

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 II. FACTIBILIDAD DEL PROYECTO

ALTERNATIVA 1 SEDE 03 “CASA MARILLA”

FONDO FINANCIERO DISTRITAL DE SALUD

SUPERVISORES: ING. ÁNGELA MARÍA BERNAL SÁNCHEZ

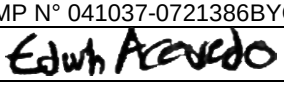
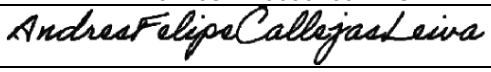
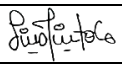
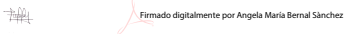
CONSULTOR: LIMA PROYECTO S.A.S

BOGOTÁ, ABRIL 2025

Control de versiones

VERSIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN/MODIFICACIÓN	FOLIOS
0	25-04-2025	Emisión Inicial	
1	26-04-2025	Varios	Varios

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° 041037 – 0699469 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 Sánchez
	NOMBRE	ING. DIEGO FERNANDO TRUJILLO GONZALEZ
	FIRMA	diego trujillo Firmado digitalmente por diego trujillo Fecha: 2025.05.30 15:24:11 -05'00'
	NOMBRE	ING. LINA ROCIO AGUILAR
	FIRMA	Lina Rocío Aguilar Arévalo Firmado digitalmente por Lina Rocío Aguilar Arévalo Fecha: 2025.05.30 15:24:30 -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 15:24:48 -05'00'
	FECHA	ABRIL 2025

CONTENIDO

Pág.
1 DESCRIPCIÓN DE LA ALTERNATIVA....11
1.1 CONCEPTO Y FUNDAMENTO TECNICO....11
1.2 DESCRIPCIÓN DE LA CAPTACIÓN....11
2 ANÁLISIS DE AFECTACIONES A LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE....15
2.1 INSPECCIÓN TÉCNICA DE LA SEDE....15
2.2 EVALUACIÓN DE COMPATIBILIDAD CON LOS SISTEMAS EXISTENTES....15
2.3 REQUIRIMIENTO INFRAESTRUCTURAL DE LA ALTERNATIVA....16
3 DISEÑO DETALLADO DE LA ALTERNATIVA....19
3.1 MEMORIAS DE CÁCULO....19
3.2 PLANOS HIDROSANITARIOS....26
3.3 REMISIÓN A ANEXOS....30
4 MANTENIMIENTO Y MONITOREO DE LA ALTERNATIVA....32
4.1 DISEÑO DEL SISTEMA DE MEDICIÓN DE FLUJO EN LAS TUBERÍAS DE CAPTACIÓN....32
4.2 PROCEDIMIENTOS DE VERIFICACIÓN Y CONTROL....33
4.3 IDENTIFICACIÓN DE LOS COMPONENTES QUE REQUIEREN MANTENIMIENTO PERIÓDICO (TANQUES, TUBERÍAS, BOMBA, ETC.)....33
4.4 PROCEDIMIENTOS Y FRECUENCIAS DE MANTENIMIENTO....34
4.5 COSTOS ESTIMADOS DE MANTENIMIENTO....35
5 ANÁLISIS DE RIESGOS, IMPACTO AMBIENTAL Y SST....36
5.1 RIESGOS ASOCIADOS A LA IMPLEMENTACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE LA ALTERNATIVA....36
5.2 PROTOCOLOS Y CONDICIONES DE SST EN LA IMPLEMENTACIÓN DE LA ALTERNATIVA....36
5.3 IMPACTOS AMBIENTALES ASOCIADOS A LA IMPLEMENTACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE LA ALTERNATIVA....38

5.4 IMPACTOS AMBIENTALES ASOCIADOS A LA IMPL. Y PM DE LA ALTERNATIVA 38
5.5 PLAN DE CONTINGENCIA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA ALTERNATIVA 41
6 PERMISOS, LICENCIAS O AUTORIZACIONES 43
6.1 LISTADO DE LICENCIAS NECESARIAS PARA INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE LA ALTERNATIVA 43
7 COMPONENTE PRESUPUESTAL 46
7.1 ANÁLISIS DE INSUMOS NECESARIOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN Y P.E.M DE LA ALTERNATIVA 46
7.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA REDES, MATERIALES Y EQUIPOS 46
7.3 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS 47
7.4 A ANÁLISIS DE MERCADO (COTIZACIONES) 47
7.5 CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN Y P.E.M DE LA ALTERNATIVA 48
7.6 ANÁLISIS DE NECESIDAD DE INTERVENTORÍA 48
7.7 PRESUPUESTO 48
7.8 ENFOQUE DE LA EJECUCIÓN A LA METODOLOGIA PMBOK 7ª EDICION 50
7.9 ANALISIS FINANCIERO DEL PROYECTO 54
8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 61
8.1 Conclusiones 61
8.2 Recomendaciones 62
9 BIBLIOGRAFIA 64

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1Valores de los coeficientes a, b, c y d para el cálculo de las curvas IDF, para Colombia.....19
Tabla 2 Valores precipitación anual máxima. 19
Tabla 3 Resumen estadístico de datos de precipitación.....20
Tabla 4 Valores IDF estación Puente Aranda.....21
Tabla 5 Datos generales del sistema.....23
Tabla 6 Capas del filtro 24
Tabla 7 Volúmenes y pesos estimados 25
Tabla 8 Inventario 26
Tabla 9 Simbología utilizada en EPANET.....27
Tabla 10 Resultados Hidráulicos de EPANET nodos 28
Tabla 11 Resultados Hidráulicos de EPANET tuberías 29
Tabla 12 Procedimientos de verificación y control 33
Tabla 13 Procedimientos y frecuencia de mantenimiento.....34
Tabla 14 Costos estimados de mantenimiento – Alternativa 1 35
Tabla 15 MATRIZ DE LEOPOLD PARA LA EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES.....39
Tabla 16 Plan de contingencia.....41

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Ilustración 1 Área de cubierta seleccionada, sede Casa Amarilla.....12
Ilustración 2 Bajante seleccionada en la cubierta seleccionada, Sede Casa Amarilla.....13
Ilustración 3 Ubicación tanque subterráneo.....14
Ilustración 4 Sede Casa Amarilla desde carrera 32.....14
Ilustración 5 Curvas IDF estación Puente Aranda. 22
Ilustración 6 Esquema de capas del tanque de tratamiento 24
Ilustración 7 Modelo hidráulico en EPANET 27
Ilustración 8 PRESUPUESTO DE OBRA 49
Ilustración 9 Principios y dominios PMBOK 51
Ilustración 10 Análisis costo-beneficio trimestral.....59

INTRODUCCIÓN

En el marco del contrato No. 6799143 de 2024, el proyecto “REALIZAR LA 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” avanza a su segunda fase, enfocada en la factibilidad técnica, ambiental, social, jurídica y financiera de dos alternativas de aprovechamiento de aguas lluvias y/o atmosféricas en la Sede ID No. 3, predio Casa Amarilla. Esta fase tiene como objetivo profundizar en el análisis de las alternativas propuestas, evaluando su viabilidad y sostenibilidad, para sentar las bases de su implementación a futuro.

En esta etapa, se realiza un análisis de las posibles afectaciones a la infraestructura existente, identificando las adecuaciones estructurales, espaciales y/o de redes necesarias. Presentando así, los diseños retratados en planos arquitectónicos, estructurales e hidrosanitarios para cada alternativa, asegurando que los sistemas sean funcionales y cumplan con los estándares técnicos requeridos.

Dentro del alcance de esta fase, también se plantea un plan de mantenimiento periódico y se plantea la implementación de un sistema de monitoreo para medir la cantidad de agua captada, lo que permitirá una gestión eficiente del recurso.

El proyecto también contempla el análisis de riesgos e impacto ambiental, así como establecer las licencias o autorizaciones necesarias para la implementación y puesta en marcha de la alternativa. Buscando así, el cumplimiento de la normativa vigente, como el Decreto 1076 de 2015 y la Resolución 2115 de 2007. Asimismo, se elaborará un plan de seguridad y salud en el trabajo para la fase constructiva, identificando riesgos y estableciendo medidas de prevención y contingencia para garantizar la integridad de los trabajadores.

Finalmente, se evaluará el componente presupuestal y financiero de la alternativa. En este apartado se efectuará un análisis de mercado para identificar proveedores de materiales y/o servicios afines al alcance de la alternativa, así como el análisis de precios unitarios y de necesidad de implementar interventoría, con el propósito de establecer la programación y el presupuesto general de la implementación de la alternativa y determinar así, su viabilidad generala partir de la metodología PMBOK 7.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar un sistema sostenible de cosecha de agua lluvia para la Sede ID No. 3 Casa Amarilla, que garantice su viabilidad técnica, ambiental y financiera, contribuyendo a la reducción del consumo de agua potable y al cumplimiento de las políticas de gestión hídrica.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar la capacidad técnica y estructural de la sede para la implementación de sistemas de captación de agua lluvia.
- Desarrollar diseños de la alternativa propuesta cumpliendo con normativas y conceptos técnicos en las disciplinas aplicables.
- Analizar el impacto ambiental y social, asegurando el cumplimiento de normativas como el Decreto 1076 de 2015 y la Resolución 2115 de 2007
- Estimar la rentabilidad del proyecto mediante un análisis PMBOK 7, considerando el ahorro económico por reducción en el consumo de agua potable, así como los costos de implementación y mantenimiento.
- Proponer un plan de monitoreo y mantenimiento para garantizar la operatividad a largo plazo.

1 DESCRIPCIÓN DE LA ALTERNATIVA

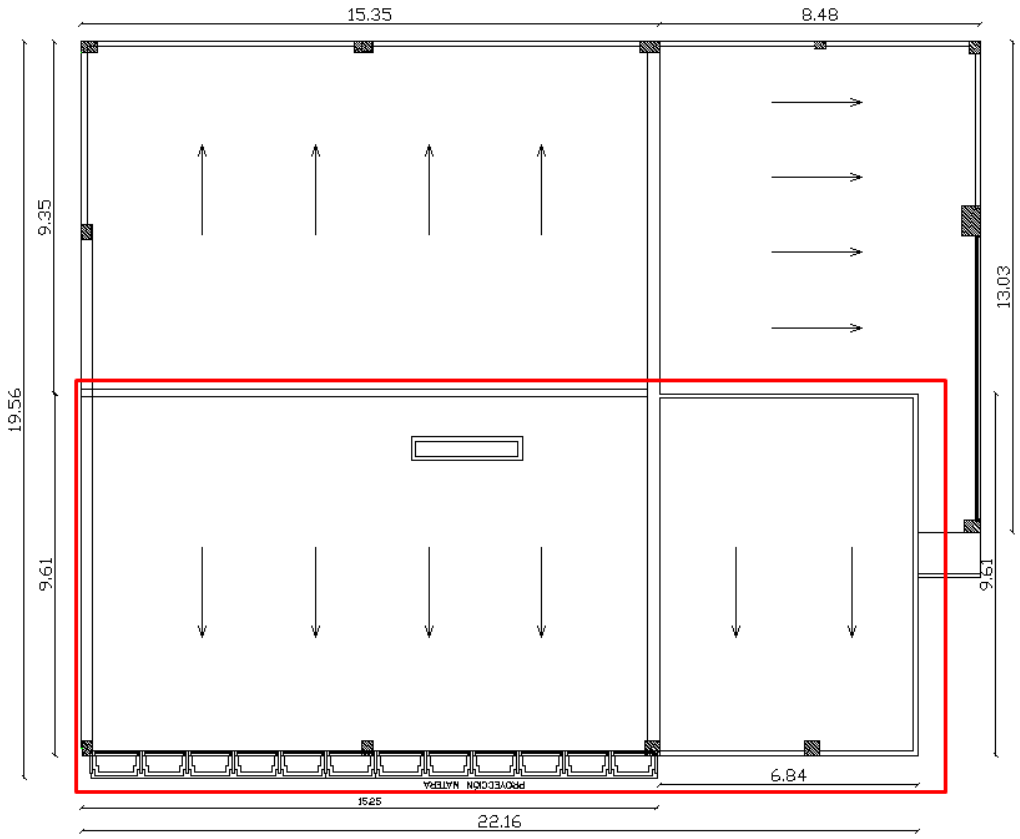
1.1 CONCEPTO Y FUNDAMENTO TECNICO

La Alternativa 1 propone un sistema integrado de captación de agua lluvia para abastecer de agua para consumo total a la sede ID No. 3 Casa Amarilla en zona urbana de la ciudad de Bogotá D.C. en la localidad de Puente Aranda, diseñado bajo criterios técnicos que permiten aprovechar de manera óptima las condiciones climáticas y geográficas de esta zona. El fundamento del sistema se basa en la interpretación de curvas IDF (Intensidad - Duración - Frecuencia) para definir la intensidad máxima de lluvia en un período de retorno de 10 años, buscando asegurar la resistencia y suficiencia de capacidad de la infraestructura ante eventos probabilísticos determinados.

1.2 DESCRIPCIÓN DE LA CAPTACIÓN

Para el sistema de captación de aguas lluvias en la sede Casa Amarilla, se ha determinado que únicamente se utilizará uno de los lados de la cubierta para este propósito. En particular, se empleará el lado orientado hacia la carrera 32, el cual cuenta con una superficie aproximada de 212,96 metros cuadrados. Esta área ha sido seleccionada por su orientación favorable y por la facilidad de conexión con el sistema de uso de aguas lluvias planeado.

