



Universidad Internacional de La Rioja  
Facultad de Ciencias Sociales y Humanidades

Máster Universitario en Cooperación Internacional al  
Desarrollo: Gestión y Dirección de Proyectos

**Aprovechamiento de aguas lluvias para  
el CECIB “EPERARA SIA PIADAARADE”  
contribuyendo a los Objetivos de  
Desarrollo Sostenible**

Trabajo fin de estudio presentado por:	José Antonio Maldonado Vélez
Tipo de trabajo:	Proyecto de intervención
Director/a:	Andrés Morales Pachón
Fecha:	11/05/2025

## Resumen

El presente trabajo de fin de master consiste en el desarrollo de un sistema de captación de aguas lluvias para abastecer al Centro Educativo Comunitario Intercultural Bilingüe (CECIB) Eperara Sia Piadaarade, ubicado en la provincia de Esmeraldas de Ecuador, debido a la escases y contaminación de agua en el sector, cuyo objetivo principal es analizar la viabilidad técnica y ambiental, que permita garantizar el acceso a agua potable de manera sostenible y eficiente, aprovechando los recursos naturales disponibles.

A través de un sistema adecuado de recolección, almacenamiento y tratamiento, se busca asegurar una fuente constante de agua para cubrir la demanda de agua de los usuarios de la unidad educativa, reduciendo la dependencia de fuentes subterráneas contaminadas y minimizando el impacto ambiental. Este proyecto no solo contribuirá a mejorar las condiciones de salud de los estudiantes y personal del centro educativo, sino que también fomentará el uso y conservación responsable del agua, promoviendo la autogestión de los recursos hídricos y fomentando prácticas más sostenibles a nivel institucional.

**Palabras clave:** captación, lluvia, escases, sostenible, estudiantes, demanda.

## Abstract

This master's thesis consists of the development of a rainwater harvesting system to supply the Intercultural Bilingual Community Educational Center (CECIB) Eperara Sia Piadaarade, located in the Esmeraldas province of Ecuador, due to water scarcity and contamination in the area. The main objective is to analyze the technical and environmental feasibility to ensure sustainable and efficient access to drinking water, utilizing available natural resources.

Through an appropriate system for collection, storage, and treatment, the goal is to ensure a constant water source to meet the water demand of the educational unit's users, reducing reliance on contaminated underground sources and minimizing environmental impact. This project will not only contribute to improving the health conditions of the students and staff at the educational center but will also encourage the responsible use and conservation of water, promoting self-management of water resources and fostering more sustainable practices at the institutional level.

**Keywords:** harvesting, rain, scarcity, sustainable, students, demand.

## Contenido

1.	Introducción .....	8
1.1	Justificación .....	10
1.2	Objetivos del TFM .....	15
2.	Marco teórico .....	16
2.1	Reseña Histórica .....	16
2.2	Desarrollo y Sostenibilidad.....	17
2.3	Cambio Climático y la falta de acceso al agua en Esmeraldas .....	18
2.4	Situación Actual de los Sistemas de Aprovechamiento de Agua Lluvia .....	20
2.5	Sistemas de aprovechamiento de Aguas Lluvias.....	23
2.5.1	Componentes del sistema de aprovechamiento de aguas lluvias SCALL.....	26
2.5.1.1	La superficie de captación .....	27
2.5.1.2	Canaletas .....	28
2.5.1.3	Interceptor .....	29
2.5.1.4	Pretratamiento .....	29
2.5.1.5	Filtro .....	30
2.5.1.6	Tanque de almacenamiento.....	31
2.5.1.7	Tratamiento.....	31
2.5.1.8	Presión en la red de distribución.....	32
3.	Diseño Metodológico .....	32
3.1	Objetivos del proyecto .....	32
3.2.	Evaluación Preliminar de Proyecto .....	32
3.2.1	Población escolar .....	34
3.2.2.	Servicios Básicos.....	35
	Servicios.....	35
	Situación actual .....	35
	Redes Sanitarias .....	35
	Energía Eléctrica .....	35
	Existe el servicio de la energía eléctrica que se distribuye en las infraestructuras internas del establecimiento educativo, que es alimentada desde la conectividad a la red pública	35
3.2.3	Caracterización de las precipitaciones en la zona del proyecto. ....	35
3.2.4	Demanda de agua. ....	38
3.2.5.	Volumen de precipitación para aprovechamiento.....	40
3.2.6.	Porcentaje de la oferta que satisface la demanda.....	41

