

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

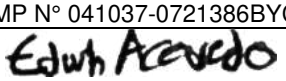
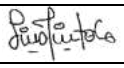
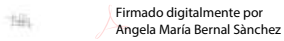
CONSULTOR: LIMA PROYECTO S.A.S

BOGOTÁ, MAYO 2025

Control de versiones

VERSIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN/MODIFICACIÓN	FOLIOS
0	25-04-25	Emisión Inicial	
1	15-05-25	Atención a observaciones generales	Varios

Revisión y aprobación

N° VERSIÓN		00
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	diego trujillo Firmado digitalmente por diego trujillo Fecha: 2025.05.30 11:58:40 -05'00'
	NOMBRE	ING. LINA ROCIO AGUILAR
	FIRMA	Lina Rocío Aguilar Arévalo Firmado digitalmente por Lina Rocío Aguilar Arévalo Fecha: 2025.05.30 11:27:21 -05'00'
	NOMBRE	ING. JORGE EDY LOAIZA
	FIRMA	Jorge Edy Loaiza Cala 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	FABIAN PARRA Firmado digitalmente por FABIAN PARRA
	NOMBRE	ING. CARLOS GALEANO
	FIRMA	CARLOS GALEANO Firmado digitalmente por CARLOS GALEANO Fecha: 2025.05.30 12:29:16 -05'00'
	FECHA	15 DE MAYO 2025

CONTENIDO

Pág.
1 MARCO JURÍDICO 11
2 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN 12
2.1 Fase 1: levantamiento de información técnica 12
2.2 Fase 2: diseño y modelación de alternativas 12
2.3 Fase 3: evaluación ambiental y análisis financiero 13
3 RESUMEN TÉCNICO AMBIENTAL DE FASE I 14
3.1 Localización y entorno urbano 14
3.2 Sistema hídrico 15
3.3 Condiciones climáticas 15
3.4 Oferta hídrica estimada 15
3.5 Diagnóstico de infraestructura existente 15
3.6 Demanda de agua y abastecimiento 16
3.7 Conclusión técnica de la Fase I 17
4 ANÁLISIS COMPARATIVO 18
4.1 DESCRIPCIÓN RESUMIDA DE LAS ALTERNATIVAS 18
4.2 COMPARATIVA TÉCNICA Y OPERATIVA 18
4.3 ANALISIS FINANCIERO DE LAS ALTERNATIVAS 19
4.4 COMPARATIVA DE IMPACTO AMBIENTAL, RIESGOS Y SEGURIDAD 21
4.5 MATRIZ COMPARATIVA 22
5 SÍNTESIS COMPARATIVA GENERAL 23
5.1 RESUMEN DE RESULTADOS 23
5.2 DISCUSIÓN DE FORTALEZAS Y DEBILIDADES 24
5.3 RECOMENDACIONES PRELIMINARES 24
6 CONCLUSIONES 26
7 RECOMENDACIONES 27

LISTA DE TABLAS

Pág.
Tabla 1 Matriz Comparativa 22
Tabla 2 Comparación alternativa 1 y 2 24

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Ilustración 1 Vista Centro Distrital de Salud 14
Ilustración 2 Espacios disponibles en CDS 16
Ilustración 3 Análisis costo-beneficio alternativa 1 19
Ilustración 4 Análisis costo-beneficio alternativa 2 20

RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento corresponde a la Fase III del contrato No. 6799143 de 2024, cuyo propósito es comparar y evaluar la viabilidad de dos alternativas técnicas para la captación, almacenamiento y uso de agua lluvia en la sede ID No. 1 – Centro Distrital de Salud, ubicada en el entorno urbano de Bogotá D.C. El análisis integra criterios técnicos, operativos, financieros, ambientales y normativos, con el fin de identificar la solución más adecuada, sostenible y funcional para esta sede de alta afluencia institucional.