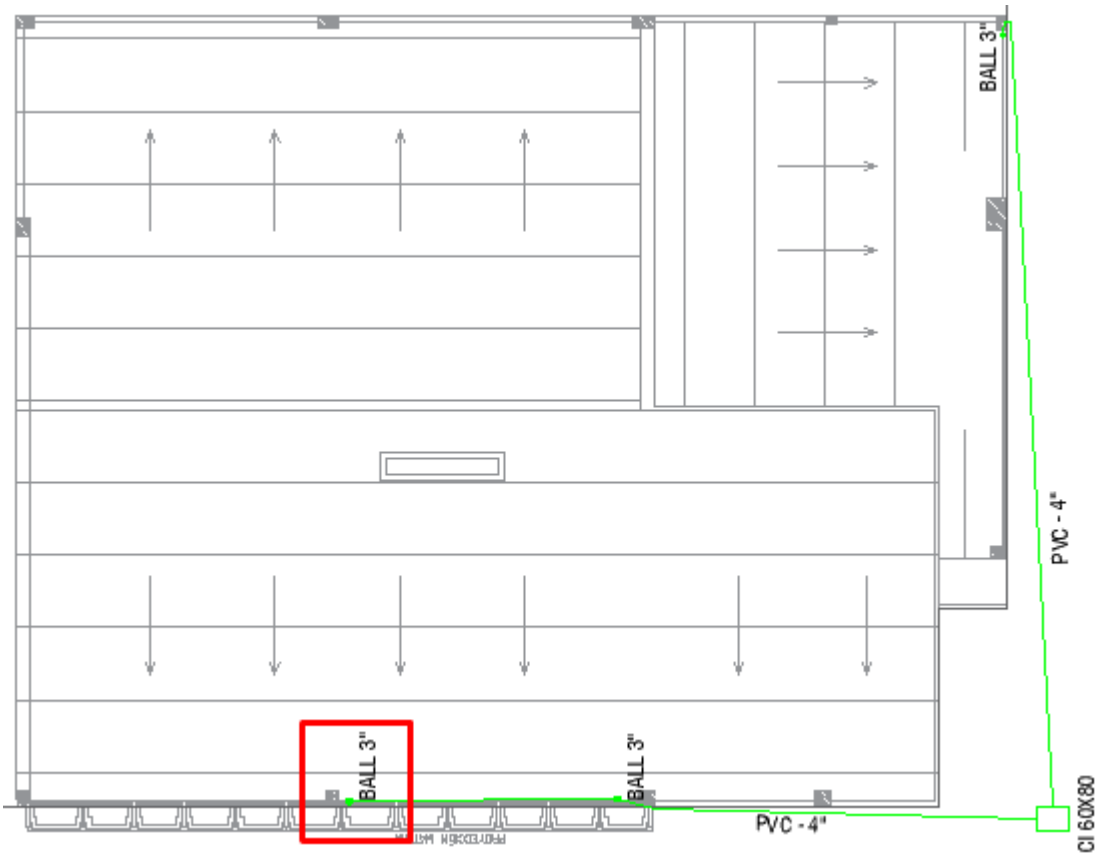
Ilustración 1 Área de cubierta seleccionada, sede Casa Amarilla



Fuente: Elaboración propia, a partir de planos proporcionados

La evacuación del agua captada en esta sección de la cubierta se realiza a través de una de las bajantes pluviales existentes, con un diámetro interno de 3 pulgadas. Esta bajante permite la recolección y conducción eficiente del caudal generado durante los eventos de precipitación.

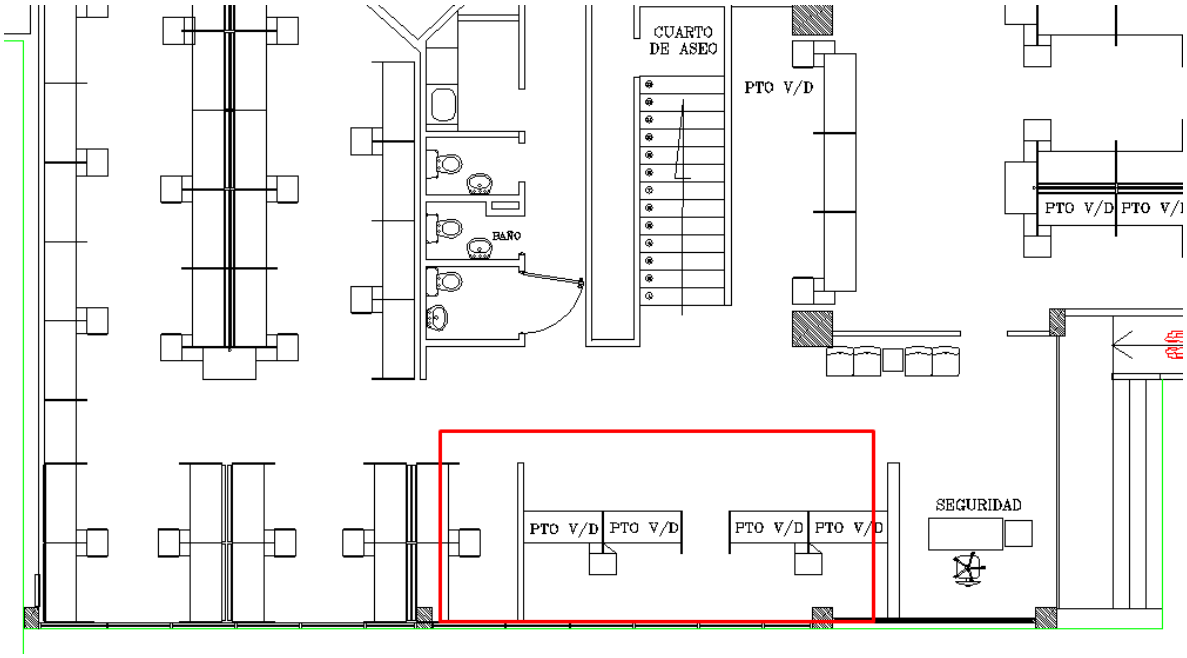
Ilustración 2 Bajante seleccionada en la cubierta seleccionada, Sede Casa Amarilla



Fuente: Elaboración propia, a partir de planos proporcionados

El agua pluvial captada en la cubierta bajará mediante la bajante y será dirigida hacia un tanque subterráneo de tratamiento y almacenamiento dividido en 3 secciones, ubicado abajo del sector de oficinas contiguo al área de archivo. En una sección del tanque, el agua será tratada mediante un sistema de filtración ascendente a través de lechos filtrantes. Una vez tratada, será transferida a las otras secciones del tanque a las partes almacenamiento, desde el cual se derivará mediante bombeo y un registro al sistema de acueducto, integrándose al flujo de agua que abastece a toda la sede.

Ilustración 3 Ubicación tanque subterráneo



Fuente: Elaboración propia, a partir de planos proporcionados

Ilustración 4 Sede Casa Amarilla desde carrera 32



Fuente: Elaboración propia, a partir de visitas

2 ANÁLISIS DE AFECTACIONES A LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE

2.1 INSPECCIÓN TÉCNICA DE LA SEDE

Durante las visitas técnicas realizadas a la Sede No. 3 - Casa Amarilla, se llevó a cabo una inspección visual detallada del interior de la sede. Se identificó que el edificio cuenta con 3 bajantes pluviales individuales en buen estado general, pero actualmente conectadas a los sistemas de drenaje pluvial del distrito sin aprovechamiento hídrico.

2.2 EVALUACIÓN DE COMPATIBILIDAD CON LOS SISTEMAS EXISTENTES

Actualmente, la Sede No. 3 no cuenta con un sistema de aprovechamiento de aguas lluvias. Las bajantes pluviales existentes descargan directamente al drenaje urbano, sin ningún tipo de tratamiento ni recolección, lo que impide su integración con el nuevo sistema de cosecha propuesto. Por esta razón, será necesario modificar las redes actuales para adaptarlas al nuevo sistema de captación.

De acuerdo con la evaluación de compatibilidad, la recolección de agua lluvia se realizará exclusivamente desde las cubiertas ubicadas hacia el lado de la carrera 32, ya que esta zona presenta una superficie adecuada para garantizar una captación eficiente. En dichas cubiertas existen dos bajantes pluviales; sin embargo, se optó por utilizar solo una y sellar la otra. Esta decisión permite simplificar el recorrido del agua hacia el tanque de tratamiento, optimizando el funcionamiento general del sistema.

En cuanto a la bajante seleccionada, será necesario intervenir la parte subterránea del primer piso para desviar su trayectoria hacia el tanque de tratamiento. Una vez el agua haya sido tratada, pasará a la sección de almacenamiento. Desde este punto, mediante un sistema de bombeo y un registro, el agua se integrará a la red interna de distribución de la sede. En los puntos de consumo, como lavamanos y lavaplatos, se instalarán potabilizadores que garantizarán la calidad del agua para su uso seguro.

Esta solución técnica permite que el agua recolectada desde las cubiertas sea tratada y reutilizada de manera segura y eficiente, aprovechando al máximo la infraestructura existente mediante intervenciones puntuales y estratégicas.

2.3 REQUIRIMIENTO INFRAESTRUCTURAL DE LA ALTERNATIVA

La implementación del sistema de captación de agua lluvia en la Sede No. 3 requiere una serie de adecuaciones infraestructurales, para garantizar la recolección eficiente del recurso y su posterior integración al sistema interno de abastecimiento de agua. Los requerimientos principales incluyen:

2.3.1 Adaptación de las bajantes existentes

Como se mencionó previamente, será necesario intervenir las bajantes pluviales existentes en la edificación para adecuarlas al nuevo sistema de captación de aguas lluvias. En este proceso, se procederá a anular una de las bajantes mediante su sellado, y se modificará la pendiente del canal de recolección pluvial (canalón) con el objetivo de redirigir el flujo de agua hacia la bajante seleccionada. Esta intervención garantizará que la totalidad del caudal proveniente de las cubiertas se concentre en un solo punto de captación, facilitando así su conducción hacia el sistema de tratamiento y posterior almacenamiento. Esta medida, además de optimizar el rendimiento hidráulico del sistema, reduce la complejidad de las redes y los costos asociados a la implementación.

2.3.2 Construcción de redes de conducción internas:

Se instalará una red de tuberías de PVC que permitirá conducir el agua desde la bajante pluvial hasta el tanque de tratamiento. Una vez tratada, el agua se trasladará hacia las secciones del tanque de almacenamiento. Desde este punto, mediante un sistema de bombeo y un registro de control, el agua será impulsada y conectada a la red principal de distribución del edificio. Esta integración permitirá que el recurso hídrico pueda ser utilizado de manera eficiente dentro de la infraestructura existente, asegurando un suministro constante en los puntos habilitados para su uso, como lavamanos y lavaplatos, los cuales contarán con dispositivos potabilizadores para garantizar la calidad del agua.

2.3.3 Instalación del tanque de tratamiento y de almacenamiento de agua lluvia

Se implementará un tanque de forma rectangular con dimensiones de 4 metros de ancho, 3 metros de largo y 2 metros de profundidad. Este tanque estará dividido internamente en tres secciones funcionales: uno destinado al tratamiento del agua lluvia y los otros al almacenamiento del recurso tratado.

La sección de tratamiento ocupará un volumen aproximado de 1 metro de ancho, 3 metros de largo y 2 metros de profundidad, donde se realizarán los procesos físicos y/o mecánicos necesarios para mejorar la calidad del agua recolectada. Por su parte, la sección de almacenamiento tendrá dimensiones de 3 metros de ancho, 3 metros de largo y 2 metros de profundidad, lo que le permitirá una capacidad útil de aproximadamente 18 metros cúbicos (18,000 litros), garantizando un margen de seguridad ante eventos de alta captación o mantenimiento del sistema.

Durante el proceso de diseño, se identificó que en la zona donde se ubicará el tanque subterráneo pasa actualmente la tubería de ingreso del acueducto a la sede. Para permitir la construcción del tanque sin afectar el suministro de agua potable, se ejecutará una pequeña desviación en dicha tubería, utilizando un codo hidráulico al ingreso del predio. Esta solución técnica permitirá liberar el espacio necesario para la estructura del tanque sin comprometer la funcionalidad del sistema de abastecimiento existente.

Asimismo, se evidenció que una de las tuberías de drenaje pluvial existentes pasa justo por encima del área proyectada para el tanque, lo cual representa una interferencia directa. Por esta razón, se realizará una modificación leve en el trazado de dicha tubería, reubicándola de manera que no comparta el mismo espacio con la losa superior del tanque. Adicionalmente, se integrará una conexión hidráulica entre el tanque y el ducto pluvial para implementar un sistema de rebose de seguridad. Esta conexión permitirá evacuar el exceso de agua en caso de que el tanque alcance su capacidad máxima, garantizando la protección estructural y operativa del sistema.

2.3.4 Sistema de distribución tratada

Desde el tanque de almacenamiento, el agua será impulsada mediante una bomba centrífuga y controlada a través de un registro hidráulico, para su conexión directa con la red principal de distribución de la sede. Este sistema permitirá el suministro

eficiente del agua tratada hacia los distintos puntos de consumo definidos en el diseño, garantizando una presión y caudal adecuados para su funcionamiento. La conexión a la red interna se realizará cumpliendo con las normativas técnicas aplicables, asegurando una integración segura con la infraestructura existente.

2.3.5 Sistema de potabilización total

Para asegurar que el agua sea completamente apta para el consumo humano, se instalarán unidades potabilizadoras en los puntos de uso específicos, tales como lavamanos y lavaplatos. Estos dispositivos estarán diseñados para eliminar cualquier contaminante remanente mediante procesos complementarios según sea necesario. De esta manera, se garantiza que el agua tratada cumpla con los estándares de calidad exigidos por la normativa sanitaria vigente para agua potable.

3 DISEÑO DETALLADO DE LA ALTERNATIVA

3.1 MEMORIAS DE CÁCULO

Para el estudio hidrológico de este proyecto se empleó la metodología de curvas IDF (Intensidad - Duración - Frecuencia), una de las herramientas más utilizadas para el diseño de sistemas de recolección de aguas lluvias. En este caso, se aplicó la metodología establecida por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS).

Como primer paso, se seleccionó la estación climatológica más cercana al sitio de estudio, que corresponde a la estación Puente Aranda. Esta estación está ubicada en la región Andina, y según la clasificación de INVIAS, se utilizan los siguientes coeficientes para la formulación de las curvas IDF:

Tabla 1Valores de los coeficientes a, b, c y d para el cálculo de las curvas IDF, para Colombia.

Región	a	b	c	d
Andina	0.94	0.18	0.66	0.83
Caribe	24.85	0.22	0.5	0.1
Pacifico	13.92	0.19	0.58	0.2
Orinoquia	5.53	0.17	0.63	0.42

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, se analizaron los datos de precipitación máxima diaria registrada anualmente en la estación Puente Aranda. Este registro comprende los años 2009 a 2022 y permite evidenciar la variabilidad interanual de los eventos máximos de lluvia en la zona.

Tabla 2 Valores precipitación anual máxima.

EST. RMCAB PTE. ARANDA	
AÑO	PMAX
2009	26
2010	50.1
2011	21.9
2012	49.4

2013	22.5
2014	22.5
2015	20
2016	43.3
2017	54.7
2018	17.8
2019	16
2020	24.8
2021	19
2022	29.7

Fuente: Elaboración propia

A partir de los datos analizados, se obtuvieron los siguientes resultados estadísticos:

Tabla 3 Resumen estadístico de datos de precipitación.