3.2.7. Abastecimiento de Agua al Centro Educativo Comunitario Intercultural Bilingüe (CECIB) Eperara Sia Piadaarade .....	42
3.2.8 Análisis de los Actores.....	42
3.2.9. Análisis de Participación.....	45
3.2.10. Árbol de Problemas .....	46
3.2.11. Árbol de Objeto .....	47
3.2.12. Matriz de marco lógico.....	49
3.2.13. Actividades y tareas.....	52
3.2.13.1 Fase de Preparatoria y Contratación.....	52
3.2.13.2. Fase de Diagnóstico.....	52
3.2.13.2.1 Estudio de las fuentes de agua y calidad de aire en el área del proyecto. ....	52
3.2.13.2.2 Evaluación de la infraestructura existente en el CECIB PAS. ....	55
3.2.14. Fase de Diseño.....	57
3.2.14.1 Diseño del SCALL .....	57
3.2.15. Fase de implementación .....	59
3.2.15.1 Construcción de infraestructura del sistema .....	59
3.2.15. Fase de evaluación y monitoreo .....	61
3.2.15.1 Monitoreo de la calidad de agua y el aire.....	62
3.2.15.2 Auditoría.....	64
3.2.16. Fase de sostenibilidad y formación.....	65
3.1.16.1. Especialización profesional en sistemas alternativos .....	66
3.1.16.2. Cursos y talleres .....	67
3.2.14. Organigrama.....	68
3.2.15 Evaluación .....	75
3.2.16. Cronograma de ejecución .....	78
3.2.17 Presupuesto Referencial del proyecto de SCALL.....	81
4. Conclusiones.....	84
5. Bibliografía .....	87

## Índice de Imágenes

Imagen 1 Techo de lámina de plástico .....	28
Imagen 2 Canaletas de recolección .....	28
Imagen 3 Tamizado de impurezas.....	30
Imagen 4 Ubicación Espacial del CECIB ESP .....	33
Imagen 5 Sitio de implementación de aprovechamiento de aguas lluvias.....	33

## Índice de figuras

Figuras 1. Sistema de Captación de Aguas Lluvias (SCALL). .....	24
Figuras 2. Árbol de problemas de falta de abastecimiento de agua.....	47
Figuras 3. Árbol de soluciones para mejorar el abastecimiento de agua .....	48
Figuras 4. Matriz de marco lógico .....	49
Figuras 5 Organigrama de intervención .....	70

## Índice de tablas

Tabla 1 Análisis de Amenazas Climáticas .....	20
Tabla 2. Detalle de población estudiantil .....	34
Tabla 3. Servicios Básicos .....	35
Tabla 4.Precipitaciones estación meteorológica Cayapas .....	36
Tabla 5. Aparatos sanitarios de la batería sanitaria del CECIB ESP .....	38
Tabla 6. Demanda de agua de la batería sanitaria .....	39
Tabla 7. Cálculo de la oferta vs demanda.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 8. Participación de actores.....	45
Tabla 9. Actividades a realizar de la situación actual .....	53
Tabla 10. Actividades para la evaluación de infraestructura .....	55
Tabla 11. Actividades para el diseño de SCALL.....	57
Tabla 12. Actividades para la implementación del SCALL.....	59
Tabla 13. Actividades para el monitoreo.....	62
Tabla 14. Verificación de cumplimiento de las actividades .....	64
Tabla 15. Actividades para la especialización profesional en SCALL.....	66
Tabla 16. Actividades para el desarrollo de cursos y talleres de operatividad de SCALL .....	67
Tabla 17. Áreas de responsabilidades y sus funciones.....	70
Tabla 18. Presupuesto .....	81