Se evaluaron dos alternativas que aprovechan la captación de agua lluvia: la Alternativa 1, orientada a uso de consumo humano con tratamiento de una planta de agua potable, y la Alternativa 2, destinada al riego de zonas verdes internas y otros usos no potables sin tratamiento potabilizador. Ambas alternativas se diseñaron considerando la infraestructura existente, las condiciones hidráulicas locales, y los requerimientos funcionales propios de la sede.

Los resultados técnicos demuestran que ambas alternativas son viables desde el punto de vista hidráulico, con condiciones de presión y caudal adecuadas, y sin necesidad de intervenciones estructurales complejas. La Alternativa 1 incorpora una planta de tratamiento de agua potable (PTAP), lo cual implica mayor complejidad técnica y operativa, mientras que la Alternativa 2 prescinde de esta unidad y prioriza un sistema simple de filtración y almacenamiento para usos exclusivamente no potables.

Desde el punto de vista financiero, ninguna de las alternativas presenta una alta rentabilidad directa, pero a pesar de no ser altamente rentables en términos económicos, ambas alternativas generan beneficios intangibles significativos, como la reducción del consumo de agua potable, el fortalecimiento de la cultura ambiental institucional, la mejora en la imagen corporativa de la entidad, y el cumplimiento de metas de sostenibilidad urbana.

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. 1 Centro Distrital de Salud, con el objetivo de evaluar la factibilidad de implementación de soluciones sostenibles que contribuyan al aprovechamiento de fuentes hídricas alternativas. Esta etapa incluyó el análisis detallado de dos alternativas técnicas, estructurales, económicas y ambientales, cada una con enfoques distintos respecto al tratamiento, uso previsto del recurso hídrico recolectado, y nivel de intervención requerido.

El presente comentario final tiene como finalidad comparar ambos enfoques, destacando sus similitudes, diferencias, ventajas y posibles limitaciones, con base en los criterios de viabilidad técnica, impacto ambiental, eficiencia operativa, sostenibilidad financiera y adaptabilidad a las condiciones específicas de la sede. A partir de este análisis, se busca ofrecer una recomendación sustentada que oriente la toma de decisiones para la implementación de la alternativa más adecuada.

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. 1 (Centro Distrital de Salud), con el fin de determinar cuál representa la opción más adecuada para su implementación en el contexto rural 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 rural, según criterios normativos, técnicos y de gestión comunitaria.

1 MARCO JURÍDICO

En Colombia, el aprovechamiento de aguas lluvias no cuenta con una regulación específica, sin embargo, se encuentra enmarcado dentro de un conjunto de disposiciones normativas generales que regulan el uso y manejo de los recursos hídricos. El Decreto 1076 de 2015, en sus artículos 2.2.3.2.2.2 y 2.2.3.2.2.4, establece que el agua lluvia es un bien de uso público bajo dominio de la Nación y permite su uso dentro del predio sin necesidad de concesión, siempre que dicho uso no afecte a terceros. Por su parte, la Ley 99 de 1993 fija los principios rectores de la política ambiental colombiana, reconociendo el manejo sostenible del recurso hídrico como un derecho y un deber colectivo.

En materia de calidad del agua, la Resolución 2115 de 2007 define los criterios que debe cumplir el agua destinada al consumo humano, lo que resulta clave para proyectos que contemplen dicho uso final. Adicionalmente, la Resolución 0627 de 2006 establece los parámetros para la evaluación de impactos ambientales, los cuales deben ser considerados durante el diseño e implementación de sistemas de captación de agua lluvia y atmosférica. A nivel técnico, el Ministerio de Ambiente ha emitido los Lineamientos para potenciar el uso de agua lluvia (2022), un documento que orienta a las entidades y consultores en la implementación de soluciones sostenibles.

El cumplimiento de este marco normativo garantiza que los proyectos de captación y uso de aguas lluvias y atmosféricas se desarrollen en condiciones de legalidad, sostenibilidad y viabilidad técnica, jurídica y ambiental.