N	14
Media	29.84 mm
Desviación estandar	13.457
%Var.	45%

Fuente: Elaboración propia

A partir de estos resultados y los parámetros establecidos por INVIAS para la región Andina, se empleó la siguiente fórmula para el cálculo de intensidades:

$$I = \frac{a * T_r^d}{(t+b)^c}$$

Donde:
I= Intensidad de precipitación (mm/h)
t= Duración de la lluvia (minutos)
Tr= Periodo de retorno (años)
a,b,c,d= Coeficientes regionales proporcionados por INVIAS

A partir de esta fórmula, se calcularon las intensidades de precipitación para diferentes combinaciones de duración y periodo de retorno. La siguiente tabla presenta los valores obtenidos:

Tabla 4 Valores IDF estación Puente Aranda

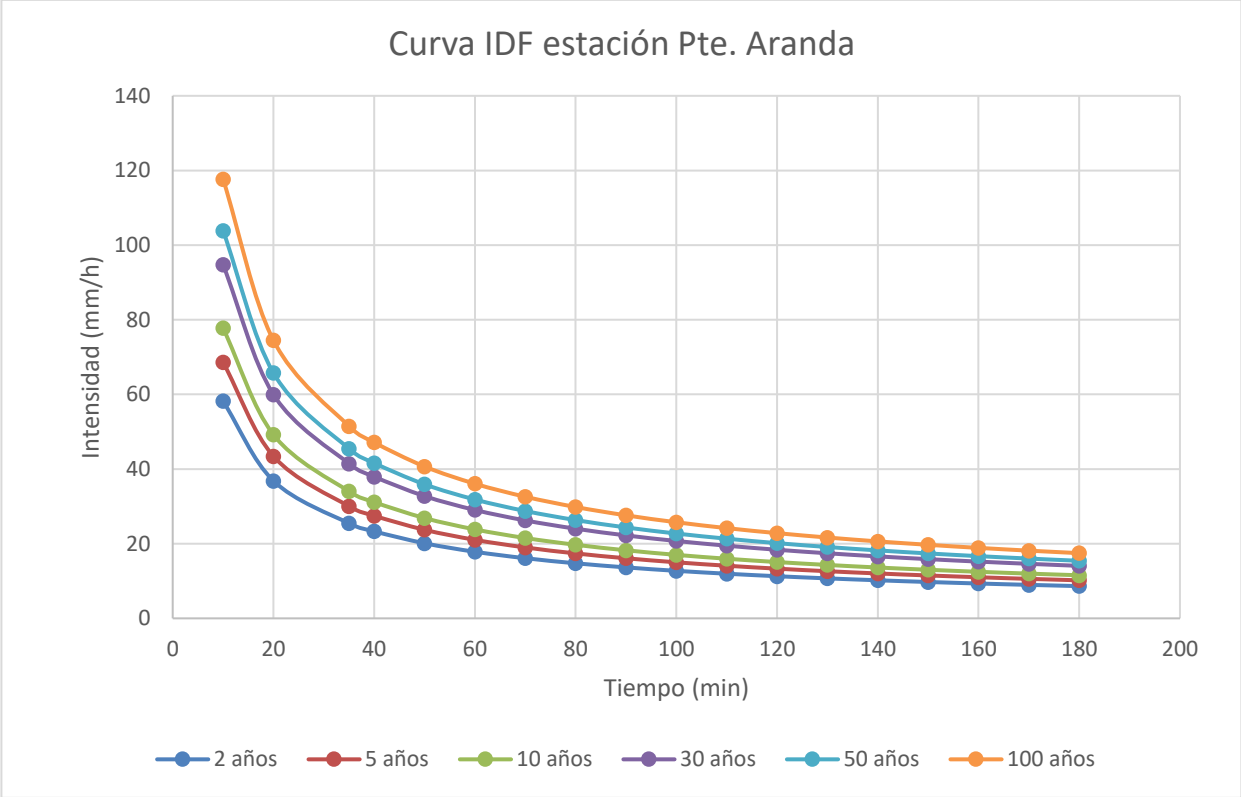
Tiempo	Periodo de retorno (años)					
(min)	2 años	5 años	10 años	30 años	50 años	100 años
10	58.2001793	68.6362464	77.7568975	94.7590612	103.885163	117.689827
20	36.8336304	43.4383907	49.2106528	59.9709533	65.7466649	74.4833372
35	25.458887	30.0240044	34.0137108	41.451079	45.4431696	51.4818345
40	23.3112053	27.4912147	31.1443542	37.9543148	41.6096373	47.1388876
50	20.1188948	23.7264805	26.8793474	32.7567304	35.9114815	40.6835387
60	17.8379317	21.0365104	23.8319236	29.0429632	31.8400469	36.0710761
70	16.1123771	19.0015408	21.5265393	26.2334883	28.7599958	32.5817358
80	14.7531559	17.3985932	19.7105858	24.0204621	26.3338364	29.8331789
90	13.6497365	16.097316	18.2363898	22.2239214	24.3642736	27.601893
100	12.7328119	15.0159746	17.0113556	20.7310238	22.7275972	25.7477287
110	11.9565298	14.1004948	15.9742233	19.4671142	21.3419625	24.1779654
120	11.2892399	13.3135509	15.0827072	18.3806611	20.1508747	22.8286012
130	10.7083291	12.6284751	14.3065959	17.4348469	19.1139705	21.6539092
140	10.1971738	12.0256628	13.6236796	16.6026054	18.2015772	20.6202734
150	9.74325551	11.4903509	13.0172334	15.863555	17.3913499	19.7023801
160	9.33695218	11.011192	12.474402	15.2020292	16.6661135	18.8807714
170	8.97073515	10.5793074	11.9851269	14.6057701	16.0124297	18.1402236
180	8.63862197	10.1876419	11.5414153	14.0650376	15.41962	17.468639

Fuente: Elaboración propia a partir de datos estación Puente Aranda

Con base en estos datos, se establecieron las intensidades de diseño correspondientes a diferentes duraciones de lluvia (entre 10 y 180 minutos) y a varios periodos de retorno (2, 5, 10, 20, 50 y 100 años), los cuales son requeridos para estimar los caudales de diseño en sistemas de captación pluvial.

Para este proyecto, se seleccionó una intensidad de diseño de 34.013 mm/h, correspondiente a una duración de 35 minutos y un periodo de retorno de 10 años.

Ilustración 5 Curvas IDF estación Puente Aranda.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos estación Puente Aranda

La curva IDF correspondiente a la estación Puente Aranda muestra una tendencia decreciente de la intensidad de la lluvia a medida que aumenta la duración del evento, lo cual es característico del comportamiento hidrológico en zonas montañosas de la región Andina. Asimismo, se observa que, para eventos con mayor periodo de retorno, la intensidad esperada es significativamente mayor, lo que respalda la necesidad del diseño de captación y manejo de aguas lluvias basados en análisis de riesgo y frecuencia.

Los cálculos realizados para estimar los volúmenes de captación fueron los siguientes:

Teniendo los datos de que el área en cubierta es de 212.96 m^2, con intensidad de la lluvia de 34.01 mm/h y un coeficiente de escorrentía de 0.9.

$$\boldsymbol{Volumen\ Captado} = \frac{\acute{a}rea\ cubierta * Intesidad\ Lluv * Cof\ Esco}{1000}$$

$$\boldsymbol{Volumen\ Captado} = \frac{212.96\ m^2 * 34.01\ \frac{mm}{h} * 0.9}{1000}$$

$$\boldsymbol{Volumen\ Captado} = 6.518\ \frac{m^3}{h}$$

A partir del análisis técnico realizado, se concluye que el sistema propuesto es técnicamente viable, ya que cumple con los requerimientos de tratamiento para potabilizar el agua lluvia recolectada en la sede Casa Amarilla. El diseño se ajusta adecuadamente al caudal estimado de 6.518 m³/h, garantizando un suministro continuo y seguro del recurso.

Finalmente, esta alternativa representa una solución eficiente y sostenible para el aprovechamiento del agua lluvia, al integrar tecnologías compactas de bajo consumo energético, facilitar la reutilización del recurso hídrico y contribuir con prácticas responsables en la gestión ambiental del edificio.

3.1.1 Memoria de cálculo Tanque de tratamiento - filtro ascendente con lechos granulares

Tabla 5 Datos generales del sistema

Concepto	Valor
Tipo de tanque	Concreto impermeabilizado
Volumen total	6000 L (6 m³)
Largo	1.00 m
Ancho	3.00 m
Altura total del tanque	2.00 m
Tipo de flujo	Ascendente

Fuente: Elaboración propia

La configuración del lecho filtrante va de la siguiente manera:

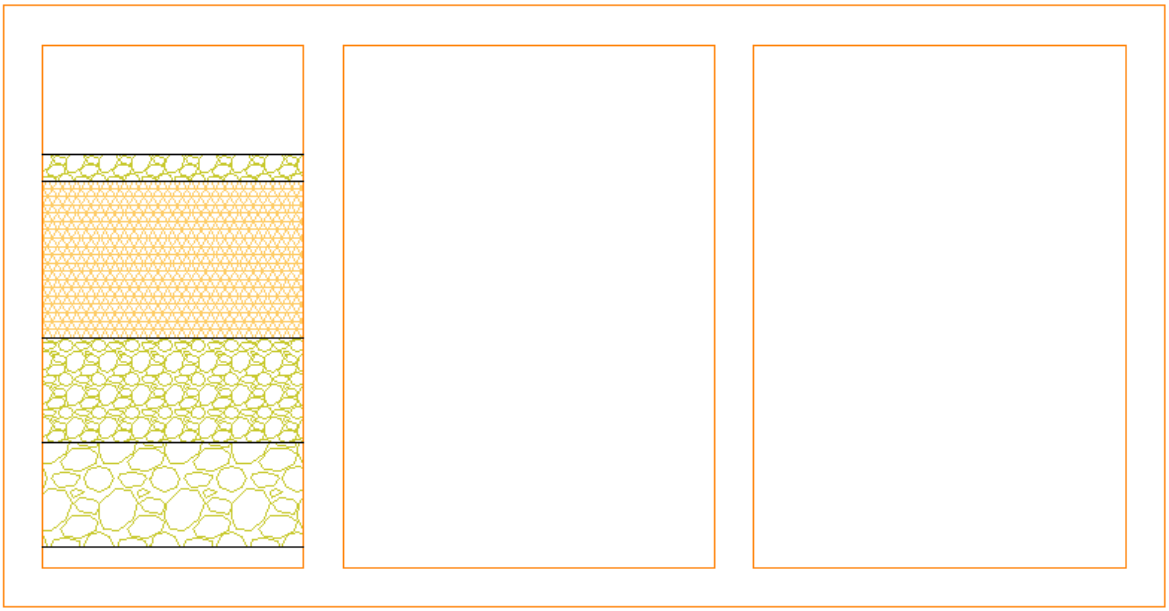
Las capas del filtro del tanque de tratamiento se compondrían de la siguiente manera:

Tabla 6 Capas del filtro

Capa	Espesor (m)	Volumen (m^3)	Función
Falso fondo / espacio inferior	0.08	-	Distribución del flujo
Grava 3/4"	0.4	1.2	Soporte de lecho
Grava 1/2" (intermedia)	0.4	1.2	Transición
Mezcla arena + carbón (4:1)	0.6	1.8	Filtración fina y adsorción
Grava 1/2" (superior)	0.1	0.3	Contra - arrastre de finos
Total, altura del lecho	**1.5 m**	**4.5 m^3**	

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 6 Esquema de capas del tanque de tratamiento



Fuente: Elaboración propia

Los volúmenes y pesos estimados son:

Tabla 7 Volúmenes y pesos estimados

Material	Volumen (m³)	Densidad (kg/m³)	Peso aprox. (kg)
Grava 3/4"	1,2	1600	1920
Grava 1/2" (intermedia)	1,2	1650	1980
Grava 1/2" (superior)	0,3	1650	495
Arena lavada	0,9	1550	1395
Carbón activado	0,9	450	405
Total aproximado	**5**	-	**6195**

Fuente: Elaboración propia

El agua en los vacíos de lecho se calcula mediante las siguientes formulas y suponiendo que se tenga una porosidad (n) de 35% en lechos granulares:

$$\text{Volumen de vacíos} = n \times Volumen\ lecho$$
$$\text{Volumen de vacíos} = 0.35 \times 5\ m^3$$
$$\text{Volumen de vacíos} = 1{,}75\ m^3$$

$$\text{Masa de agua en vacíos} = \text{Volumen de vacíos} \times 1000\ kg/m^3$$
$$\text{Masa de agua en vacíos} = 1{,}75\ m^3 \times 1000\ kg/m^3$$
$$\text{Masa de agua en vacíos} = 1750\ kg$$

El agua libre en el tanque se calcula con las siguientes formulas, el nivel de llenado al 85%:

$$\text{Volumen de llenado} = 0.85 \times 6\ m^3$$
$$\text{Volumen de llenado} = 5{,}1\ m^3$$

Como se puede apreciar en la tabla anterior, el volumen ocupado por lecho es de 5 m³, entonces el volumen de agua libre da:

$$\text{Volumen libre} = Volumen\ de\ llenado - Volumen\ de\ lecho$$
$$\text{Volumen libre} = 5{,}1\ m^3 - 5\ m^3$$
$$\text{Volumen libre} = 0{,}1\ m^3$$

Con el volumen libre se calcula la masa de agua libre:

$$\text{Masa de agua libre} = Volumen\ libre\ \times\ 1000\ kg/m^3$$
$$\text{Masa de agua libre} = 0{,}1\ m^3\ \times\ 1000\ kg/m^3$$
$$\text{Masa de agua libre} = 100\ kg$$

Ya con la masa de agua libre se tienen los datos completos para la fórmula de la masa total del sistema.

$$\text{Masa total del sistema} = \text{Sólidos del lecho} + \text{Agua en vacíos} + \text{Agua libre}$$
$$\text{Masa total del sistema} = 6195\ \text{kg} + 1750\ \text{kg} + 100\ \text{kg}$$
$$\text{Masa total del sistema} = 8045\ \text{kg}$$

3.1.2 Inventario de accesorios y tuberías

A continuación, se presenta el inventario de los accesorios hidráulicos y tramos de tubería requeridos para el sistema de captación, tratamiento y distribución propuesto en esta alternativa. Se detallan las cantidades, longitudes y diámetros nominales, clasificados por tipo de accesorio:

Tabla 8 Inventario

Accesorios		**Tubería**	
Accesorios	**Cantidades**	**Longitud (m)**	**diámetro (in)**
Válvula conexión	1	2,8	1
Codo 90°	3	3,88	1
Registro	2		
Conexión T	2		
Potabilizadores	6		

Fuente: Elaboración propia

3.2 PLANOS HIDROSANITARIOS

Este proyecto plantea un sistema integrado de tratamiento y distribución de aguas recolectadas, provenientes de la captación pluvial. Para ello, se elaboró un modelo hidráulico mediante el software EPANET, el cual permite simular con precisión el comportamiento de la red, evaluar presiones en distintos puntos y verificar el funcionamiento del sistema ante condiciones reales de operación.