## 1. Introducción

La gestión adecuada del agua es, sin duda, uno de los desafíos más significativos y urgentes en el contexto global actual. La creciente crisis climática y el continuo aumento poblacional están agravando los problemas relacionados con el agua, haciendo que los recursos hídricos sean cada vez más escasos y desigualmente distribuidos en diversas regiones del mundo. En muchos lugares, el acceso al agua limpia y segura es un privilegio para pocos, mientras que millones de personas enfrentan serias dificultades para acceder a este recurso vital, que es indispensable para la vida, la salud y el desarrollo económico. Ante este panorama, es imperativo explorar alternativas sostenibles que no solo aseguren el acceso a agua de calidad, sino que también promuevan su uso responsable y eficiente. Una de estas alternativas, especialmente en contextos como los educativos, es la recolección de aguas lluvias, una solución innovadora y ecológica que permite aprovechar las precipitaciones naturales como fuente de agua útil. Este enfoque no solo contribuye a mitigar la presión sobre los sistemas hídricos tradicionales, sino que también ofrece una oportunidad valiosa para educar a las futuras generaciones en prácticas de conservación ambiental y gestión responsable de los recursos.

Aunque Ecuador es un país privilegiado por la gran cantidad de recursos hídricos por su ubicación geográfica, la falta de agua constituye un problema que afecta la escasez del líquido vital en varias provincias del país, debido a que la distribución del agua no es equitativa, además que contribuye el cambio climático, la contaminación, la deforestación y la gestión inadecuada de los recursos hídricos

Particularmente en la provincia de Esmeraldas, enfrentan dificultades para acceder a agua limpia y suficiente, que afecta tanto a las áreas urbanas como rurales, agravado por factores como la distribución geográfica desigual de los recursos, pues la zona de la Sierra tienen un mayor acceso al agua, que las provincias costeras, como Esmeraldas, enfrentan dificultades para acceder a agua limpia y suficiente.

Las unidades educativas ubicadas en zonas rurales y periféricas de Esmeraldas, enfrentan dificultades en el acceso a agua potable, ya que dependen de fuentes de aguas superficiales o subterráneas que se encuentran contaminadas por actividades agrícolas y mineras de la zona. Además en el año 2020, el Ministerio de Educación del Ecuador, realizó un levantamiento de información sobre el Costeo de brechas WASH en Instituciones Educativas en Ecuador, determinando que un gran porcentaje de las instituciones educativas de la provincia de Esmeraldas no cuentan con servicios de agua potable. (MINEDUC, 2021, p.2)

El Centro Educativo “EPERARA SIA PIADAARADE” es una institución que en la actualidad cuando una cantidad importante de alumnos que asisten permanentemente, sin embargo cuenta con deficiencias de infraestructura civil y suministro de servicios básicos, por lo que ha sido considerada por parte del Ministerio de Educación para intervención de prioridad alta.

Bajo estos antecedentes, este trabajo de fin de máster se centra en contribuir como respuesta a la necesidades de acceso al agua, mediante la intervención de un sistema de aprovechamiento de aguas lluvias destinado a abastecer la batería sanitaria de un centro educativo en la provincia de Esmeraldas del Ecuador. La elección de este contexto responde a la vulnerabilidad de la región frente a la escasez y la contaminación del agua, lo que hace que la implementación de un sistema sostenible sea particularmente pertinente. El objetivo principal es analizar la viabilidad técnica de dicho sistema en un entorno escolar, evaluando los beneficios que podría traer en términos de concienciación ecológica. Este sistema no solo garantizaría un suministro adicional de agua para el centro educativo, sino que también se convertiría en un modelo pedagógico invaluable para sensibilizar a los estudiantes, al personal docente y administrativo sobre la importancia de conservar el agua y utilizarla de manera responsable. En este sentido, la recolección de aguas lluvias se presenta como una herramienta poderosa para integrar la sostenibilidad en el currículo escolar, fomentando el desarrollo de una conciencia ambiental que perdure en el tiempo.