2 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

Para el desarrollo del presente análisis comparativo correspondiente a la Fase III del proyecto, se empleó una metodología mixta que integra criterios técnicos, económicos, operativos y ambientales, con el fin de establecer cuál de las dos alternativas de captación de agua lluvia diseñadas para la sede ID No. 1 – Centro Distrital de Salud resulta más viable y sostenible.

La metodología se estructuró en tres fases principales:

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 características constructivas de cubiertas y bajantes, ubicación y capacidad de espacios para tanques, y redes hidrosanitarias disponibles. También se analizaron los datos climáticos históricos (precipitación mensual y curvas IDF) y se revisaron los patrones de consumo de agua en usos institucionales como baños, limpieza de áreas comunes y riego de zonas verdes. Esta información fue clave para definir los escenarios de uso de agua lluvia y calcular el volumen potencial de aprovechamiento.

2.2 Fase 2: diseño y modelación de alternativas

Se formularon dos alternativas técnicas de captación de agua lluvia, diferenciadas por el tipo de tratamiento y el destino del agua recolectada. La Alternativa 1 incluye tratamiento básico mediante filtración y desinfección, con el fin de destinar el agua a usos institucionales no potables dentro de la sede. La Alternativa 2, por su parte, contempla un sistema simplificado orientado al riego de zonas verdes internas, sin requerir tratamiento potabilizador. Ambas alternativas fueron modeladas hidráulicamente para validar las condiciones de presión, caudal y almacenamiento, y se diseñaron tomando en cuenta las condiciones urbanas de la sede y la compatibilidad con su infraestructura existente.

Durante esta fase se aplicaron criterios de evaluación técnica, operativa, financiera, ambiental y de riesgo. Se construyó una matriz de evaluación comparativa que consideró los siguientes aspectos:

- Viabilidad técnica y operativa
- Costos de implementación, operación y mantenimiento
- Impactos ambientales y reducción del consumo de agua potable
- Riesgos asociados a la operación del sistema
- Adaptabilidad al contexto institucional y facilidad de gestión

2.3 Fase 3: evaluación ambiental y análisis financiero

Para valorar los impactos ambientales de cada alternativa se utilizó la Matriz de Leopold, adaptada al contexto urbano, considerando acciones como excavación, generación de residuos, uso de materiales, y efectos sobre la eficiencia hídrica institucional. Adicionalmente, se realizó un análisis financiero básico, proyectando los costos de mantenimiento a un año, y evaluando indicadores como el Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y Relación Beneficio/Costo (B/C), con el fin de determinar la rentabilidad operativa de cada solución.

La combinación de estos enfoques permitió establecer una base objetiva para recomendar la alternativa más adecuada a las necesidades y condiciones de la sede ID No. 1.

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. 1 – Centro Distrital de Salud, 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. 1 se localiza en la Unidad de Planeamiento Local (UPL) No. 15 Puente Aranda, con ingreso principal por la Carrera 32 No. 12-81. Limita con instituciones educativas, entidades públicas y zonas de equipamiento urbano. Su uso del suelo es institucional, en conformidad con el Plan de Ordenamiento Territorial vigente. La sede alberga edificios administrativos, de laboratorio, soporte logístico y atención telefónica. El entorno inmediato está dotado de redes básicas, pero presenta presiones sobre los recursos hídricos por el alto flujo de colaboradores y visitantes. El predio cuenta con acceso vehicular, red de acueducto y alcantarillado, así como sistemas de recolección de aguas lluvias conectados a la red pluvial de la ciudad.