A continuación, se presenta la simbología utilizada en el modelo:

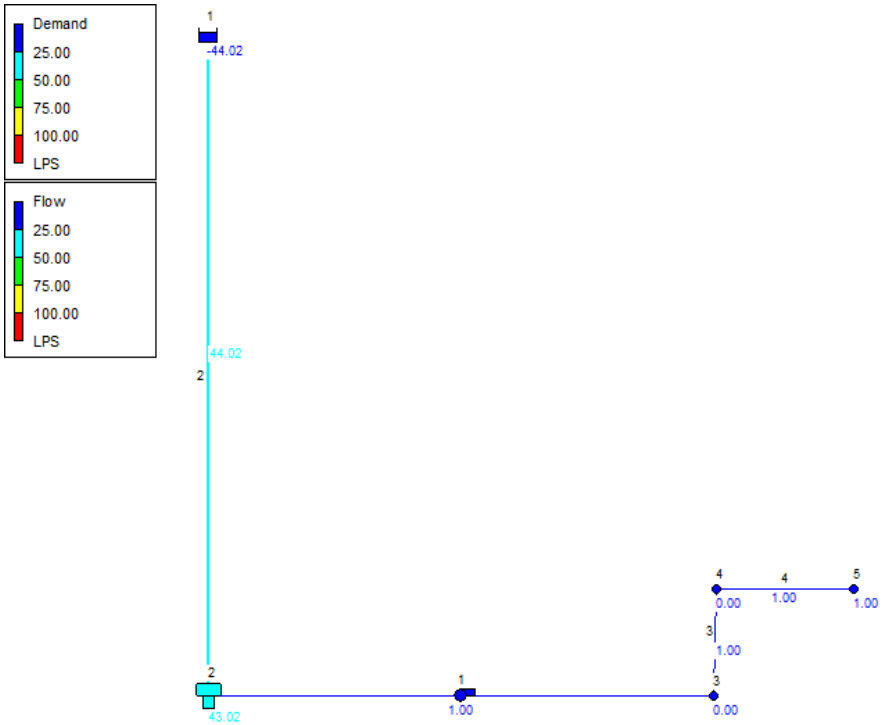
Tabla 9 Simbología utilizada en EPANET.

Símbolo	Nomenclatura	Descripción
	Nodo	Utilizados para dos opciones: 1. Representar puntos de interés como cambios de dirección o tanques de desinfección. 2. Representar los puntos de demanda de agua (Cocina y Baño).
	Reservorio	Representa las entradas principales de agua al sistema: 1. Captación de agua atmosférica 2. Captación desde el tanque de recolección aguas lluvia.
	Tanque	Elemento de almacenamiento central del sistema de distribución.
	Tubería	Conduce el agua desde los puntos de recolección hasta los puntos de consumo.
	Bomba	Se modeló una bomba de 0.5 HP para impulsar el agua desde el tanque hacia la red de consumo.

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura se muestra el modelo hidráulico montado en EPANET, para ver a detalle la modelación ver Anexo A Modelación hidráulica en EPANET – Alternativa 1.

Ilustración 7 Modelo hidráulico en EPANET



Fuente: Elaboración propia

Para esta alternativa, se propone recolectar el agua lluvia mediante las canaletas ubicadas en el techo de la sede. Gracias a la pendiente del techo, el agua fluye hacia un punto específico donde se encuentra ubicado un reservorio a una altura de 6.9 metros, correspondiente a la altura del techo. Desde este punto, el agua desciende a través de una tubería de 3 pulgadas de diámetro hasta un tanque subterráneo, enterrado a 2 metros de profundidad.

Después del proceso de filtración, una bomba hidroneumática de medio caballo de fuerza impulsa el agua por medio de tubería de una pulgada de diámetro hacia una caja de conexión, la cual está integrada al sistema de acueducto que abastece a la sede, permitiendo su distribución a través de la red de tuberías existente. Por otra parte, que para este proceso el agua va a ser potable y en los puntos de conexión en la cocina y baños se instalaran filtros para su consumo humano.

En la simulación hidráulica realizada en EPANET, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 10 Resultados Hidráulicos de EPANET nodos

ID Nodo	Demanda LPS	Cabeza (m)	Presión (m)
Nodo 3	0.00	41.32	39.32
Nodo 4	0.00	40.57	38.57
Nodo 5	1.00	40.02	38.02
Resvr 1	-66.28	6.90	0.00
Tank 2	65.28	3.80	3.80

Fuente: Elaboración propia

Los datos de la simulación hidráulica muestran que los nodos 3, 4 y 5 presentan presiones estables y adecuadas, superiores a los 38 metros de columna de agua, lo cual indica que el sistema cuenta con suficiente energía hidráulica para el suministro eficiente en todos los puntos analizados. El nodo 5, que tiene una demanda activa de 1.00 L/s, mantiene una presión de 38.02 metros, lo que es más que suficiente para garantizar el funcionamiento adecuado de artefactos hidráulicos domésticos.

Por otro lado, los nodos 3 y 4, aunque no tienen demanda en esta simulación, registran presiones similares (39.32 m y 38.57 m respectivamente), lo cual indica que la red está bien presurizada. El nodo Resvr 1 actúa como fuente del sistema, con una carga de 6.90 metros, correspondiente a la altura del reservorio elevado. Por su parte, el nodo Tank 2, que representa el tanque de almacenamiento

subterráneo, recibe un caudal de 65.28 L/s con una presión de 3.80 m, lo que sugiere que el sistema de captación desde el reservorio hasta el tanque está operando de manera eficiente.

Tabla 11 Resultados Hidráulicos de EPANET tuberías

ID Tubería	Caudal LPS	Velocidad (m /s)	Pérdida de Carga Unitaria m/km	Factor de Fricción
Tubería 2	31.10	6.82	449.28	0.014
Tubería 3	1.00	2.12	194.21	0.021
Tubería 4	1.00	2.12	194.22	0.021
Bomba 1	1.00	0.00	-37.52	0.000

Fuente: Elaboración propia

En cuanto al comportamiento de las tuberías, se observa que la Tubería 2 transporta un alto caudal de 31.10 L/s con una velocidad elevada de 6.82 m/s, y mantiene una pérdida de carga unitaria aceptable de 449.28 m/km, lo cual indica un desempeño adecuado para una línea principal de conducción. Por otro lado, las tuberías 3 y 4, que manejan un caudal menor (1.00 L/s), presentan velocidades considerablemente más bajas (2.12 m/s) y pérdidas de carga moderadas (alrededor de 194.2 m/km), lo cual mejora la eficiencia general del sistema en comparación con la simulación anterior. Estas condiciones son más apropiadas para tramos secundarios o de distribución. La bomba 1 continúa operando con un caudal constante de 1.00 L/s y genera una carga hidráulica de 37.52 m, permitiendo impulsar el agua desde el tanque filtrado hacia la red de distribución de forma efectiva, sin que se evidencie pérdida de energía adicional.

Los resultados de esta simulación reflejan una mejora significativa en el comportamiento hidráulico del sistema, particularmente en la reducción de velocidades y pérdidas de carga en las tuberías secundarias. Las presiones registradas en todos los nodos son elevadas y constantes, garantizando un servicio adecuado en los puntos de consumo. El sistema opera de manera estable, con un flujo eficiente desde el reservorio hasta el tanque de almacenamiento y luego hacia los puntos de distribución. La bomba cumple su función correctamente, sin sobre exigencia, y las condiciones actuales favorecen la durabilidad del sistema, minimizando el riesgo de fallos hidráulicos. No se detectan puntos críticos que requieran ajustes inmediatos, aunque se recomienda mantener monitoreo periódico para asegurar el rendimiento sostenido a lo largo del tiempo.

Esta alternativa cumple con los principios y disposiciones de normativas nacionales e internacionales relacionadas con el aprovechamiento de aguas lluvias para consumo humano, siempre que no sea consumo directo sin potabilización completa. En Colombia, por ejemplo, se alinea con lo establecido en la Resolución 2115 de 2007 del Ministerio de Protección Social, que regula la calidad del agua para consumo humano. Aunque el sistema aquí descrito no garantiza la potabilización total del agua, incorpora un lecho filtrante con carbón activado y gravas que contribuyen a la remoción de sólidos suspendidos, materia orgánica, olores y otros contaminantes, mejorando sensiblemente la calidad del agua.

Adicionalmente, el diseño responde a los criterios de la NSR-10 (Norma Colombiana de Construcción Sismo Resistente), en cuanto a seguridad estructural y ubicación de tanques enterrados, y se adecúa a los lineamientos del RAS 2000 (Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico), especialmente en los aspectos de almacenamiento, conducción, y tratamiento básico del recurso hídrico. También se promueve el uso eficiente del recurso, lo cual está alineado con políticas de sostenibilidad hídrica establecidas en la Ley 373 de 1997, que fomenta el uso racional del agua. El uso de una bomba hidroneumática controlada hidráulicamente también respeta principios de eficiencia energética indicados por la RETIE (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas), ya que optimiza el funcionamiento del sistema sin sobredimensionar el consumo energético.

3.3 REMISIÓN A ANEXOS

Como parte del respaldo técnico del proyecto, se adjuntan los siguientes archivos que sustentan el diseño, análisis y funcionamiento del sistema de captación de aguas lluvias:

- Anexo A Modelación hidráulica en EPANET – Alternativa 1, que permite simular el comportamiento del sistema bajo distintas condiciones operativas.

- Anexo B Detalle Red Captación, plano de la red de captación, almacenamiento y distribución, que detallan la ubicación y dimensiones de tuberías, tanque de almacenamiento y demás elementos del sistema.

- Anexo C Detalle red para evitar desbordamiento.

- Anexo D Plano eléctrico del sistema de bombeo, que incluyen el esquema de conexión, y dispositivos de control.

- Anexo E Memoria estructural, acompañada de sus respectivos planos, que justifica el diseño y dimensionamiento del tanque de almacenamiento y otras estructuras involucradas.

Esta documentación permite una comprensión integral del sistema propuesto y garantiza la trazabilidad del diseño desde el análisis técnico hasta su implementación.

4 MANTENIMIENTO Y MONITOREO DE LA ALTERNATIVA

El adecuado mantenimiento y monitoreo del sistema de cosecha de agua lluvia es fundamental para garantizar su eficiencia operativa, prolongar la vida útil de los componentes y asegurar la calidad del recurso hídrico tratado. Esta sección establece los lineamientos técnicos para el seguimiento del desempeño del sistema implementado en la Sede ID No. 3 Casa Amarilla, incluyendo el diseño del sistema de medición, procedimientos de control, mantenimiento y estimación de costos.

4.1 DISEÑO DEL SISTEMA DE MEDICIÓN DE FLUJO EN LAS TUBERÍAS DE CAPTACIÓN

4.1.1 Ubicación del medidor

Para monitorear adecuadamente el volumen de agua lluvia captada desde la cubierta, se instalará un sistema de medición de flujo en la tubería que conduce desde la bajante seleccionada hasta el tanque de tratamiento. Esta ubicación permitirá cuantificar el caudal recolectado directamente desde el área de captación, facilitando tanto el control operativo como el análisis de eficiencia del sistema frente a los eventos de precipitación registrados.

4.1.2 Características del medidor recomendado

El medidor recomendado para este fin es un caudalímetro electromagnético o ultrasónico de inserción, cuya instalación no interfiera significativamente con el flujo del agua y que proporcione lecturas precisas aún en condiciones de baja presión. Este medidor deberá ser compatible con tuberías de 3 pulgadas de diámetro, contar con un rango de medición adecuado para caudales entre 0.1 y 5 litros por segundo y disponer de opciones de lectura digital o registro automatizado. Se sugiere que funcione con alimentación autónoma (batería interna) o, de ser posible, esté conectado a una fuente de energía continua. El cuerpo del equipo deberá ser resistente a la intemperie y tener protección contra humedad.

4.2 PROCEDIMIENTOS DE VERIFICACIÓN Y CONTROL

Con el fin de asegurar el buen estado del sistema, se establecerán procedimientos periódicos de verificación. Se realizará una inspección visual semanal de los elementos superficiales como canalones, rejilla y bajante, con el objetivo de prevenir obstrucciones por hojas o residuos sólidos. Asimismo, el caudalímetro instalado será revisado mensualmente para validar su lectura y asegurar su correcto funcionamiento. De forma bimestral, se registrarán manual o digitalmente los volúmenes de agua tratada y almacenada, con el fin de evaluar el rendimiento del sistema frente al comportamiento climático. Además, se efectuará una evaluación semestral de la calidad del agua tratada mediante análisis básicos como turbidez, color y presencia de contaminantes, en caso de que la normativa local lo exija.

Tabla 12 Procedimientos de verificación y control

Actividad de Verificación	Frecuencia	Objetivo
Inspección visual de canalones, rejilla y bajante	Semanal	Detectar y prevenir obstrucciones por hojas o residuos sólidos
Revisión del caudalímetro	Mensual	Verificar lectura y asegurar correcto funcionamiento
Registro de volúmenes de agua tratada y almacenada	Bimestral	Evaluar el rendimiento del sistema frente al comportamiento climático
Análisis básico de calidad del agua (turbidez, color, contaminantes)	Semestral (o según normativa)	Verificar la calidad del agua tratada según los parámetros exigidos

Fuente: Elaboración propia

4.3 IDENTIFICACIÓN DE LOS COMPONENTES QUE REQUIEREN MANTENIMIENTO PERIÓDICO (TANQUES, TUBERÍAS, BOMBA, ETC.)

El sistema cuenta con varios componentes que requieren intervenciones periódicas para asegurar su funcionalidad. El canalón y bajante pluvial deben mantenerse libres de obstrucciones mediante limpieza frecuente, ya que representan el primer punto de contacto del agua con el sistema. Las tuberías de conducción deben ser inspeccionadas regularmente para identificar posibles fugas o acumulaciones de sedimentos que puedan afectar el flujo. El tanque de tratamiento, que funciona con un sistema de filtración ascendente, debe ser intervenido periódicamente para revisar y limpiar los lechos filtrantes. El tanque de almacenamiento debe mantenerse libre de sedimentos y microorganismos, por lo que es indispensable

realizar labores de limpieza interna y desinfección. La bomba centrífuga requiere verificación de funcionamiento, presión y consumo eléctrico, y los potabilizadores instalados en los puntos de uso, como lavamanos y lavaplatos, deben ser revisados para limpiar o reemplazar los filtros según la vida útil establecida por el fabricante.

4.3.1 Tratamiento y desinfección en el tanque de almacenamiento

El mantenimiento del tanque de almacenamiento incluye el procedimiento de vaciado total del contenido, seguido de una limpieza mecánica de las paredes internas para remover sedimentos acumulados. Una vez limpio, se aplicará una solución de hipoclorito de sodio en una concentración mínima de 50 partes por millón, dejando actuar durante al menos 30 minutos antes del enjuague final. Este procedimiento deberá realizarse al menos dos veces al año para prevenir la proliferación de bacterias y garantizar la calidad del agua almacenada.

4.4 PROCEDIMIENTOS Y FRECUENCIAS DE MANTENIMIENTO

Las actividades de mantenimiento del sistema están organizadas de acuerdo con su naturaleza y frecuencia. La limpieza de canalones y rejillas se llevará a cabo cada dos semanas, debido a la alta probabilidad de acumulación de hojas y residuos en estas zonas expuestas. Las tuberías de conducción serán inspeccionadas mensualmente para asegurar la continuidad del flujo y prevenir pérdidas. Los lechos filtrantes del tanque de tratamiento deben ser intervenidos cada tres meses para su limpieza y evaluación. El tanque de almacenamiento será desinfectado cada seis meses, siguiendo el protocolo indicado anteriormente. La bomba centrífuga será verificada una vez al mes para confirmar su operatividad, y los filtros potabilizadores deberán ser limpiados o reemplazados conforme a la indicación del fabricante, aunque se recomienda al menos dos intervenciones anuales por cada punto de uso.