A lo largo de las secciones que siguen, se abordarán los aspectos técnicos, ambientales y educativos relacionados con el aprovechamiento de las aguas lluvias en el contexto de la escuela. Se detallarán los componentes necesarios para diseñar e implementar el sistema, así como las características climáticas que influyen en su rendimiento. Además, se profundizará en cómo este proyecto no solo responde a necesidades prácticas de abastecimiento de agua, sino también cómo se alinea con los principios de sostenibilidad y responsabilidad social. El análisis demostrará que esta práctica no solo es viable, sino que también tiene el potencial de convertirse en un recurso educativo valioso, capaz de transformar la infraestructura escolar en un ejemplo tangible de educación ambiental y de gestión responsable de los recursos naturales.

## 1.1 Justificación

En el año 2021 se celebró en Glasgow (Escocia), la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP 26), un evento cuyo objetivo principal es acelerar la acción hacia los compromisos establecidos en el Acuerdo de París de 2015 y en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático de 1994. El cambio climático ya está afectando la salud pública, la seguridad alimentaria y hídrica, la migración, así como la paz y la seguridad global. Para enfrentar estos desafíos, es crucial invertir en el desarrollo sostenible, lo que permitirá reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y fortalecer la resiliencia frente a los impactos climáticos. De este modo, actuar contra el cambio climático y promover el desarrollo sostenible son dos aspectos interdependientes; uno no puede alcanzarse sin el otro.

Con el propósito de avanzar en la lucha contra la crisis climática y mejorar la sostenibilidad global, en 2015 la ONU adoptó la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, que se concreta en los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Estos objetivos no solo abordan la lucha contra el cambio climático, sino también otras metas esenciales como la erradicación de la pobreza, la educación de calidad, la igualdad de género, la protección ambiental y la transformación de nuestras ciudades. Entre estos, se incluyen ODS específicos para el agua, dado el vínculo vital que este recurso tiene con la sostenibilidad a nivel global. (IDRICA, 2021).

En el 2008 se aprobó la actual Constitución de la República del Ecuador, la cual marcó un cambio fundamental en la gestión de los recursos naturales, reconociendo los derechos de la naturaleza, garantizando la soberanía alimentaria y otorgando un tratamiento especial al agua. En su artículo 12, se establece el "derecho humano al agua", elevando este recurso a la categoría de patrimonio nacional estratégico de uso público, reafirmando (p.146) en el artículo 313 su administración, regulación, control y gestión por parte del Estado; al considerar al agua como un sector estratégico.

Entre los deberes primordiales del Estado, la Constitución, en su artículo 314, establece que "*El Estado será responsable de la provisión de los servicios públicos de agua potable y de riego, saneamiento, energía eléctrica, telecomunicaciones, vialidad, infraestructuras portuarias y aeropuertas, y de otros servicios que determine la ley*". Además, garantiza que la provisión de estos servicios públicos se base en los principios de obligatoriedad, generalidad, uniformidad, eficiencia, responsabilidad, universalidad, accesibilidad, regularidad, continuidad y calidad. También se asegura de que los precios y tarifas sean equitativos, y establece su control y regulación.

La Constitución también resalta la gran importancia de los sectores de agua potable y saneamiento para el país, destacando su relevancia tanto a nivel social como ambiental. Sin embargo, esta importancia debe analizarse desde la perspectiva de la oferta y demanda de los servicios, los desequilibrios en su provisión y las causas de la mala gestión por parte de las entidades responsables. En muchos casos, los gobiernos locales, que son pequeños y dependen en gran medida del financiamiento del gobierno central, enfrentan limitaciones que afectan su capacidad para gestionar y proporcionar servicios sostenibles en estos sectores.