Ilustración 1 Vista Centro Distrital de Salud



Fuente: Elaboración propia

3.2 Sistema hídrico

La sede se encuentra dentro de la cuenca del río Fucha, siendo el canal Comuneros la fuente hídrica más cercana, a aproximadamente 1 km. La red de drenaje del sector corresponde a un sistema pluvial urbano separado, conectado con canales artificiales que drenan hacia cuerpos receptores mayores. Aunque no hay cuerpos de agua naturales inmediatos dentro del predio, el entorno cuenta con infraestructura hidráulica urbana consolidada que permite el manejo de escorrentías y aguas servidas.

3.3 Condiciones climáticas

La caracterización climática se basó en registros históricos de las estación 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.

3.4 Oferta hídrica estimada

Con base en un área efectiva de recolección de 4.581,82 m^2 y un coeficiente de escorrentía de 0,9 para cubiertas impermeables, se calculó una oferta hídrica promedio mensual de 482,26 m^3. El potencial de captación es superior al de otras sedes evaluadas, debido al gran tamaño del área techada y la alta impermeabilización de superficies

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.

Ilustración 2 Espacios disponibles en CDS



Fuente: Elaboración propia

3.6 Demanda de agua y abastecimiento

En 2024, el Centro Distrital de Salud tuvo un promedio mensual de 2.426 colaboradores y 4.762 visitantes. Las funciones principales incluyen atención ambulatoria, análisis de laboratorio, gestión administrativa y soporte telefónico 24 horas. El consumo mensual promedio de agua fue de 615 m^3, principalmente en servicios sanitarios, aseo, cafeterías y limpieza general. Este volumen hace inviable el uso exclusivo de agua lluvia como fuente primaria, pero sí permite complementar el suministro con fines no potables y reducir el consumo de agua potable de la red.

3.7 Conclusión técnica de la Fase I

El análisis de Fase I permitió identificar que la sede ID No. 1 cuenta con condiciones óptimas para la implementación de sistemas de cosecha de agua lluvia. La alta disponibilidad de superficie impermeable, sumada a una oferta hídrica significativa y una demanda de agua considerable, hacen del proyecto una oportunidad viable para contribuir a la sostenibilidad institucional. La infraestructura existente requiere adecuaciones, pero ofrece facilidades para la integración de soluciones hidráulicas, lo cual justifica el desarrollo de las alternativas diseñadas en la Fase II.

4 ANÁLISIS COMPARATIVO

4.1 DESCRIPCIÓN RESUMIDA DE LAS ALTERNATIVAS

En el marco del diseño técnico para la sede ID No. 1 – Centro Distrital de Salud, 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 propone un sistema de captación de agua lluvia con tratamiento total, destinado a uso completo de la sede. Este sistema incluye una planta de tratamiento de agua potable (PTAP), sensores de monitoreo, bomba de impulsión, y tanque subterráneo de almacenamiento, con un diseño hidráulico compatible con la infraestructura existente.

La Alternativa 2, en cambio, contempla un sistema más simple, sin potabilización, enfocado exclusivamente en el riego de zonas verdes internas del predio. Esta alternativa omite el sistema de desinfección y distribución interna, lo que reduce significativamente los requerimientos operativos y financieros, manteniendo una solución ambientalmente efectiva.

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

Desde el punto de vista técnico, las dos alternativas cuentan con sistemas de recolección desde cubiertas, conducción por gravedad, almacenamiento subterráneo y bombeo. La diferencia principal radica en el uso final del recurso y, por tanto, en el nivel de tratamiento requerido.

La Alternativa 1 demanda la implementación de una planta de tratamiento con cloración, filtros de arena y sensores, para asegurar la calidad del agua destinada a usos con contacto humano. Esto implica una mayor complejidad operativa y un esquema de mantenimiento más riguroso. La Alternativa 2, al estar orientada

únicamente a riego, prescinde del sistema de desinfección, lo que simplifica la operación, reduce riesgos sanitarios y facilita la gestión por parte del personal técnico institucional.