Tabla 13 Procedimientos y frecuencia de mantenimiento

Actividad	Frecuencia	Responsable	Observaciones
Limpieza de canalón y rejilla	Cada 2 semanas	Personal de aseo	Retiro manual de hojas y residuos
Inspección de tuberías y conexiones	Mensual	Técnico hidráulico	Revisión visual y ajuste de uniones
Limpieza de filtros en tanque de tratamiento	Cada 3 meses	Técnico especializado	Sustitución si hay saturación
Limpieza y desinfección de tanque de almacenamiento	Semestral	Técnico sanitario	Uso de soluciones desinfectantes

Revisión y prueba de bomba	Mensual	Técnico eléctrico	Verificar presión y caudal
Reemplazo o limpieza de filtros potabilizadores	Según fabricante	Usuario o técnico	Registro de fechas de cambio

Fuente: Elaboración propia

La frecuencia puede ajustarse según la intensidad de las lluvias y condiciones particulares del entorno (presencia de árboles, polución, etc.).

4.5 COSTOS ESTIMADOS DE MANTENIMIENTO.

El mantenimiento regular del sistema implica una inversión anual que varía según los componentes intervenidos y la frecuencia requerida. Las labores de limpieza de canalones y bajantes representan un costo moderado pero frecuente, mientras que el mantenimiento de las tuberías, los filtros y los tanques supone una mayor inversión por intervención. La desinfección del tanque de almacenamiento, la revisión de la bomba y el reemplazo de los filtros potabilizadores son actividades críticas que implican un costo técnico adicional. Se estima que el costo total anual del mantenimiento general del sistema asciende aproximadamente a 3.300.000 pesos colombianos, considerando materiales, mano de obra y equipos mínimos requeridos. Esta inversión es fundamental para preservar la funcionalidad del sistema y garantizar la calidad del recurso hídrico recolectado y distribuido en la sede.

A continuación, se presenta una estimación referencial del costo mensual y anual de mantenimiento del sistema:

Tabla 14 Costos estimados de mantenimiento – Alternativa 1

Concepto	**Frecuencia**	**Costo unitario (COP)**	**Costo anual estimado (COP)**
Limpieza de canalones y bajante	24 veces/año	$30.000	$720.000
Mantenimiento de tuberías	12 veces/año	$40.000	$480.000
Limpieza de lechos filtrantes	4 veces/año	$100.000	$400.000
Desinfección de tanque de almacenamiento	2 veces/año	$150.000	$300.000
Mantenimiento de bomba	12 veces/año	$50.000	$600.000
Reposición de filtros potabilizadores	2 veces/año por punto	$80.000 (x6 puntos)	$800.000
Total estimado anual			**$3.300.000**

Fuente: Elaboración propia

5 ANÁLISIS DE RIESGOS, IMPACTO AMBIENTAL Y SST

La implementación del sistema de cosecha de agua lluvia en la Sede No. 3 – Casa Amarilla conlleva una serie de riesgos técnicos, ambientales y ocupacionales que deben ser evaluados de manera integral. Este capítulo identifica dichos riesgos y establece las medidas necesarias para garantizar la seguridad de las personas, la protección del entorno y la continuidad funcional del sistema durante las fases de instalación, operación y mantenimiento.

5.1 RIESGOS ASOCIADOS A LA IMPLEMENTACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE LA ALTERNATIVA

Durante la ejecución del proyecto se presentan diversos riesgos que deben ser gestionados oportunamente. A nivel estructural, existe la posibilidad de afectar componentes existentes como canalones, bajantes o ductos subterráneos durante la instalación de nuevas tuberías y adecuaciones en las pendientes. También se identifican riesgos eléctricos derivados del empalme del sistema de bombeo con la red de alimentación de la sede, especialmente si no se realiza bajo normativas RETIE. Por tratarse de un sistema parcialmente enterrado, se presentan además riesgos físicos relacionados con excavaciones, trabajos en espacios confinados dentro del tanque subterráneo, y caídas durante el acceso a cubiertas para limpieza.

En la fase de operación, pueden presentarse fallas en la bomba, obstrucción de tuberías por residuos sólidos no retenidos o deficiencias en el sistema de filtración, lo cual podría afectar la calidad del agua almacenada. Adicionalmente, existe riesgo de presión hidráulica inadecuada en la red interna o de contaminación cruzada si no se mantiene el aislamiento adecuado entre el agua tratada y otras redes. La implementación de protocolos específicos, capacitación al personal técnico y monitoreo permanente permitirán mitigar estos escenarios.

5.2 PROTOCOLOS Y CONDICIONES DE SST EN LA IMPLEMENTACIÓN DE LA ALTERNATIVA

Durante la ejecución del proyecto se presentan diversos riesgos que deben ser gestionados oportunamente. A nivel estructural, existe la posibilidad de afectar

componentes existentes como canalones, bajantes o ductos subterráneos durante la instalación de nuevas tuberías y adecuaciones en las pendientes. También se

identifican riesgos eléctricos derivados del empalme del sistema de bombeo con la red de alimentación de la sede, especialmente si no se realiza bajo normativas RETIE. Por tratarse de un sistema parcialmente enterrado, se presentan además riesgos físicos relacionados con excavaciones, trabajos en espacios confinados dentro del tanque subterráneo, y caídas durante el acceso a cubiertas para limpieza.

En la fase de operación, pueden presentarse fallas en la bomba, obstrucción de tuberías por residuos sólidos no retenidos o deficiencias en el sistema de filtración, lo cual podría afectar la calidad del agua almacenada. Adicionalmente, existe riesgo de presión hidráulica inadecuada en la red interna o de contaminación cruzada si no se mantiene el aislamiento adecuado entre el agua tratada y otras redes. La implementación de protocolos específicos, capacitación al personal técnico y monitoreo permanente permitirán mitigar estos escenarios.

5.2.1 Gestión documental y de seguimiento

Durante la implementación del sistema, se elaborará y mantendrá actualizada toda la documentación de seguridad y ambiente requerida por la normativa vigente. Esto incluye el Manual de Administración Operativa en SST (MAO-SST), bitácoras de obra, informes mensuales de avance y seguridad, y registros fotográficos de intervenciones. Estos documentos deberán ser revisados periódicamente por la interventoría y estarán disponibles para la entidad contratante. Asimismo, se establecerán recorridos de verificación de campo y controles rutinarios que garanticen el cumplimiento de las medidas de seguridad y mitigación ambiental.

5.2.2 Señalización de seguridad

En el sitio de obra se dispondrá de señalización visible en todas las zonas intervenidas, incluyendo avisos de riesgo eléctrico, ingreso restringido, uso obligatorio de EPP y ubicación de equipos de emergencia. La señalización deberá mantenerse en buen estado y cumplir con los lineamientos establecidos en el Manual de control y seguimiento ambiental y SST del IDU.

5.2.3 Emergencias y protocolos de respuesta

Se desarrollará un plan de contingencia que contemple medidas para responder a eventos inesperados como derrames, caídas, fallas eléctricas o contaminación del agua. Este plan incluirá rutas de evacuación, puntos de reunión, contactos de

emergencia y procedimientos específicos de atención ante incidentes. Todos los trabajadores serán capacitados en el contenido del plan y deberán participar en simulacros periódicos.

5.2.4 Asignación de responsabilidades

La implementación y seguimiento del sistema de SST será responsabilidad de un profesional designado por el contratista, quien coordinará directamente con la interventoría y supervisión del proyecto. Este profesional deberá documentar las actividades de seguridad, aplicar correctivos en caso de incumplimientos y asegurar la trazabilidad de las acciones implementadas.

5.3 IMPACTOS AMBIENTALES ASOCIADOS A LA IMPLEMENTACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE LA ALTERNATIVA

Durante las fases de instalación y operación del sistema, se pueden generar impactos ambientales temporales pero controlables. Entre los principales se encuentra la generación de residuos sólidos no peligrosos, como cortes de tubería, empaques y restos de concreto. También puede producirse alteración temporal en el drenaje natural del área intervenida, y existe el riesgo de contaminación del agua si no se realiza una limpieza adecuada de la cubierta antes de la captación.

Otro impacto relevante es el incremento en el consumo energético derivado del funcionamiento continuo de la bomba. Para mitigar estos efectos, se establecerán acciones como la recolección selectiva de residuos con disposición autorizada, programación de obras en temporada seca, instalación de mallas captadoras de sólidos en bajantes, y la utilización de bombas con eficiencia energética clase IE2 o superior. Estas medidas buscan asegurar que el sistema opere con un bajo impacto ambiental y alta sostenibilidad.

5.4 IMPACTOS AMBIENTALES ASOCIADOS A LA IMPL. Y PM DE LA ALTERNATIVA

Para evaluar los impactos ambientales generados durante la implementación y la puesta en marcha (PM) de la alternativa de captación de agua lluvia, se aplicó la

Matriz de Leopold, una herramienta cualitativa que relaciona acciones del proyecto con posibles efectos ambientales.

Tabla 15 MATRIZ DE LEOPOLD PARA LA EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

MATRIZ DE LEOPOLD PARA LA EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES								
ACCIONES QUE PUEDEN CAUSAR EFECTOS AMBIENTALES								
			A. MODIFICACIÓN DEL RÉGIMEN		C. EXTRACCIÓN DE RECURSOS	J. ACCIDENTES		
1. ACCIONES / 2, EFECTOS AMBIENTALES			F. Alteración del drenaje	M. Ruidos y vibraciones	B. Excavaciones superficiales	B. Escapes y fugas	C. Fallos de funcionamiento	EVALUACIONES DE MAGNITUD
ACCIONES PROPUESTAS								
A. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS	2. AGUA	D. Calidad					-7 8	-7
	3. ATMÓSFERA	A. Calidad (gases, particulas)			-7 8			-7
		B. Clima (Micro y macro)		-3 4				-3
C. FACTORES CULTURALES	4. NIVEL CULTURAL	B. Salud y seguridad			-3 4		-5 6	-8
	5. SERVICIOS E INFRAESTRUCTURAS	C. Red de servicios		1 1				1
D. RELACIONES ECOLÓGICAS		B. Eutrofización				-3 3	-2 3	-5
		C. Insectos portadores de enfermedades					-4 5	-4
EVALUACIONES DE IMPORTANCIA			0	5	12	3	22	

Fuente: Elaboración propia

La matriz de Leopold presentada permite identificar y valorar los impactos ambientales potenciales que pueden derivarse de tres tipos principales de acciones: la modificación del régimen, la extracción de recursos y los accidentes. A partir del cruce de estas acciones con diversos componentes ambientales, agrupados en

características físicas y químicas, factores culturales y relaciones ecológicas, se evaluaron tanto la magnitud como la importancia de cada impacto, proporcionando una visión integral de las posibles afectaciones ambientales.

Los resultados muestran que los accidentes constituyen la fuente de impactos más significativos, con una suma total de importancia de 22, lo que evidencia su carácter crítico. Estos impactos se reflejan principalmente en la calidad del agua (con una magnitud negativa de -7 y una importancia de 8), en la salud y seguridad humana (-5, con importancia de 6), y en aspectos ecológicos como la presencia de insectos vectores de enfermedades (-4, importancia 5). Estos datos destacan la necesidad urgente de implementar planes de contingencia, así como protocolos eficaces de prevención y atención ante eventos accidentales.

Por otro lado, la modificación del régimen presenta impactos moderados, especialmente sobre la calidad del agua, donde la alteración del drenaje alcanza una magnitud de 9 y una importancia de 10. Este hallazgo indica la necesidad de contar con un adecuado manejo del recurso hídrico para evitar afectaciones a los ecosistemas y a las comunidades que dependen de este recurso.

En cuanto a la extracción de recursos, aunque los impactos evaluados son de menor importancia (suma total de 5), se evidencia una afectación sobre la calidad del aire, con una magnitud de -7 y una importancia de 8, lo que sugiere la necesidad de controlar emisiones durante estas actividades para evitar efectos negativos en la atmósfera y la salud pública.

En conclusión, el análisis de esta matriz resalta que los accidentes representan los impactos más relevantes y de mayor riesgo ambiental, seguidos por los efectos derivados de la modificación del régimen hidrológico. Aunque la extracción de recursos muestra una menor importancia relativa, ciertos efectos localizados, como las emisiones atmosféricas, no deben ser desatendidos. Todo lo anterior justifica la implementación de estrategias integrales de gestión ambiental enfocadas en la prevención, mitigación y control de los impactos identificados.

5.5 PLAN DE CONTINGENCIA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA ALTERNATIVA

La implementación del sistema en la Sede Casa Amarilla requerirá un plan de contingencia integral que contemple tanto eventos técnicos como ambientales. Este plan incluirá medidas preventivas como la instalación de válvulas de retención, sensores de nivel en los tanques y alarmas por falta de presión. Ante fallas en la bomba, se deberá contar con una bomba de respaldo o un sistema de bypass hidráulico que garantice el suministro continuo.

En caso de obstrucciones en tuberías o acumulación de residuos en filtros, se establecerán procedimientos de limpieza inmediata y recirculación de agua. Frente a condiciones climáticas adversas o cortes de energía, se deberá asegurar el anclaje de equipos y contar con planta eléctrica auxiliar o sistemas UPS. Cualquier incidente relacionado con la calidad del agua, como presencia de color, olor o turbidez anormal, requerirá la suspensión inmediata del suministro y activación del protocolo de desinfección de emergencia.

Este plan será actualizado semestralmente y socializado con todo el personal técnico y administrativo involucrado en la operación del sistema.

Tabla 16 Plan de contingencia

Escenario de Riesgo	Medida Preventiva	Acción Correctiva Inmediata	Responsable
Fuga de agua tratada o sin tratar	Instalación de válvulas de retención y sensores de nivel	Corte manual o automático del flujo y contención del derrame	Operador del sistema
Fallo en el sistema de bombeo	Mantenimiento preventivo trimestral y bomba de respaldo	Activación de bypass hidráulico o bomba auxiliar	Técnico hidráulico
Obstrucción en tuberías o filtros	Limpieza programada y uso de mallas captadoras en bajantes	Retiro manual de residuos, lavado del sistema	Auxiliar de mantenimiento
Desbordamiento del tanque por lluvias intensas	Diseño con drenaje pluvial de emergencia y rebose controlado	Desviación del exceso hacia red pluvial externa	Coordinador de operación
Error en dosificación de desinfectante (potabilización)	Capacitación técnica y uso de manual operativo validado	Vaciado del tanque, nueva dosificación y prueba de calidad	Técnico ambiental

Contaminación del agua almacenada	Inspección regular, análisis de calidad y uso de prefiltros	Suspensión del uso, limpieza y desinfección del tanque	Técnico de calidad
Riesgos eléctricos durante mantenimiento	Inspección RETIE y señalización adecuada	Corte de energía, intervención por electricista autorizado	Electricista certificado
Evento sísmico o corte de energía	Anclaje de equipos, uso de UPS o planta auxiliar	Evaluación de daños, restablecimiento controlado del servicio	Equipo de contingencia

Fuente: Elaboración propia

6 PERMISOS, LICENCIAS O AUTORIZACIONES

La instalación y puesta en marcha del sistema de captación, tratamiento y distribución de agua lluvia en la Sede No. 3 – Casa Amarilla debe cumplir con los lineamientos legales y normativos aplicables a nivel nacional y distrital. Si bien no existe en Colombia una reglamentación única dirigida exclusivamente a los sistemas de cosecha de aguas lluvias, diversas disposiciones normativas de carácter ambiental, sanitario, urbanístico y técnico regulan indirectamente este tipo de proyectos.