La provincia de Esmeraldas, ubicada en la costa norte de Ecuador, enfrenta diversos desafíos en relación con la gestión del agua. A pesar de ser una región rica en recursos hídricos debido a su ubicación geográfica, los problemas relacionados con el agua son significativos y afectan tanto a la sostenibilidad ambiental como a la salud pública de sus habitantes.

Aunque la provincia cuenta con una abundante disponibilidad de agua superficial a través de ríos y afluentes, el acceso a agua potable no es equitativo. Las áreas rurales y las comunidades más alejadas de los centros urbanos tienen serias dificultades para acceder a agua limpia y tratada. En muchas de estas zonas, los sistemas de abastecimiento son rudimentarios o inexistentes, y la población depende de fuentes de agua no tratadas, como pozos, ríos o fuentes naturales, que a menudo están contaminadas.

La contaminación del agua es uno de los problemas más graves que enfrenta la provincia. Las fuentes de agua están contaminadas debido a las actividades humanas como las industriales y agrícolas, especialmente las relacionadas con la minería ilegal y la agricultura extensiva, que contaminan ríos y cuerpos de agua mediante el vertido de productos químicos, sedimentos y fertilizantes. En muchas localidades, especialmente en las áreas urbanas y semiurbanas, la infraestructura para el tratamiento de aguas residuales es inadecuada, lo que resulta en la descarga directa de aguas contaminadas a los ríos y fuentes de agua. La calidad del agua en Esmeraldas está directamente relacionada con problemas de salud pública. La contaminación de fuentes de agua y el acceso limitado a agua potable de calidad son factores que contribuyen a un aumento en las enfermedades transmitidas por el agua

La región de Esmeraldas se enfrenta a una creciente inestabilidad climática que afecta la disponibilidad de agua. El cambio climático ha generado que la región experimente tanto períodos de sequía como lluvias intensas, lo que afecta los caudales de los ríos y la recarga de los acuíferos. En la temporada de sequía, la escasez de agua se agrava, mientras que las lluvias excesivas provocan inundaciones y la contaminación de las fuentes de agua.

La infraestructura hídrica en la provincia es insuficiente y muchas veces obsoleta. A pesar de que existen fuentes de agua en la región, la falta de sistemas adecuados de captación, tratamiento, almacenamiento y distribución limita su aprovechamiento. Los sistemas de tuberías en muchas zonas están deteriorados o son ineficientes, lo que

provoca fugas y pérdida de agua potable. Los gobiernos locales, a menudo con recursos limitados, no han podido mejorar la infraestructura de agua potable ni implementar proyectos sostenibles para el tratamiento de aguas residuales. La gestión del agua en Esmeraldas es fragmentada y a menudo carece de coordinación entre las autoridades locales y nacionales. Esto dificulta la planificación y ejecución de proyectos que aborden las necesidades hídricas a largo plazo.

La falta de abastecimiento de agua, especialmente en los lugares de gran demanda como los establecimientos educativos, ocasiona, insalubridad y problemas de gastrointestinales en la población estudiantil y complicando la respuesta ante la pandemia actual.

El Centro Educativo Comunitario Intercultural Bilingüe (CECIB) Eperara Sia Piadaarade es una institución educativa de la provincia de Esmeraldas que promueve la educación intercultural y bilingüe para la comunidad ÉPERA. Su enfoque busca integrar la lengua y cultura ÉPERA con el currículo educativo nacional, fomentando así el respeto por la identidad cultural y la diversidad lingüística. El estado actual de la infraestructura del Centro Educativo varía, pero en general, enfrenta desafíos relacionados con el mantenimiento y la ampliación de sus instalaciones. Aunque se han realizado esfuerzos para mejorar la infraestructura, algunas áreas pueden necesitar atención para garantizar un ambiente de aprendizaje adecuado y seguro, por esta razón, en el año 2024 se ha realizado un proceso de contratación con la finalidad de mejorar sus instalaciones e infraestructura por parte del Ministerio de Educación del Ecuador, identificando en su ficha técnica, que si bien el sistema de captación de agua se lo realiza a través de un pozo, este no abastece de manera permanente la demanda actual educativa, además de ser una fuente expuesta a la contaminación agrícola y de la minería ilegal existe en la zona.