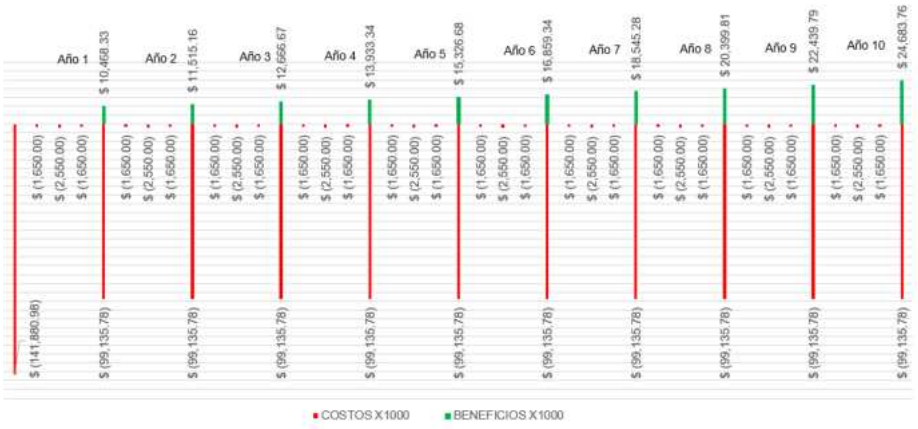
Ambas alternativas fueron validadas hidráulicamente, cumpliendo con presiones en los puntos de descarga y velocidades de flujo dentro del rango aceptable para redes institucionales. Esto confirma que cualquiera de las dos soluciones es técnicamente viable para su implementación.

4.3 ANALISIS FINANCIERO DE LAS ALTERNATIVAS

La evaluación financiera realizada para las dos alternativas propuestas en la sede Centro Distrital de Salud (CDS) evidencia que, si bien ambas presentan indicadores financieros negativos bajo una perspectiva estrictamente económica, se diferencian en el alcance técnico y el propósito estratégico de su implementación.

La Alternativa 1 está orientada a la captación de agua lluvia con fines de potabilización e integración a la red interna de la sede, lo cual exige una infraestructura más compleja: red de recolección, tanque primario, planta de tratamiento (PTAP), tanque limpio, sistema de bombeo y conexiones hacia los tanques principales. Esta alternativa presenta un costo descontado (Cd) acumulado de $1.093.338,37 miles de pesos y un beneficio descontado (Bd) de $153.062,53 miles de pesos, lo que genera un Valor Actual Neto (VAN) de -$940.276, una Relación Beneficio-Costo (RBC) de 0,14 y una Tasa Interna de Retorno (TIR) de -9,28%.

Ilustración 3 Análisis costo-beneficio alternativa 1



Fuente: Elaboración propia

La Alternativa 2, en cambio, propone un sistema más simple de captación, almacenamiento y distribución de agua lluvia para uso exclusivo en riego de zonas verdes y huertos urbanos. Al no requerir potabilización, esta alternativa implica menores costos de operación, menos requerimientos técnicos y menor mantenimiento. Aun así, al considerar una demanda hídrica mucho menor, los beneficios económicos derivados del ahorro de agua potable también son reducidos. Bajo este escenario, el análisis financiero arroja un Cd acumulado de $168.954,87 miles de pesos y un Bd acumulado de $12.343,75 miles de pesos, lo que se traduce en un VAN de -$156.611, una RBC de 0,07 y una TIR de -9,03%.

Ilustración 4 Análisis costo-beneficio alternativa 2



Fuente: Elaboración propia

Ambas alternativas resultan no rentables desde el enfoque financiero tradicional, al presentar VAN negativos y relaciones beneficio-costo inferiores a uno. No obstante, es necesario reconocer que estas soluciones no buscan generar retorno financiero directo, sino avanzar en objetivos ambientales, sociales y de resiliencia hídrica institucional.