En este contexto, se identifican los permisos y autorizaciones que podrían ser requeridos durante la implementación del sistema, considerando la naturaleza de las obras, el uso previsto del recurso hídrico y el entorno urbano en el que se desarrolla la intervención. Cualquier trámite necesario deberá ser gestionado ante las autoridades competentes antes del inicio de actividades constructivas u operativas.

Entre las normas más relevantes que enmarcan este tipo de iniciativas se encuentran el Decreto 1076 de 2015 (Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible), la Ley 99 de 1993, la Resolución 2115 de 2007 del Ministerio de Salud, el Decreto 3930 de 2010, el Decreto 1077 de 2015, y el Decreto 555 de 2021 (POT vigente de Bogotá D.C.), además de los reglamentos técnicos RETIE y RETILAP para instalaciones eléctricas y de iluminación.

6.1 LISTADO DE LICENCIAS NECESARIAS PARA INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE LA ALTERNATIVA

El sistema requiere la validación o autorización de diferentes entidades competentes, de acuerdo con el uso del agua, las intervenciones físicas que se realicen, la generación de residuos y los aspectos técnicos asociados a la operación. Estos permisos deben gestionarse antes del inicio de las actividades y mantenerse actualizados durante la vida útil del sistema.

6.1.1 Permisos ambientales

Aunque el proyecto no contempla una afectación directa sobre ecosistemas naturales o cuerpos hídricos, pueden surgir requerimientos ambientales específicos. En primer lugar, podría ser necesario gestionar un permiso de vertimiento ante la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA) si durante las labores de mantenimiento (como la limpieza de tanques o filtros) se generan aguas residuales. Este permiso se basa en lo establecido por el Decreto 3930 de 2010.

Adicionalmente, debe garantizarse la correcta gestión de residuos sólidos generados durante la etapa constructiva y operativa, conforme a lo dispuesto en el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) del Distrito. No se requiere una licencia ambiental general, ya que no se produce una afectación significativa sobre recursos naturales.

6.1.2 Licencias de construcción y uso del suelo

El sistema se instalará aprovechando la infraestructura existente, sin modificaciones estructurales mayores. Sin embargo, si durante el proceso se realizan obras civiles que alteren fachadas, cubiertas, muros estructurales o elementos visibles desde el espacio público, será necesario tramitar una licencia de construcción en modalidad de adecuación ante una Curaduría Urbana, según lo establecido por el Decreto 1077 de 2015.

Respecto al uso del suelo, se confirma que la sede cuenta con un uso institucional permitido en el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) vigente —Decreto 555 de 2021—, el cual autoriza la implementación de proyectos ambientales complementarios. Por lo tanto, no se requiere modificación del uso del suelo.

6.1.3 Permisos sanitarios

Dado que el sistema de captación incluye tratamiento y distribución del agua para usos como lavado de manos y utensilios, será obligatorio realizar el registro del sistema alternativo de abastecimiento ante la Secretaría Distrital de Salud (SDS), conforme a la Resolución 2115 de 2007. Este registro incluye la presentación del diseño técnico, los parámetros de calidad propuestos y el plan de monitoreo del agua.

Una vez en funcionamiento, la autoridad sanitaria podrá ejercer vigilancia periódica mediante visitas técnicas, toma de muestras y análisis de calidad del agua, verificando el cumplimiento de los valores máximos permisibles para los diferentes usos definidos.

6.1.4 Permisos Complementarios

Durante el proceso de instalación podrían requerirse permisos puntuales adicionales, dependiendo de la logística y del método constructivo adoptado. Si se requiere el uso temporal de andenes, zonas verdes o accesos externos para ingreso de maquinaria, tanques o grúas, deberá solicitarse el permiso de ocupación del espacio público ante el Instituto de Desarrollo Urbano (IDU) o la Alcaldía Local correspondiente.

En caso de instalar nuevas redes eléctricas para el sistema de bombeo o sensores automatizados, se deberá garantizar el cumplimiento del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE), con certificación emitida por un organismo acreditado. Asimismo, si se incluyen luminarias asociadas a tableros o espacios técnicos, se deberá validar su cumplimiento con el RETILAP, para garantizar condiciones adecuadas de iluminación.

6.1.5 Consideraciones especiales

Es indispensable consolidar una carpeta técnica del proyecto, que contenga todos los soportes documentales de los trámites realizados, disponibles para consulta por parte de entes de control o auditorías institucionales.

Además, se recomienda realizar una socialización interna con el personal de la sede, especialmente con el equipo de servicios generales y mantenimiento, para que conozcan el funcionamiento del sistema, sus restricciones operativas y beneficios ambientales.

Finalmente, se sugiere incorporar este sistema al Sistema de Gestión Ambiental institucional, permitiendo su seguimiento como indicador de sostenibilidad y reduciendo riesgos operativos a través del control y mejora continua. En caso de integrarse con la red general de agua potable de la sede, se podrá evaluar la necesidad de incluir su operación dentro de pólizas institucionales de responsabilidad civil y operativa.

7 COMPONENTE PRESUPUESTAL

En este numeral se describe de una manera ordenada la forma en que se desarrollará el COMPONENTE PRESUPUESTAL para la alternativa de aprovechamiento de agua lluvia, de tal forma que los productos elaborados cumplan con las especificaciones y alcances establecidos contractualmente, teniendo en cuenta el alcance particular del sector a estudiar y diseñar, así como las recomendaciones de las diferentes áreas del proyecto.

7.1 ANÁLISIS DE INSUMOS NECESARIOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN Y P.E.M DE LA ALTERNATIVA

La planeación y definición de parámetros para la elaboración de presupuestos de obra comprende: la identificación de materiales, equipos y actividades necesarias derivadas de los diseños desarrollados, como parte de la planeación financiera y componente presupuestal; la ubicación geográfica del proyecto; el estudio y análisis de la información existente; y la adopción de las bases de datos de precios del IDU, utilizando para ello la versión vigente publicada en la página oficial de la entidad.

7.1.1 Recopilación de las cantidades de obra

Las cantidades de obra son suministradas por cada una de las diferentes especialidades que integran los estudios y diseños de la alternativa diseñada, teniendo como base los planos de diseños.

7.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA REDES, MATERIALES Y EQUIPOS

Las especificaciones técnicas son documentos que detallan las características, requisitos y procedimientos necesarios para la realización de cada uno de los ítems del proyecto. Estas se constituyen una guía para asegurar que el resultado final cumpla con los estándares de calidad, funcionalidad y seguridad requeridos.

De manera generalizada, se redactaron las especificaciones de construcción según la utilización de los ítems del proyecto, los cuales corresponden con cada uno de los ítems incluidos en el presupuesto de obra.

En el ANEXO F. ESPECIFICACIONES TECNICAS se presenta el documento con las especificaciones técnicas de construcción definidas para el proyecto.

7.3 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Para determinar los Análisis de Precios Unitarios para cada ítem de obra, se tuvo como insumo principal la base de datos de precios del IDU en cada uno de los elementos que ella proporciona, ya sean estos los rendimientos, cantidades y precios de materiales y/o equipo.

Se realiza el respectivo análisis para todos los componentes del A.P.U. (materiales, mano de obra, equipo y transporte) y luego se suman para determinar el valor del costo directo de la actividad. El valor obtenido en el costo directo del APU, será redondeado a la unidad de peso. El formato para este cálculo corresponde a los modelos estándar del IDU.

En el ANEXO G. PRESUPUESTO_&_APUS_ALT1_ID03_V0 se presentan los análisis de precios unitarios para cada uno de los ítems del proyecto. Así mismo, se presenta el listado de materiales, personal, equipos y transporte requeridos para el proyecto.

7.4 A ANÁLISIS DE MERCADO (COTIZACIONES)

Los precios de los materiales están respaldados por las bases de datos del IDU actualizadas al año 2025. En el precio se incluye el IVA y el valor del transporte al sitio de la obra. En el caso de un precio no incluido en las bases de datos IDU, se presentan las cotizaciones necesarias de los proveedores del insumo.

La mano de obra considerada en el A.P.U., corresponde a la que se emplea directamente en la ejecución de la actividad. En cuanto a los ingenieros y el personal administrativo de la obra, estos se incluirán en el análisis de A.I.U.

Para el costo se define una escala salarial basada en el salario mínimo legal vigente (SMMLV) que se pagará en la obra clasificando el personal en maestros, oficiales y

ayudantes y asignado el salario a cada uno de ellos. La base para la definición de estos costos es la base de precios del IDU vigente para 2025.

El equipo seleccionado corresponde con la tarea y el plan de obra por ejecutar.

7.5 CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN Y P.E.M DE LA ALTERNATIVA

Se elabora un Programa de Trabajo, de acuerdo con una secuencia lógica y armónica en el desarrollo de cada una de las actividades de la obra agrupada en capítulos, planteando la ejecución de las obras en un plazo técnica y económicamente adecuado.

Se tendrán en cuenta los rendimientos históricos que se han alcanzado para la ejecución de contratos de esta naturaleza, permitiendo establecer los rendimientos que se pueden alcanzar en el presente proyecto.

En el ANEXO H. CRONOGRAMA ALTERNATIVA 1. se presenta el cronograma de obra elaborado para el proyecto.

7.6 ANÁLISIS DE NECESIDAD DE INTERVENTORÍA

De acuerdo con el alcance del proyecto, se recomienda a la entidad contar con una supervisión técnica que permita garantizar el alcance del proyecto y el cumplimiento de las especificaciones técnicas; por lo anterior, para este proyecto no se evidencia la necesidad de contratar una interventoría externa.

7.7 PRESUPUESTO

Con los precios unitarios de cada ítem y las respectivas cantidades de obra, se determinó el presupuesto básico de la obra en pesos colombianos.

El valor de cada actividad se determinó con la operación matemática de multiplicar la cantidad de obra de la respectiva actividad por su valor unitario, este valor debe redondearse a la unidad del peso (sin centavos). La suma de estas actividades dará como resultado el valor del presupuesto total, al cual le fue incluido el AIU desde la realización de los APU. El total del presupuesto será la suma del Presupuesto Básico o costo directo más el valor correspondiente al A.I.U. estimado para el proyecto.

A continuación, se presenta el resumen del presupuesto general de obra:

Ilustración 8 PRESUPUESTO DE OBRA

PRESUPUESTO DE OBRA

NOMBRE DEL PROYECTO:	COSECHAS DE AGUA LLUVIA SEDE ID 03 "CASA AMARILLA" (ALTERNATIVA 1)	AÑO BASE DE LOS PRECIOS	2024-I M.O. 2025

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT	VR UNITARIO	VR TOTAL
1	**CAPITULO 1. PRELIMINARES**				
1.1	AUSCULTACIÓN MANUAL LOCALIZADA DE CIMENTACIÓN EXISTENTE (EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA NO INSTRUMENTADA) 0.5X0.5M PROFUNDIDAD MAXIMA 2.5M	UN	4.00	$ 206,984.00	$ 827,936.00
1.2	REPLANTEO GENERAL	M2	14.69	$ 4,580.79	$ 67,268.91
1.3	CERRAMIENTO EN VARA ROLLIZA Y LONA H=1.50 M DISTANCIA ENTRE POSTES 2 M	ML	16.00	$ 61,202.39	$ 979,238.30
1.4	DEMOLICIÓN CONTRAPISO CONCRETO E > A 12CM	M2	14.69	$ 61,202.39	$ 898,757.16
1.5	EXCAVACION MANUAL EN MATERIAL CONGLOMERADO	M3	34.51	$ 166,646.50	$ 5,750,929.05
1.6	MORTERO 1:3 IMPERMEABILIZADO CON ADITIVO HIDROFUGO PARA AJUSTE DE PENDIENTE EN VIGA CANAL P=2%	M3	0.49	$ 730,224.80	$ 357,810.15
2	**CAPITULO 2. ESTRUCTURA**				
2.1	CONCRETO 2000 PSI GRAVA COMÚN 14 MPA (140 Kg/Cm2) PARA SOLADOS INCLUYE SUMINISTRO Y COLOCACIÓN.	M3	0.73	$ 618,323.52	$ 454,004.04
2.2	SUMINISTRO FIGURADA Y AMARRE DE ACERO 60000 PSI 420 Mpa	KG	963.82	$ 6,603.36	$ 6,364,453.52
2.3	CONCRETO SIMPLE DE 28 MPa - (4000 PSI) IMPERMEABILIZADO	M3	10.02	$ 1,420,687.70	$ 14,232,449.38
2.4	SUMINISTRO E INSTALACIÓN ESCALERA TIPO MARINA ANCLADA A MURO INC. ANTICORR. TUBO D=1"	ML	4.80	$ 389,361.80	$ 1,868,936.64
2.5	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TAPA METÁLICA ABATIBLE CON BISAGRAS PARA ACCESO AL TANQUE. MARCO EN ÁNGULO METÁLICO, LÁMINA CR CAL. 16	M2	4.45	$ 243,369.55	$ 1,082,994.50
2.6	MURO EN LADRILLO TOLETE E=0.12 MTS	M2	0.55	$ 112,184.31	$ 61,207.76
2.7	SUMINISTRO E INSTALACIÓN TUBERÍA SANITARIA PVC D= 4"	ML	2.00	$ 54,396.35	$ 108,792.70
3	**CAPITULO 3. INSTALACIONES HIDRAULICAS**				
3.1	SUMINISTRO E INSTALACIÓN TUBERÍA SANITARIA PVC D= 3"	ML	4.50	$ 43,795.55	$ 197,079.98
3.2	SUMINISTRO E INSTALACION DE MATERIAL GRANULAR PARA LECHOS FILTRANTES	M3	4.50	$ 871,473.40	$ 3,921,630.30
3.3	SUMINISTRO E INSTALACION DE SISTEMA DE BOMBEO Y MEDICION PARA RED DE SUMINISTRO DE AGUA	UN	1.00	$ 1,635,351.98	$ 1,635,351.98
3.4	SUMINISTRO E INSTALACION DE RED PVC 1" RDE 13.5 - INCLUYE ACCESORIOS	ML	6.00	$ 30,993.30	$ 185,959.78
3.5	SUMINISTRO E INSTALACIÓN.PURIFICADOR DE AGUA (4 ETAPAS CON ESTERILIZADOR UV)	UN	6.00	$ 603,022.10	$ 3,618,132.60
4	**CAPITULO 4. OTROS**				
4.1	REGATAS SOBRE MUROS Y PISOS EN CONCRETO	ML	6.00	$ 4,087.67	$ 24,526.01
4.2	SALIDA TOMA GFCI CABLE 12AWG THHN. TUBERIA IMC Ø 3/4 X 2M - INCLUYE TOMA, BREAKER Y ACCESORIOS	UN	1.00	$ 199,548.73	$ 199,548.73
4.3	RELLENO DE REGATAS EN MUROS, INCLUYE PAÑETE LISO 1:4	M2	0.60	$ 29,524.45	$ 17,714.67
4.4	SUMINISTRO E INSTALACION DE ENCHAPE TIPO PORCELANATO 0.6X0.6M	M2	10.24	$ 172,307.98	$ 1,763,572.22
5	**CAPITULO 5. TRANSPORTES**				
5.1	TRANSPORTE DE MATERIAL PRODUCTO DE EXCAVACIÓN Y ESCOMBROS A SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL AUTORIZADO, INCLUYE CARGUE, DESCARGUE Y DERECHOS DE BOTADERO.	M3	36.27	$ 43,566.58	$ 1,580,244.81