Por esta razón, es fundamental implementar sistemas alternativos, que optimicen el abastecimiento de agua en sectores específicos de alta demanda, generando un trascendental impacto en la población beneficiaria. En este sentido, la implementación

de sistemas alternativos a través de nuevas tecnologías como el aprovechamiento de agua lluvia, permitirá aprovechar al máximo los recursos naturales disponibles en el país.

Además, en muchos países de América Latina existen muchas experiencias de captación y aprovechamiento de agua lluvia, como es el caso de Chile de forma especial en Coquimbo que combina pequeños embalses en combinación de sistemas de captación de aguas lluvias que permita atender la demanda de agua. Existen comunidades indígenas establecidas en la zona rural del estado de Michoacán (Méjico), que también cuentan con sistemas de captación recolección, interceptor, almacenamiento y tratamiento de agua lluvia. (Acevedo J, 2016, p. 13).

También, se han implementado diversidad de proyectos para la captación y abastecimiento de aguas lluvias, especialmente en las comunidades zonas rurales de la provincia de Salta, de la Argentina se ha realizado la construcción del sistema de recolección de almacenamiento de agua lluvia que ha permitido a la población de las comunidades rurales indígenas dispersas, contar con agua incluso en temporadas secas, al almacenar las aguas lluvias en depósitos o cisternas, ya que se abastecían de no apta para el consumo, la cual se volvía escasa en época de sequía. (Nuevo Gráfico, 2025)

Además en Colombia, se ha implementado un proyecto piloto de saneamiento y agua, así como el tratamiento de aguas residuales para una comunidad palafítica de Buenavista ubicada sobre la Ciénaga Grande de Santa Martha, entre las ciudades de Barranquilla y la capital de Magdalena, que beneficiará a 120 familias a través de un financiamiento de la CAF, a través del aprovechamiento de aguas lluvias y el tratamiento adecuado de las aguas residuales. (CAF, video, 2025) (HOY del Magdalena, 2025)

Este tipo de proyectos permitirán reducir la dependencia del suministro del agua potable, en especial de las zonas rurales, que es un recurso muy limitado y costoso especialmente en épocas de sequía. De esta forma, se podría aprovechar un recurso

natural que usualmente es desperdiciado, ya que debido al cambio climático las lluvias son más impredecibles y permitirá a la unidad educativa contar con una fuente alterna de abastecimiento de agua para sus estudiantes. También, estos sistemas alternativos permitirán contar con agua apta y segura para baños y utilización de los estudiantes previniendo el beber de fuentes de agua contaminada o de mala calidad que existen cerca de los puntos de abastecimiento superficial o subterráneo de agua, que ocasionan enfermedades gastrointestinales. Además, el utilizar el agua lluvia contribuye a la sostenibilidad del medio ambiente, es una solución ecológica y sostenible, al reducir la demanda de agua potable, promoviendo la gestión eficiente del líquido vital a través de prácticas ecológicas y sustentables, que permitan aprovechar la mayoría de recursos disponibles eficientemente.

En consecuencia, para el desarrollo del proyecto de aprovechamiento de aguas lluvias no sólo es necesario la disponibilidad hídrica, sino que también conocer los factores sociales predominantes en el segmento estudiantil que se beneficiará del servicio,

El presente trabajo de fin de master se enfocará en desarrollar los requerimientos necesarios para implementar y satisfacer, mediante el uso del aguas lluvias, la demanda de agua dentro de la unidad educativa, considerando la relación entre oferta hídrica y el consumo; así como los costos de instalación, operación y mantenimiento, que permitan su sostenibilidad a largo plazo.

