNATIVAS

En el marco del diseño técnico para la sede ID No. 3 – Casa Amarilla, se formularon dos alternativas de captación de agua lluvia, ambas orientadas al aprovechamiento de este recurso como fuente de abastecimiento complementario dentro de un entorno institucional urbano. A continuación, se describen sus principales características:

La Alternativa 1 contempla un sistema de captación de agua lluvia con tratamiento integral. El agua recolectada será sometida a un proceso de filtración inicial en el tanque de almacenamiento, y posteriormente pasará por potabilizadores en los lavamanos de los baños y en el lavaplatos de la cocineta. Esta alternativa no requiere modificaciones significativas en la red hidráulica existente, ya que se plantea una integración directa con el sistema actual de suministro proveniente del acueducto, permitiendo el uso complementario del recurso captado.

Por su parte, la Alternativa 2 también propone la recolección de aguas lluvias, pero sin aplicar tratamiento para su uso en consumo humano. En este caso, el agua será destinada exclusivamente a los sistemas sanitarios (inodoros) y limpieza, mediante la implementación de una red hidráulica adicional, independiente de la red de acueducto.

Ambas opciones fueron diseñadas con base en un análisis técnico de la oferta hídrica, el potencial de captación, y las condiciones constructivas de la sede.

4.2 COMPARATIVA TÉCNICA Y OPERATIVA

Comparando ambas propuestas, la Alternativa 1 plantea un sistema más completo, en el que el agua lluvia recolectada recibe tratamiento mediante filtración en el tanque de almacenamiento y filtros adicionales ubicados en puntos de consumo como baños y cocinetas. Esta alternativa tiene como ventaja el aprovechamiento de la red hidráulica existente, lo que reduce la necesidad de intervenciones mayores en la infraestructura. En contraste, la Alternativa 2 es más sencilla, ya que no

contempla tratamiento del agua y la destina exclusivamente al uso en inodoros. Sin embargo, esta opción requiere la instalación de una red de tuberías adicional para su distribución, lo que implica una mayor intervención técnica. Desde una perspectiva operativa y de implementación, la Alternativa 1 resulta más eficiente, ya que maximiza el uso del recurso captado con una intervención mínima en la infraestructura existente y ofrece mayor versatilidad funcional para diferentes usos internos.

Ambas alternativas fueron validadas hidráulicamente, cumpliendo con presiones en los puntos de descarga y velocidades de flujo dentro del rango aceptable para redes institucionales. Esto confirma que cualquiera de las dos soluciones es técnicamente viable para su implementación.

4.3 ANALISIS FINANCIERO DE LAS ALTERNATIVAS

La evaluación financiera realizada para las dos alternativas propuestas en la sede Casa Amarilla evidencia que, si bien ambas presentan indicadores financieros negativos bajo una perspectiva estrictamente económica, se diferencian significativamente en su alcance técnico, complejidad operativa y propósito estratégico.

La Alternativa 1 contempla la captación y potabilización de agua lluvia para su uso dentro de la red hidráulica interna de la sede, exigiendo una infraestructura integral que incluye sistema de recolección, tanque subterráneo dividido en compartimentos de filtración y almacenamiento, unidad de cloración, sistema de bombeo, red independiente de distribución y dispositivos de control. Esta solución busca suplir parte de la demanda hídrica institucional para usos como lavado de manos, utensilios y limpieza general. Bajo este enfoque, se obtuvo un costo descontado acumulado de $32.185,51 miles de pesos y un beneficio descontado acumulado de $8.146,88 miles de pesos. Con base en estos valores, los indicadores financieros fueron:

- Valor Actual Neto (VAN x1000): -$24.039
- Relación Beneficio-Costo (RBC): 0,25
- Tasa Interna de Retorno (TIR): -1,94%

Ilustración 3 Análisis costo-beneficio alternativa 1



Fuente: Elaboración propia

La Alternativa 2, en contraste, plantea una solución más sencilla basada únicamente en la captación, almacenamiento y distribución de agua lluvia para usos no potables como descargas en sanitarios, urinarios, lavaderos y llaves de aseo. Esta propuesta no requiere procesos de potabilización, lo que reduce costos operativos, facilita el mantenimiento y minimiza la intervención en la infraestructura existente. Sin embargo, al limitarse a cubrir consumos no esenciales, los beneficios monetarios asociados al ahorro en el uso de agua potable son también más reducidos. En este caso, el análisis financiero arrojó un costo descontado acumulado de $32.178,39 miles de pesos y un beneficio descontado acumulado de $8.347,06 miles de pesos, con los siguientes resultados:

- Valor Actual Neto (VAN x1000): -$23.831
- Relación Beneficio-Costo (RBC): 0,25
- Tasa Interna de Retorno (TIR): -1,97%

Ilustración 4 Análisis costo-beneficio alternativa 2



Fuente: Elaboración propia

Ambas alternativas resultan no rentables desde un enfoque financiero tradicional, dado que presentan VAN negativos, relaciones beneficio-costo inferiores a uno y tasas internas de retorno por debajo del umbral mínimo de rentabilidad. No obstante, es fundamental resaltar que estos proyectos no fueron concebidos con el objetivo principal de generar retorno financiero, sino de avanzar en estrategias institucionales de sostenibilidad, eficiencia en el uso del recurso hídrico y adaptación al cambio climático.

La Alternativa 1, pese a su mayor complejidad y costo, ofrece una solución integral que incrementa la autonomía operativa de la sede, permite disponer de una fuente alterna de agua tratada ante interrupciones del servicio y fortalece la seguridad hídrica institucional. Por su parte, la Alternativa 2 representa una intervención eficiente y replicable, que promueve el uso racional del agua potable sin modificar los estándares de calidad sanitaria, ni comprometer la operatividad del edificio.

De manera que, si bien los indicadores económicos no justifican por sí solos la implementación de estas alternativas, el valor estratégico de su adopción reside en su contribución al uso sostenible del recurso hídrico, a la reducción de la presión sobre el sistema público de acueducto, y al posicionamiento institucional como entidad comprometida con los principios de sostenibilidad ambiental y gestión

integral del agua. La decisión final deberá considerar estos factores cualitativos junto con la viabilidad técnica y

4.4 COMPARATIVA DE IMPACTO AMBIENTAL, RIESGOS Y SEGURIDAD

Ambas alternativas contemplan intervenciones sobre la infraestructura existente de la sede Casa Amarilla, sin embargo, difieren sustancialmente en su alcance, complejidad técnica y nivel de riesgo ambiental y ocupacional.

Tabla 1 Comparativa impacto ambiental

Criterio	Alternativa 1 (Potable)	Alternativa 2 (No potable)
Riesgos durante la ejecución	Moderados, con riesgo estructural por excavaciones, trabajo en espacios confinados y empalmes eléctricos.	Bajos, principalmente asociados a excavación, manejo de cloro y trabajo en altura.
Riesgos en operación	Alto control necesario: posibles fallas de bomba, contaminación cruzada, presión hidráulica inadecuada.	Menor exigencia: uso limitado a sanitarios, riesgo controlado mediante cloración básica.
Impacto ambiental	Mayor uso de energía por sistema de potabilización; generación de residuos filtrantes.	Menor consumo energético, impactos temporales como ruido o polvo; uso de PVC y cloro.
Beneficio ambiental	Reducción significativa del consumo de agua potable.	Reducción parcial de consumo potable; buen aprovechamiento pluvial.
Seguridad y Salud en el Trabajo (SST)	Alta exigencia en protocolos por uso de químicos, bombas, filtros y acceso a techos.	Protocolos simplificados pero efectivos: cloro, alturas, señalización, EPP.

Fuente: Elaboración propia

En resumen, la Alternativa 1 tiene mayor complejidad técnica, riesgo y exigencia operativa, pero ofrece un mayor impacto positivo en la reducción del consumo de agua potable. La Alternativa 2 resulta más sencilla, con menores riesgos y un impacto ambiental controlado.

4.5 MATRIZ COMPARATIVA

Tabla 2 Matriz Comparativa

Criterio	Alternativa 1 (Potable)	Alternativa 2 (No potable)
Uso del agua	Totalmente potable	No potable (sanitarios y aseo)
Tratamiento	Lechos filtrantes, potabilización completa	Filtro sólido + cloración básica
Costos de mantenimiento anual	$3.300.000 COP	$2.660.000 COP
Riesgos constructivos	Excavaciones, electricidad, confinamiento	Excavaciones menores, cloro, altura
Riesgos en operación	Alta complejidad, riesgo sanitario	Riesgos menores y acotados
Impacto ambiental negativo	Residuos de filtros, alto consumo energético	Uso de cloro, ruido y polvo menores
Impacto ambiental positivo	Alta reducción de agua potable	Reducción parcial de agua potable
Requiere mayor capacitación técnica	Sí	No
Sostenibilidad operativa	Requiere seguimiento técnico constante	Más autónoma y robusta

Fuente: Elaboración propia

5 SÍNTESIS COMPARATIVA GENERAL

5.1 RESUMEN DE RESULTADOS

En el análisis técnico, ambiental, operativo y financiero de las dos alternativas evaluadas, se obtuvieron los siguientes resultados clave:

- Alternativa 1 (Potable): Diseñada para integrar el agua lluvia al sistema de agua potable de la sede, incluye procesos de filtración, almacenamiento y potabilización en puntos de uso. Representa una solución de alto impacto en la reducción del consumo de agua potable, pero exige mayor complejidad constructiva, mantenimiento intensivo y control riguroso.