TOTAL COSTO DIRECTO		$	46,198,539.19
ADMINISTRACION	**24%**	$	11,087,649.41
IMPREVISTOS	**1%**	$	461,985.39
UTILIDAD	**5%**	$	2,309,926.96
TOTAL COSTO INDIRECTO		$	13,859,561.76

TOTAL PRESUPUESTO	$	**60,058,100.95**

Fuente: Elaboración propia

7.8 ENFOQUE DE LA EJECUCIÓN A LA METODOLOGIA PMBOK 7ª EDICION

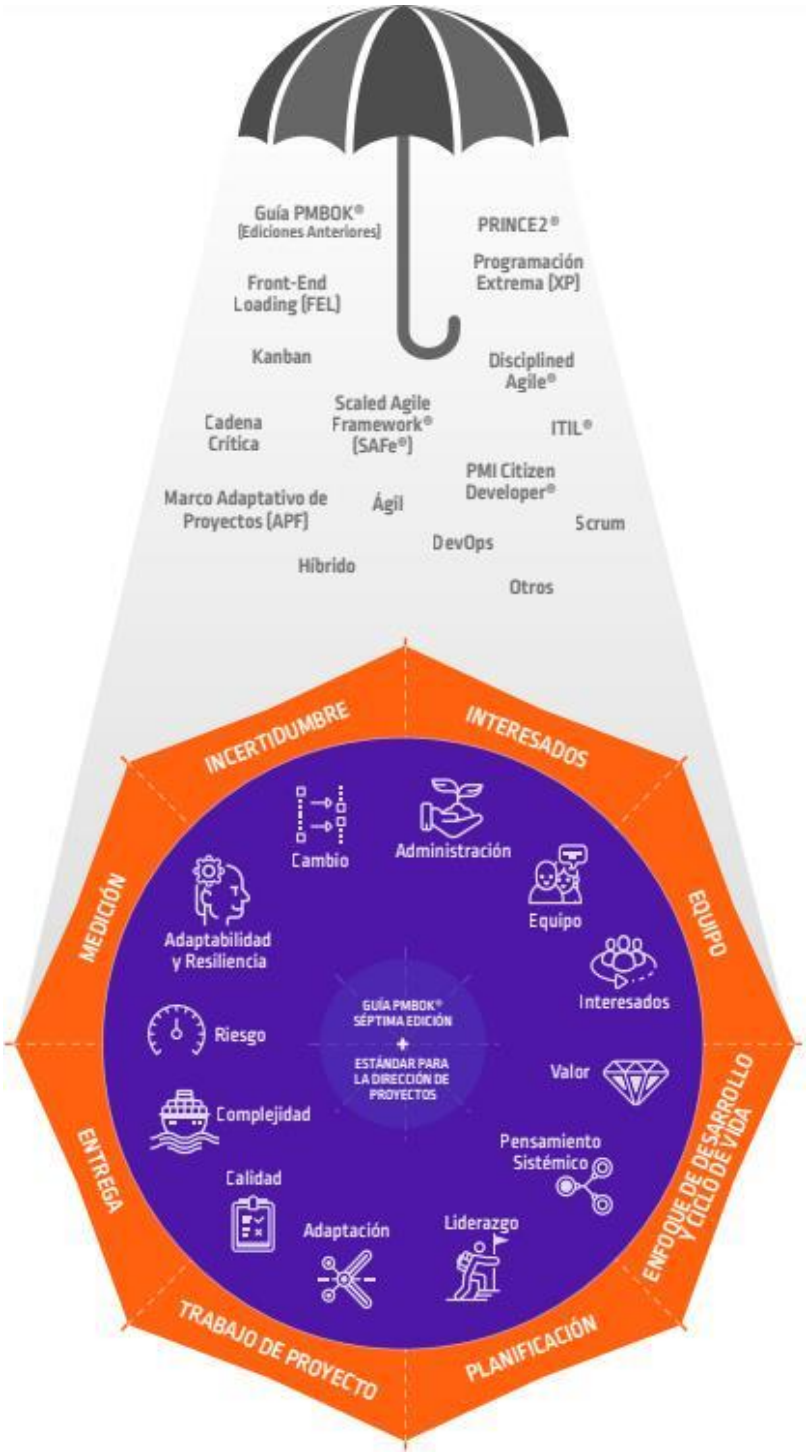
La última edición del PMBOK (Project Management Body of Knowledge) elaborada por el PMI se publica en agosto del año 2021, no para sustituir a la versión anterior sino para ampliar la información en materia de adaptabilidad que requieren los nuevos modelos de negocio. Esta guía se plantea de manera que sea perfectamente compatible con otros estándares de gestión de proyectos y proporcione la autonomía suficiente al director de proyectos para escoger la metodología que mejor se adapta y beneficia al proyecto.

El PMBOK7 es la séptima edición del PMBOK. Define los procesos, las buenas prácticas y las terminologías empleadas con mayor frecuencia en dirección de proyectos y propone una guía para la planificación de proyectos. Está diseñada para ser aplicada en una amplia variedad de proyectos y sirve de ayuda para cualquier fase del ciclo de vida del proyecto, desde la planificación hasta el cierre.

Se organiza en 12 principios y 8 dominios de desempeño. Además, propone una serie de modelos, métodos y artefactos para lograr una dirección de proyectos eficaz, siempre haciendo hincapié en la importancia de la adaptabilidad para ajustarse al contexto del proyecto.

En la siguiente Ilustración se muestran los todos los principios y dominios bajo un paraguas con el fin de mostrar la gran compatibilidad con otras metodologías que tiene la séptima edición del PMBOK.

Ilustración 9 Principios y dominios PMBOK



Fuente: Elaboración propia

Los 12 principios proporcionan orientación para una dirección de proyectos eficaz y podrían equivaler a unas normas que indiquen qué y porqué hacer, y ampliarían las áreas de conocimiento de la sexta edición.

- **Administración:** este principio está dirigido hacia los responsables del proyecto que deben sentir una responsabilidad y compromiso hacia el proyecto, su valor y el equipo, así como hacia la sostenibilidad y entrono de la organización. Se destaca la importancia de la integridad y el comportamiento ético y honesto, el cuidado hacia las personas y asuntos de los que el administrador es responsable, la contabilidad y el cumplimiento de las regulaciones pertinentes.

- **Equipo:** enfatiza el valor del trabajo colaborativo en equipo para lograr el éxito del proyecto, sumado a la adaptación de las habilidades y capacidades específicas de cada miembro para lograr los objetivos. Asimismo, se acentúa las estructuras organizacionales dentro del equipo que mejoran la colaboración y la definición y descomposición de los procesos o paquetes de trabajo de los que son responsables.

- **Interesados:** se remarca que conocer en profundidad a los stakeholders y sus intereses es fundamental. Por ello los proyectos se deben centrar en la entrega de valor a los stakeholders ya que afectan a la gran mayoría de los aspectos de un proyecto como el alcance, el coste o los riesgos. Involucrar a los interesados durante todo el ciclo de vida del proyecto ayuda a minimizar los impactos negativos y maximizar los positivos.

- **Valor:** el proyecto debe tener un enfoque en el valor, asegurándose de que el proyecto crea valor positivo para los stakeholders y cumple sus expectativas. Se considera la generación de valor como el indicador principal del éxito, y acompaña a los entregables y resultados.

- **Pensamiento sistémico:** define un sistema como un conjunto de componentes complejos e interdependientes. Para el éxito del proyecto es necesario reconocer, evaluar y responder a las interacciones dentro del propio proyecto y con su entorno. Se menciona también el hecho de que los proyectos están sometidos a continuos cambios y es responsabilidad de los líderes de estos mantener una atención constante a las condiciones internas y externas.

- **Liderazgo:** todo tipo de proyecto necesita comportamientos de liderazgo por parte de los gerentes del proyecto para proporcionar una visión clara y motivar al equipo, pero también por parte de los miembros del equipo para avanzar hacia el éxito. Se recalca que un buen líder necesita adaptar su estilo de liderazgo a la situación que puede cambiar a lo largo de la vida del proyecto.

- **Adaptación:** el entorno del proyecto está en constante cambio y es necesario ser flexible y adaptarse para lograr maximizar los beneficios y el valor. Es por esto que no existe un único enfoque que se ajuste a todos los proyectos y adaptar la metodología consigue resultados positivos y una mayor probabilidad de éxito.

- **Calidad:** todos los entregables deben cumplir con los estándares y requisitos de calidad identificados. Para ello, se deben incluir medidas para controlar la calidad durante todo el proceso de manera que se optimicen los recursos disponibles y aumentar las posibilidades de obtener el resultado deseado.

- **Complejidad:** este principio destaca la aceptación de la complejidad del proyecto y de su entorno. Existen una cantidad de aspectos interconectados y factores de incertidumbre que en ocasiones no se pueden prever. En lugar de evitar la complejidad, se debe evaluar y reaccionar ante ella de manera sistemática.

- **Riesgo:** la existencia de riesgos en todo tipo de proyectos es inevitable. Es necesario buscar la manera de identificarlos y evaluarlos de manera proactiva, de manera que no supongan un detrimento en el valor del proyecto y se exploten los riesgos positivos para transformarlos en oportunidades.

- **Adaptabilidad y resiliencia:** la adaptabilidad se define como la capacidad de reaccionar ante posibles cambios y la resiliencia como la capacidad de absorber un impacto y recuperase después de un fracaso. Esto conlleva elaborar planes de contingencia y de respuesta, así como ajustar el enfoque del proyecto cuando sea necesario.

- **Cambio:** se resalta la importancia de asumir la presencia de cambios durante todo el proyecto y descartar la idea de cambio como algo negativo. Son inevitables y es necesario estar preparado para gestionarlos rápidamente y

lograr adaptarse al nuevo entorno. La integración efectiva del cambio, siempre cumpliendo las necesidades de los interesados, aumenta las probabilidades de completar un proyecto con éxito.

De acuerdo con el contexto anterior, se recomienda que para la ejecución del proyecto se aplique la guía metodológica del PMBOK 7ª EDICION, como garantía de desarrollo sistemático, del proyecto.

7.9 ANALISIS FINANCIERO DEL PROYECTO

Como entrada para el desarrollo de la planeación de un proyecto, y en general como base para el control de recursos, tiempos, calidad; es indispensable conocer su viabilidad técnica y económica.

Es así que el análisis costo-beneficio (ACB) es un método de evaluación económica de proyectos de inversión pública; proyectos donde los fines son de mejora, crecimiento, desarrollo y/o protección económica, social y/o ambiental.

En esencia, el método consiste en comparar los beneficios generados por un proyecto contra sus costos, para dos propósitos:

- Determinar si es una buena inversión.
- Comparar proyectos alternativos.

De acuerdo con Benson, Twigg y Rosseto (2007, p. 101) "*sirve para determinar el máximo rendimiento de la inversión en un proyecto, facilitar una comparación racional de las posibles opciones y asegurar que las decisiones sobre inversión se adopten con responsabilidad*".

En la gestión de proyectos se encuentran diversos propósitos por los cuales se puede adelantar un análisis costo-beneficio.

Algunos ejemplos de propósitos son los siguientes:

- Determinar si el proyecto es una buena inversión y vale la pena hacerse (justificación y factibilidad económica).
- Comparar opciones alternativas (clasificación y orden de elegibilidad de las opciones).

- Establecer prioridades en la ejecución de proyectos ya aprobados.
- Determinar el orden de ejecución de los componentes de un mismo proyecto, por ejemplo, por rentabilidad de componentes, acuerdos con la comunidad, restricciones ambientales, sensibilidad de costos contingentes, entre otros.

No en todos los proyectos es recomendado hacer un análisis costo beneficio, sobre todo en virtud del costo del análisis mismo.

Algunos criterios básicos a tener en cuenta, siguiendo a TRB (2010), desarrollados para proyectos del sector transporte y aplicables a diferentes proyectos públicos son los siguientes:

1. El costo potencial del proyecto es lo suficientemente significativo como para justificar el gasto de recursos en medición y evaluación de los beneficios e impactos esperados.
2. La razón de ser del proyecto es la mejora, crecimiento, desarrollo y/o protección económica, social y/o ambiental, y no el cumplimiento ineludible de una orden judicial.
3. Los impactos ambientales o sociales que están fuera de la medición de los costos y beneficios del proyecto son:
   (a) insignificantes en magnitud,
   (b) medibles en forma práctica que pueden usarse dentro del ACB, o
   (c) identificables para ser considerados por alguna otra forma de evaluación del proyecto fuera del ACB.

7.9.1 Indicadores de la decisión

A continuación, se definen los indicadores que se utilizan en el análisis costo-beneficio. Se indican las siguientes convenciones para las variables básicas:

n: número de años en los cuales los beneficios y costos son analizados.
I: número del año de referencia (cero para el momento de inicio de la línea de tiempo).
Bi: beneficios del proyecto en el año i.
Ci: costos del proyecto en el año i.
d: tasa de interés de descuento.

- **Valor actual neto (VAN):** Es la diferencia entre beneficios descontados y los costos descontados (también llamado valor presente neto).

- **Relación beneficio-costo (RBC):** Es el cociente entre beneficios descontados sobre costos descontados.

- **Tasa interna de retorno (TIR):** Es la tasa de descuento (d) para la cual el valor actual neto (VAN) del proyecto es cero.

- **Periodo de retorno (o de recuperación) de la inversión (Nr):** Es el número de años que demoran los beneficios descontados acumulados para exceder los costos descontados acumulados, de tal manera que en los años posteriores al periodo de recuperación de la inversión, los beneficios son superiores a los costos. También llamado punto de equilibrio.

- **Relación costo-efectividad (RCE):** Indicador alternativo para cuando los beneficios no son monetizados. Es el costo de lograr una unidad de beneficio particular en especie o, su inverso, el beneficio en especie que se pueden obtener para un costo particular.

Cada indicador constituye en sí mismo una regla de decisión en el análisis costo-beneficio.

7.9.2 Revisión de las alternativas de intervención

El análisis costo-beneficio como parte de la evaluación ex ante de proyectos tiene su máxima utilidad cuando se trata de comparar proyectos alternativos, que bien podrían estar en cualquiera de sus fases de reinversión: prefactibilidad, factibilidad o diseño. En cualquier caso, es indispensable que las alternativas estén definidas a tal punto que permitan identificar, medir y valorar monetariamente los costos y los beneficios de cada uno, de manera homogénea, a lo largo de la vida útil del proyecto.