La Alternativa 1, si bien es más costosa y compleja, permite integrar el recurso hídrico alternativo al sistema de abastecimiento de la sede, lo que fortalece la autonomía operativa, mejora la seguridad hídrica ante eventos extremos y disminuye el consumo de agua potable convencional. Por su parte, la Alternativa 2

plantea una solución eficiente, con menor inversión, enfocada en reducir el uso de agua potable en riego y fomentar prácticas sostenibles visibles para la comunidad institucional.

Cabe resaltar que el análisis financiero se basa en la condición real de la sede, donde el volumen de agua lluvia captada no cubre el total de la demanda, por lo cual siempre se mantendrá una dependencia parcial del sistema de acueducto. Esto limita los beneficios económicos proyectados, en comparación con un escenario hipotético de autosuficiencia total.

Desde el punto de vista técnico, ambas alternativas son viables, cada una adaptada a un enfoque funcional distinto: uso potable (Alt. 1) y uso no potable (Alt. 2). Aunque sus indicadores financieros son negativos, es importante destacar que la TIR de ambas alternativas está muy cercana a cero, lo que sugiere que si el horizonte de evaluación se amplía o se incorporan beneficios intangibles (ambientales, sociales, reputacionales), las alternativas pueden acercarse o superar el umbral de rentabilidad.

Por tanto, se concluye que la decisión de implementación deberá contemplar no solo los resultados económicos sino también el impacto ambiental positivo, la reducción de presión sobre las fuentes convencionales, el cumplimiento de metas de sostenibilidad institucional, y la replicabilidad del modelo. En ese sentido, la viabilidad final será determinada por la entidad contratante, bajo un enfoque integral que valore los beneficios estratégicos más allá de los indicadores financieros tradicionales.

4.4 COMPARATIVA DE IMPACTO AMBIENTAL, RIESGOS Y SEGURIDAD

De acuerdo con la matriz de Leopold aplicada durante la Fase II, ambas alternativas generan impactos ambientales positivos, principalmente asociados a la reducción del consumo de agua potable, la recarga controlada del subsuelo y la promoción de prácticas sostenibles en el entorno institucional. Los impactos negativos, relacionados con la generación de residuos durante la obra y el uso de productos químicos para desinfección (en la Alternativa 1), son de baja magnitud, localizados y controlables mediante protocolos adecuados.

En cuanto a riesgos, la Alternativa 1 exige mayor control sanitario, ya que involucra agua tratada para usos con contacto humano. Esto implica responsabilidad técnica adicional y riesgo de fallos si no se realiza el mantenimiento adecuado de la PTAP. La Alternativa 2 reduce significativamente los riesgos sanitarios al destinar el agua exclusivamente al riego, sin interacción directa con el personal ni visitantes.

Ambas alternativas requieren protocolos de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) para la fase de instalación y mantenimiento, especialmente en el manejo de equipos eléctricos, acceso a cubiertas y espacios confinados.

4.5 MATRIZ COMPARATIVA

Tabla 1 Matriz Comparativa

Criterio	Alternativa 1	Alternativa 2
Destino del agua	Uso total en la sede	Riego de zonas verdes
Tratamiento	Filtros + cloración (PTAP)	Filtros básicos sin desinfección
Infraestructura compartida	Tanque, bomba, red de captación	Idéntica a la Alternativa 1
Complejidad operativa	Alta (requiere seguimiento técnico especializado)	Baja (operación rutinaria por personal de jardinería)
Costo de mantenimiento	Moderado a alto	Bajo
Riesgo sanitario	Alto (si falla la desinfección)	Bajo
Beneficio ambiental	Alto	Alto
Viabilidad económica	Marginalmente no rentable	Rentable con ajuste por valor social
Ventaja principal	Ahorro de agua potable.	Ahorro sin riesgo sanitario ni carga operativa

Fuente: Elaboración propia

5 SÍNTESIS COMPARATIVA GENERAL

5.1 RESUMEN DE RESULTADOS

El análisis comparativo de las dos alternativas formuladas para la sede ID No. 1 – Centro Distrital de Salud demuestra que ambas soluciones son técnicamente viables para la captación y aprovechamiento de agua lluvia dentro de un entorno urbano e institucional. Ambas alternativas emplean sistemas de recolección desde cubiertas impermeables, conducción por gravedad, almacenamiento subterráneo y bombeo mecánico. Las diferencias radican principalmente en el tratamiento del agua y en su destino final.