- Alternativa 2 (No potable): Enfocada en el aprovechamiento del agua lluvia para usos no potables (descargas de inodoros y aseo), requiere un sistema de filtración básico y cloración ligera. Su implementación es menos costosa y con menores riesgos operativos, presentando una alternativa funcional y sostenible a corto y mediano plazo.

Ambas alternativas demostraron ser técnicamente viables, sin afectaciones críticas a la infraestructura existente, y con impactos ambientales manejables durante la fase de construcción y operación.

Desde el punto de vista hidráulico, ambas alternativas cumplen con los requerimientos de presión y caudal, y pueden integrarse sin comprometer la estructura física del edificio. La disposición subterránea del tanque, en una zona libre de interferencias operativas y alejada del archivo institucional, refuerza la viabilidad del proyecto y minimiza los riesgos asociados a humedad o filtraciones.

Desde la perspectiva ambiental, ambas alternativas generan impactos positivos al contribuir con la conservación del agua, la gestión sostenible del recurso hídrico y la disminución de la presión sobre la red pública. Según la Matriz de Leopold aplicada, los impactos negativos identificados son de baja magnitud, puntuales y controlables, principalmente durante la etapa de instalación.

A nivel institucional, ambas propuestas fortalecen la imagen ambiental de la sede, promueven una cultura de sostenibilidad entre los funcionarios y ofrecen posibilidades de replicabilidad en otras sedes del distrito, en línea con los objetivos de gestión ambiental urbana.

5.2 DISCUSIÓN DE FORTALEZAS Y DEBILIDADES

Tabla 3 Comparación alternativa 1 y 2

Aspecto	Alternativa 1 (Potable)	Alternativa 2 (No potable)
Fortalezas	Alta reducción en consumo de agua potable. Mayor autosuficiencia hídrica. Compatible con normativas sanitarias si bien implementada.	Baja inversión inicial. Riesgos operativos controlados. Menor mantenimiento. Alta factibilidad operativa.
Debilidades	Mayor costo de implementación y mantenimiento. Mayor complejidad técnica. Riesgo de fallas en potabilización.	Menor impacto ambiental positivo. Dependencia parcial del sistema de acueducto. Requiere campañas de sensibilización sobre usos permitidos.
Oportunidades	Modelo replicable para otras sedes con alta demanda hídrica.	Posibilidad de escalamiento progresivo. Reducción inmediata del uso de agua potable.
Amenazas	Requiere estricta operación y monitoreo continuo. Posibles fallas de componentes sensibles (bomba, filtros).	Riesgo de uso inadecuado del agua si no hay señalización o control.

Fuente: Elaboración propia

5.3 RECOMENDACIONES PRELIMINARES

Con base en el análisis realizado, se sugieren las siguientes recomendaciones:

1. Enfoque por fases: Considerar la implementación inicial de la Alternativa 2 como una medida de bajo riesgo y rápida ejecución, mientras se realizan análisis técnicos y económicos más amplios para evaluar la viabilidad futura de la Alternativa 1.

2. Monitoreo y evaluación: Sea cual sea la alternativa elegida, establecer un sistema de seguimiento técnico y financiero en el primer año de operación, para medir desempeño, calidad del agua, y costos reales.

3. Plan de sensibilización: Implementar una campaña educativa para el personal de la sede sobre el uso adecuado del agua lluvia, diferenciando claramente entre los puntos de consumo potable y no potable, especialmente en el caso de la Alternativa 2.

4. Revisión normativa y técnica: Verificar compatibilidad del sistema propuesto con la normatividad local (RAS 2000, Resolución 2115 de 2007, Decreto 1076 de 2015), especialmente en temas de reutilización de aguas lluvia para consumo humano, en caso de optar por la Alternativa 1.

5. Plan de escalamiento: Evaluar la posibilidad de replicar la Alternativa 2 en otras sedes de características similares, consolidando una estrategia distrital de reducción de consumo de agua potable.