7.9.3 Valoración de los costos para cada opción de intervención

Para cada una de las alternativas de intervención se deben valorar de manera monetaria los costos del proyecto a lo largo de su vida útil, localizados en el año que corresponda en la línea de tiempo.

La conformación y descripción general de los costos de un proyecto de intervención es la siguiente:

- **Costo inicial:** incluye los diseños para construcción o implementación con sus respectivos estudios, la construcción de las obras, gestión ambiental de obras, adquisiciones, licencias, permisos, servicios públicos, compensaciones a población afectada económicamente, y en general todo lo que implique erogación monetaria en la fase de construcción o implementación.

- **Costos de operación:** todos los costos periódicos de servicios y gastos de personal necesarios para el normal funcionamiento de la opción de intervención considerada.

- **Costos de mantenimiento:** comprenden las intervenciones en componentes del proyecto orientadas a subsanar el desgaste y deterioro por el normal funcionamiento, la obsolescencia, el daño contingente, entre otros aspectos que de manera periódica puedan afectar la funcionalidad del proyecto según su concepción original.

- **Costos de rehabilitación:** corresponden a nuevas inversiones destinadas a prolongar la vida útil de un proyecto que se acerca a su fin. Normalmente implicaría un nuevo análisis costo beneficio. En la gestión del riesgo de desastres se presenta cuando la necesidad continua manifiesta. En este concepto de costo se incluye el de repotenciación, que consiste en la actualización o modernización de componentes clave del proyecto.

- **Costos de fin del proyecto:** son los costos en que se recurre por actividades de desmonte de componentes, abandono de locaciones, cierre de sedes, manejo de residuos, entre otras, al final de la vida útil del proyecto.

Se observa que los costos pueden ser estimados de manera práctica ya que los componentes y actividades a costear se derivan de los diseños del proyecto y terrenos para el emplazamiento, que suelen tener precios de mercado; salvo que sea un proyecto de innovación tecnológica sin antecedentes en sus materiales y/o técnicas de construcción.

7.9.4 Valoración monetaria de los beneficios

Para el análisis costo-beneficio, la valoración los beneficios de un proyecto implica cuantificar y evaluar los resultados positivos que generará, tanto en términos financieros como sociales y de otro tipo. Este proceso ayuda a determinar la

viabilidad y el impacto del proyecto, facilitando la toma de decisiones sobre su ejecución.

Beneficios tangibles e intangibles:

- Beneficios tangibles: Aquellos que pueden ser medidos y cuantificados fácilmente, como aumento de ingresos, reducción de costos o mejoras en la productividad.

- Beneficios intangibles: Aquellos que son más difíciles de cuantificar, pero que tienen un impacto importante en la organización, como mejora de la imagen, mayor satisfacción del cliente o mayor motivación de los empleados.

Algunos de los beneficios del proyecto o la alternativa son:

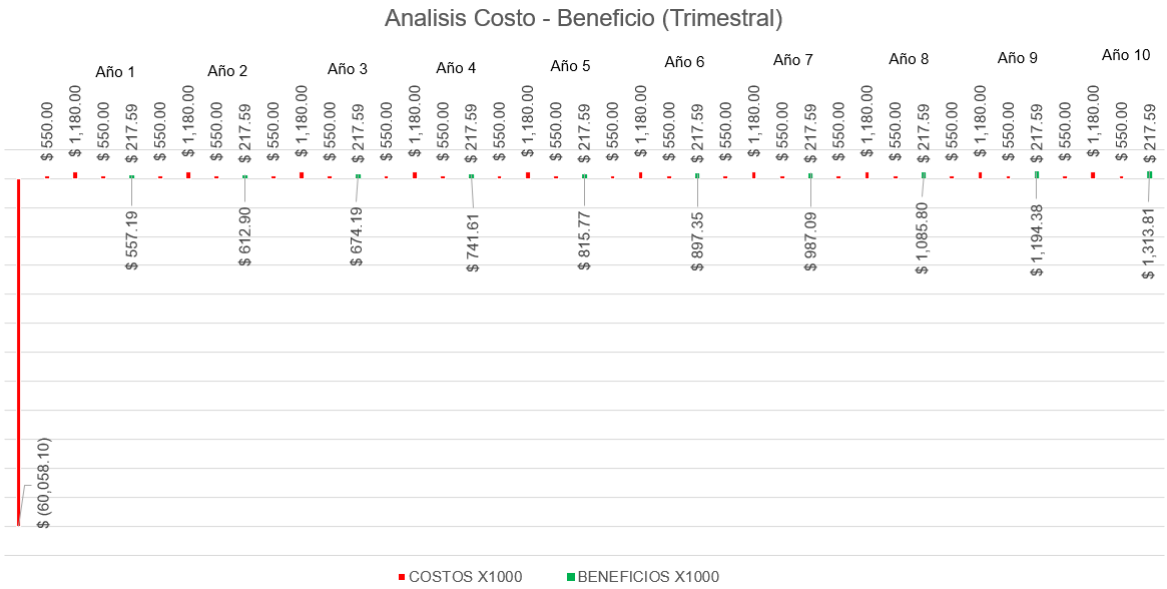
- Aumento de ingresos
- Reducción de costos
- Mejora de la calidad
- Aumento de la productividad
- Mayor motivación de los empleados
- Mejora de la reputación de la organización
- Contribución al desarrollo social
- Beneficios ambientales

En resumen, la valoración de beneficios de un proyecto es un proceso esencial para evaluar su viabilidad y su impacto, asegurando que el proyecto sea rentable y que contribuya a los objetivos de la organización.

Con el fin de realizar el análisis financiero de las alternativas, en el documento de la Fase III se presenta el desarrollo de los indicadores de evaluación económica para el proyecto, para un periodo n: 10 años.

Considerando el análisis financiero realizado para un periodo de vida útil estimado de 10 años y estimando una tasa de descuento de 9%, esta última de acuerdo con la tasa de interés efectiva anual definida por el Departamento de Planeación Nacional (DNP) como tasa social de descuento para la evaluación social de proyectos, especialmente para aquellos que proveen bienes públicos cuyos resultados afectan a las generaciones futuras.

Ilustración 10 Análisis costo-beneficio trimestral



Fuente: Elaboración propia

Aplicando una tasa de descuento del 9% y un horizonte de evaluación de 10 años, se realizó el análisis costo-beneficio de la Alternativa 1, que contempla un sistema de captación y potabilización de agua lluvia para consumo humano. Se tuvieron en cuenta los costos de inversión, operación y mantenimiento del sistema, así como los beneficios derivados del ahorro en el consumo de agua potable de red. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

• Valor Actual Neto (VAN x1000): -$24.039

• Relación Beneficio-Costo (RBC): 0,25

• Tasa Interna de Retorno (TIR): -1,94%

Desde una perspectiva estrictamente financiera, estos resultados indican que la alternativa no es rentable, ya que los beneficios monetarios descontados no logran superar los costos acumulados del proyecto en el periodo considerado. Sin embargo, es importante señalar que este tipo de iniciativas no deben evaluarse únicamente bajo criterios de rentabilidad económica. Existen beneficios sociales, ambientales y estratégicos que, aunque no se reflejan directamente en los

indicadores financieros, tienen un alto valor para la comunidad y para la institución que promueve el proyecto.

La posibilidad de contar con una fuente alternativa y autónoma de agua potable contribuye a la resiliencia hídrica de la sede, especialmente en contextos de escasez, racionamiento o fallas en el servicio público. Además, la implementación de un sistema de este tipo tiene un alto valor demostrativo y educativo, al promover buenas prácticas de uso eficiente del recurso hídrico y al fomentar la apropiación social de tecnologías sostenibles. También se genera una reducción indirecta en el uso de infraestructura convencional de captación y tratamiento, lo que se traduce en beneficios ambientales adicionales, como el ahorro energético y la disminución de la huella hídrica institucional.

Por estas razones, aunque los indicadores financieros son negativos, la Alternativa 1 puede considerarse viable desde una visión más amplia, alineada con principios de sostenibilidad, responsabilidad ambiental y salud pública, aportando además al cumplimiento de metas institucionales relacionadas con la gestión integral del recurso hídrico y los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 Conclusiones

La Alternativa 1 presenta una solución técnicamente factible y ambientalmente responsable para el aprovechamiento de aguas lluvias en la sede Casa Amarilla. Su diseño se adapta a las condiciones estructurales existentes mediante intervenciones puntuales, como el uso de una sola bajante y la instalación de un tanque subterráneo de tratamiento y almacenamiento, lo que minimiza el impacto en la infraestructura y reduce costos de ejecución.

Para el análisis meteorológico aplicado al contexto de la consultoría, se adoptó la metodología del Instituto Nacional de Vías – INVIAS para el análisis meteorológico y la determinación de las curvas IDF (Intensidad-Duración-Frecuencia), debido a que esta constituye uno de los marcos técnicos más robustos, sistemáticos y aplicables en Colombia para el tratamiento de datos pluviométricos. La metodología INVIAS permite realizar análisis estadísticos confiables a partir de series históricas de precipitación, ajustando modelos de distribución de probabilidad e identificando periodos de retorno con criterios aceptados nacionalmente, lo cual resulta completamente válido y aplicable para cualquier tipo de infraestructura que dependa del comportamiento de la lluvia, incluyendo sistemas de captación y manejo de aguas pluviales. Su utilización en este proyecto asegura la representatividad de los datos locales y fortalece la justificación técnica del diseño hidráulico. Además, garantiza consistencia con otras normativas y estándares nacionales, respaldando la viabilidad y solidez del planteamiento desde una perspectiva climatológica e ingenieril.

Desde el punto de vista operativo, el sistema ofrece eficiencia en la captación, almacenamiento y distribución del recurso hídrico, integrando elementos como filtración ascendente, cloración básica y bombeo mediante una red hidráulica independiente. Además, el modelado hidráulico en EPANET garantiza presiones adecuadas y funcionamiento estable, incluso en escenarios de alta demanda, lo cual respalda la confiabilidad del sistema.

En términos ambientales y de salud pública, el proyecto cumple con la normativa vigente al destinar el agua recolectada exclusivamente para usos no potables, como sanitarios y limpieza, y al incorporar medidas básicas de tratamiento que garantizan condiciones higiénicas durante el almacenamiento. También se valoran positivamente los bajos impactos ambientales identificados y el adecuado plan de contingencia ante eventos de riesgo.

Cabe resaltar que esta consultoría fue desarrollada en un contexto de información limitada, sin acceso a planos actualizados ni a detalles técnicos sobre las redes hidráulicas internas de la sede. Esta situación condicionó el diseño a soluciones técnicamente autónomas y de bajo nivel de intervención, lo cual explica decisiones como la conexión a un punto especifico conocido para el suministro de agua potable. Esta restricción, sin embargo, fue asumida como una oportunidad para generar una propuesta de implementación modular y replicable, con alta adaptabilidad a condiciones similares.

8.2 Recomendaciones

Se recomienda priorizar la implementación de esta alternativa por su equilibrio entre factibilidad técnica, bajo impacto ambiental y eficiencia operativa. Para ello, es fundamental gestionar oportunamente los trámites requeridos ante entidades como la Secretaría Distrital de Ambiente, Planeación y Salud, a fin de asegurar el cumplimiento normativo y evitar retrasos.

Desde el apartado técnico, es importante mencionar que en el alcance de la presente consultoría, no fue posible evaluar las condiciones geomecánicas del terreno mediante estudios de mecánica de suelos, por lo cual no se cuenta con datos específicos de capacidad portante ni de estratigrafía. Sin embargo, dado que la carga estructural del tanque y del sistema es reducida y está distribuida sobre una superficie amplia, se considera técnicamente viable la instalación de una capa de concreto de limpieza como base niveladora y de protección, previo al vaciado del concreto estructural. Esta medida contribuye a uniformar las condiciones de apoyo y facilita las labores constructivas.

Adicionalmente, se recomienda realizar un conjunto de apiques exploratorios en la etapa de obra para verificar visualmente la calidad del suelo de cimentación y confirmar que no existan elementos estructurales propios de la edificación, capas

blandas, material orgánico o zonas saturadas que comprometan la estabilidad del tanque. En caso de identificarse suelos con baja capacidad de soporte, se deberán implementar medidas correctivas como mayor profundidad de fundación, reemplazo de material o compactación adicional.

Se sugiere realizar una capacitación dirigida al personal de mantenimiento de la sede, enfocada en la operación del sistema, control de cloro, monitoreo del caudal y protocolos de limpieza. Esta formación contribuirá a garantizar la durabilidad del sistema y una correcta gestión del agua recolectada.

Es importante realizar seguimiento periódico a la calidad del agua almacenada, incluso si su uso no es potable, para garantizar que no represente un riesgo en áreas cercanas al consumo humano. Además, debe mantenerse un registro de volúmenes recolectados y consumidos, como parte del sistema de gestión ambiental institucional.

Dado que el sistema depende de una bomba para la distribución del agua, se recomienda contar con un plan de respaldo ante posibles fallos eléctricos, como una fuente de energía alternativa o un protocolo de uso temporal del sistema convencional.

Finalmente, se aconseja documentar todo el proceso de implementación, operación y resultados del sistema para facilitar su replicabilidad en otras sedes de la Secretaría Distrital de Salud, fortaleciendo así una política institucional de uso eficiente del agua y adaptación al cambio climático.

9 BIBLIOGRAFIA

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia. (2015). *Decreto 1076 de 2015 - Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente*. Obtenido de: https://www.minambiente.gov.co/normativa/decreto-1076-de-2015/

Instituto Nacional de Vías (INVIAS). (2020). Metodología para el diseño de sistemas de drenaje pluvial. Obtenido de: https://www.invias.gov.co/

Secretaría Distrital de Salud de Bogotá. (2007). *Resolución 2115 de 2007 - Normas para la calidad del agua potable*. Obtenido de: https://www.saludcapital.gov.co/

Norma Colombiana de Construcción Sismo Resistente (NSR-10). (2010). Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente. Obtenido de: https://www.idrd.gov.co/

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2017). *Guidelines for drinking-water quality (4th ed.)*. Obtenido de: https://www.who.int/publications/i/item/9789241549950

Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá (SDA). (2021). Lineamientos para proyectos sostenibles en gestión hídrica. Obtenido de: https://www.ambientebogota.gov.co/lineamientos-gestion-hidrica

Project Management Institute (PMI). (2021). *PMBOK Guide (7th ed.) - The Standard for Project Management*. Obtenido de: https://www.pmi.org/pmbok-guide-standards/foundational/pmbok

Benson, C., Twigg, J. y Rossetto, T. (2007). Tools for mainstreaming disaster risk reduction: Guidance notes for development organisations. Recuperado de ProVention Consortium: https://www.preventionweb.net/publication/tools-mainstreaming-disaster-risk-reduction-guidance-notes-development-organisations