La Alternativa 1 propone un sistema de tratamiento que incluye el uso de una PTAP, con el fin de usar el agua para mezclarla en una de las secciones del tanque de almacenamiento de agua de la sede. Esto implica mayores exigencias técnicas y responsabilidad en la operación del sistema, particularmente en el monitoreo de la calidad del agua. Por su parte, la Alternativa 2 está destinada al riego de zonas verdes internas, prescindiendo del tratamiento potabilizador, lo que reduce significativamente los riesgos sanitarios y simplifica la operación del sistema.

Desde el punto de vista hidráulico, ambas alternativas cumplen con las condiciones mínimas requeridas de presión y caudal, sin necesidad de modificar significativamente la infraestructura principal de la sede. El sistema propuesto puede integrarse sin afectación estructural ni funcional de las instalaciones existentes.

En cuanto al mantenimiento, la Alternativa 2 representa un menor costo operativo anual, menor demanda de personal especializado y menor carga administrativa. Esta condición le permite adaptarse mejor a la capacidad de gestión interna del centro, sin comprometer la funcionalidad del sistema.

Económicamente, aunque ambas alternativas presentan rentabilidad limitada en un horizonte de 10 años, la Alternativa 2 evidencia un Valor Actual Neto positivo y una relación beneficio/costo favorable, especialmente cuando se incorporan beneficios sociales y ambientales no monetizados directamente. La Alternativa 1, aunque ofrece un mayor volumen de ahorro de agua potable, implica mayores costos de

operación y un riesgo sanitario asociado al tratamiento del agua si este no se gestiona adecuadamente.

Desde el punto de vista ambiental, ambas alternativas generan impactos positivos en términos de eficiencia hídrica, reducción del consumo de agua potable y fortalecimiento institucional en sostenibilidad. Según la Matriz de Leopold aplicada, los impactos negativos son de baja magnitud, controlables, y asociados principalmente a la etapa de instalación.

En términos sociales e institucionales, ambas alternativas fortalecen la imagen ambiental del centro, aportan a la cultura organizacional en sostenibilidad y ofrecen oportunidades de replicabilidad en otras sedes urbanas del distrito.

5.2 DISCUSIÓN DE FORTALEZAS Y DEBILIDADES

Tabla 2 Comparación alternativa 1 y 2

Aspecto	Alternativa 1	Alternativa 2
Fortalezas	Permite uso total; mayor volumen de ahorro de agua potable del acueducto.	Menor complejidad técnica y operativa; menor riesgo sanitario.
Debilidades	Requiere mantenimiento riguroso del sistema de tratamiento	Uso restringido a riego; menor versatilidad funcional
Oportunidades	Puede ampliar su cobertura a otras áreas del centro con infraestructura existente	Alta replicabilidad en otras sedes; bajo costo facilita su implementación
Amenazas	Riesgo de fallos sanitarios si no se realiza mantenimiento adecuado	Riesgo de subutilización si el sistema no se integra con el programa de jardinería institucional

Fuente: Elaboración propia

5.3 RECOMENDACIONES PRELIMINARES

- En un contexto institucional urbano con alta rotación de personal y presión sobre los recursos operativos, la Alternativa 2 representa una solución más simple, segura y rentable, al enfocarse en el uso de agua lluvia para riego,

sin exigir tratamiento químico ni monitoreo de calidad de agua para uso humano.

- La Alternativa 1, aunque viable y con mayor potencial de ahorro, requiere un compromiso sostenido de operación técnica y seguimiento sanitario, que debe ser evaluado en función de la capacidad real del centro para asumir dicha responsabilidad.