6 CONCLUSIONES

Las dos alternativas evaluadas para la sede Casa Amarilla constituyen enfoques técnicamente viables para la captación y aprovechamiento de aguas lluvias, tanto para usos potables como no potables. Ambas propuestas fueron desarrolladas con base en condiciones reales de campo y responden a diferentes niveles de complejidad técnica, inversión, operación y beneficios esperados.

La Alternativa 1 plantea un sistema integral de captación, tratamiento y distribución de agua lluvia con fines de consumo humano, lo cual permite una mayor autonomía hídrica de la sede. En contraste, la Alternativa 2 ofrece una solución simplificada y funcional, orientada exclusivamente al abastecimiento de sanitarios, lavaderos y labores de limpieza, sin requerir procesos de potabilización complejos.

Desde el punto de vista financiero, ambas alternativas presentan indicadores negativos, lo cual es esperable en soluciones de tipo ambiental y sostenible donde el retorno económico directo no siempre es inmediato. No obstante, la Alternativa 1 aporta beneficios cualitativos superiores en términos de resiliencia y autosuficiencia hídrica, mientras que la Alternativa 2 destaca por su bajo costo, rápida implementación y facilidad de operación, aspectos valiosos en contextos institucionales con capacidades técnicas o presupuestales limitadas.

Durante la ejecución de la consultoría se identificaron restricciones técnicas importantes, especialmente la ausencia de planos actualizados de redes hidráulicas internas y estructuras existentes, lo cual dificultó la localización precisa de puntos de conexión e integración con la infraestructura actual. Esta condición obligó a incluir dentro del presupuesto actividades de auscultación localizada de cimentaciones, con el fin de determinar de forma segura la ubicación del tanque subterráneo. Estas incertidumbres técnicas fueron gestionadas mediante soluciones flexibles, autónomas y de bajo impacto sobre la edificación existente.

En términos generales, puede concluirse que ambas alternativas son técnicamente factibles, y su elección debe guiarse no solo por criterios económicos, sino también por consideraciones estratégicas, ambientales e institucionales. La implementación de cualquiera de las dos representa un avance hacia una gestión hídrica más eficiente y sostenible, alineada con los objetivos de reducción del consumo de agua potable en funciones no esenciales.

Finalmente, la experiencia y los aprendizajes derivados de este ejercicio técnico sientan un precedente replicable para futuras intervenciones en otras sedes de la Secretaría Distrital de Salud, contribuyendo al fortalecimiento de una infraestructura resiliente y ambientalmente responsable en el marco de la adaptación al cambio climático urbano.

7 RECOMENDACIONES

A partir del análisis realizado y considerando tanto las condiciones técnicas del sitio como los resultados obtenidos para las dos alternativas propuestas, se formulan las siguientes recomendaciones generales:

1. Seleccionar la alternativa más adecuada según las capacidades institucionales: la elección entre un sistema de aprovechamiento con fines potables (Alternativa 1) o no potables (Alternativa 2) debe basarse en las capacidades técnicas, operativas y presupuestales de la entidad responsable de su implementación y mantenimiento.

2. Priorizar criterios de sostenibilidad y funcionalidad: Más allá del análisis financiero, se recomienda tomar en cuenta criterios como el ahorro hídrico, la eficiencia en el uso del recurso, la facilidad de operación y el impacto ambiental positivo que genera cada alternativa.

3. Garantizar la integridad de la infraestructura existente: Cualquier intervención en la sede debe contemplar estudios previos que aseguren la compatibilidad con las estructuras actuales, evitando afectaciones que comprometan la funcionalidad del edificio.

4. Fomentar el uso responsable y consciente del agua: Independientemente de la alternativa seleccionada, es importante que los usuarios conozcan el propósito del sistema y adopten prácticas que contribuyan a una cultura institucional de ahorro y uso eficiente del recurso hídrico.

5. Evaluar la replicabilidad del modelo: Este proyecto puede servir como base para futuras implementaciones en otras sedes. Se recomienda documentar adecuadamente el proceso y los aprendizajes obtenidos para facilitar su adaptación a nuevos contextos.

6. Articular el proyecto con estrategias institucionales y ambientales: La captación de agua lluvia debe alinearse con políticas internas de sostenibilidad y con los objetivos distritales de gestión ambiental, fortaleciendo el compromiso institucional con el uso eficiente de los recursos naturales.

7. Considerar una implementación progresiva: En caso de contar con restricciones presupuestales o técnicas, se sugiere implementar el sistema en fases, iniciando con soluciones más simples y escalando gradualmente hacia esquemas más complejos.