- Se recomienda socializar ambas opciones con el equipo administrativo y operativo de la sede, y definir la alternativa a implementar considerando el presupuesto disponible, las prioridades institucionales y la capacidad de gestión interna. En ambos casos, se debe garantizar la capacitación del personal técnico en operación y mantenimiento del sistema, así como implementar una bitácora de seguimiento y un esquema periódico de evaluación funcional.

6 CONCLUSIONES

- El estudio desarrollado para la sede ID No. 1 – Centro Distrital de Salud demuestra que es técnicamente viable implementar un sistema de captación y aprovechamiento de agua lluvia mediante tecnologías pasivas y mecánicas, adaptadas a las condiciones constructivas, climáticas y funcionales del predio.

- Las dos alternativas diseñadas responden a diferentes estrategias de aprovechamiento. La Alternativa 1 contempla el tratamiento completo del recurso para ser utilizado completamente en la institución, mientras que la Alternativa 2 está orientada exclusivamente al riego de zonas verdes, lo que reduce significativamente su complejidad técnica, sus requerimientos operativos y su exposición a riesgos sanitarios.

- La simulación hidráulica realizada y los diseños estructurados en Fase II confirmaron que ambas alternativas cumplen con las condiciones mínimas de presión, caudal y almacenamiento requeridas para su correcta operación, sin necesidad de modificar la infraestructura existente.

- Desde el punto de vista financiero, ambas alternativas comparten costos similares en infraestructura básica como tanques, bombas y tuberías, pero la Alternativa 1 implica un mayor gasto de operación y mantenimiento, derivado del sistema de tratamiento y monitoreo de calidad de agua. La Alternativa 2, al limitar su alcance al riego, presenta un costo de mantenimiento considerablemente menor.

- En términos de impacto ambiental, ambas propuestas generan beneficios positivos al reducir el consumo de agua potable y promover una gestión eficiente del recurso hídrico en la sede. Sin embargo, la Alternativa 2 tiene una ventaja operativa al eliminar el riesgo sanitario asociado al uso de agua parcialmente tratada en zonas internas de contacto humano.

- Aunque ambas alternativas son viables en términos técnicos y ambientales, la Alternativa 2 ofrece una mayor adaptabilidad al contexto institucional urbano de la sede, un menor riesgo operativo y un costo de mantenimiento reducido, lo cual se alinea con las capacidades de gestión de la entidad.

7 RECOMENDACIONES

- Selección de alternativa: se recomienda implementar la Alternativa 2, considerando su menor complejidad operativa, bajo riesgo sanitario y mayor sostenibilidad financiera en el largo plazo. Esta alternativa representa una solución eficaz, replicable y de rápida implementación para mejorar la gestión hídrica de la sede.

- Capacitación institucional: es fundamental capacitar al personal encargado del mantenimiento de la sede en las rutinas de operación del sistema, incluyendo la limpieza de filtros, manejo del sistema de bombeo y revisión del medidor de caudal. La apropiación técnica básica es clave para garantizar la sostenibilidad del sistema.

- Sistema de seguimiento: se debe establecer una bitácora técnica de mantenimiento y monitoreo, que permita registrar las rutinas operativas, identificar fallas oportunamente y proyectar mejoras. Este instrumento servirá como base para evaluar el desempeño del sistema a mediano y largo plazo.

- Gestión documental: consolidar un expediente físico y digital con todos los documentos del sistema: planos, manuales técnicos, cronogramas de mantenimiento, registros de limpieza y posibles actualizaciones futuras.

- Escalabilidad futura: en caso de que la demanda o los usos del agua cambien en el futuro, se recomienda prever un posible ajuste técnico que permita migrar desde la Alternativa 2 hacia un esquema con tratamiento, como la Alternativa 1, incorporando módulos de filtración y desinfección según las normas sanitarias vigentes.