## 1.2 Objetivos del TFM

Analizar la viabilidad de implementar de un sistema alternativo de captación de agua, con el propósito de elaborar un proyecto de abastecimiento de agua potable a los estudiantes, personal educativo y administrativo del centro educativo “EPERARA SIA PIADAARADE”

El objetivo general es el siguiente:

- Mejorar el abastecimiento de agua segura mediante el aprovechamiento de aguas lluvias en el Centro Educativo Comunitario Intercultural Bilingüe (CECIB) Eperara Sia Piadaarade de la parroquia Borbón del cantón Eloy Alfaro de la provincia de Esmeraldas.

Los objetivos específicos serán los siguientes:

- Evaluar de manera preliminar las condiciones necesarias en la zona del proyecto para determinar la viabilidad de implementar un sistema de captación de aguas lluvias en el CECIB “EPERARA SIA PIADAARADE”.
- Realizar una propuesta de intervención para la formación de los actores principales en el abastecimiento de aguas lluvias.

## 2. Marco teórico

### 2.1 Reseña Histórica

Desde los primeros tiempos, el ser humano ha utilizado el agua superficial como su recurso principal para abastecimiento, consumo y transporte. Por ello, los valles fluviales se convirtieron en los principales núcleos de asentamiento de las primeras civilizaciones. En estos lugares, no solo aprendió a domesticar los cultivos, sino que también comenzó a aprovechar el agua de lluvia, aunque sin depender por completo de ella, ya que la presencia constante de agua superficial facilitaba la vida. Con el crecimiento demográfico de las civilizaciones y la expansión hacia zonas áridas o semiáridas, surgió la necesidad de desarrollar sistemas de captación de agua de lluvia, que ofrecieran una alternativa para el riego agrícola y el abastecimiento doméstico.

A lo largo de la historia, distintas civilizaciones han adoptado diversas formas de captación de agua de lluvia, aunque estas prácticas solo han comenzado a ser objeto de estudio y documentación en tiempos recientes. A partir de la existencia de restos de estructuras de captación de agua en distintas partes del mundo, y el uso continuado de

estas tecnologías a lo largo de los siglos, se puede afirmar que desempeñan un papel clave en la producción agrícola y en la cobertura de necesidades domésticas, especialmente en las regiones más áridas y semiáridas del planeta. Con el tiempo, el uso de sistemas de aprovechamiento de agua de lluvia disminuyó debido a la implementación de métodos para utilizar agua superficial y subterránea, como presas y acueductos.

En los siglos XIX y XX, el rápido crecimiento urbano impulsó el suministro de agua mediante la acumulación de agua superficial y la explotación del agua subterránea, eliminando el uso de sistemas alternativos como el de captación de agua de lluvia. A principios del siglo XXI, muchas regiones semiáridas enfrentan problemas de abastecimiento de agua debido a su rápido desarrollo, lo que genera conflictos sociales por la escasez o el alto costo del agua durante los períodos secos. (Ballén, Galarza, Ortiz, 2006, p. 3-4)

## 2.2 Desarrollo y Sostenibilidad

La sostenibilidad de proyectos hídricos en Ecuador en la actualidad es muy importante debido a la diversidad geográfica y climática que presenta el país, muestra de ello es la escasez de agua que sufre el país desde el año 2023, que ha ocasionado la disminución de caudales para abastecer del líquido vital a las personas, así como para la generación de energía eléctrica, considerando al agua como una fuente permanente para su generación.

La relevancia del acceso al agua potable como derecho humano primordial es destacada por representantes del sector público y organizaciones sociales, resaltando los beneficios sociales de invertir en agua y saneamiento, estableciendo: “Si los países no redoblan sus esfuerzos en materia de saneamiento, agua potable e higiene, seguiremos conviviendo con enfermedades que deberían haber sido consignadas hace mucho tiempo. Invertir en agua, saneamiento e higiene es rentable y bueno para la sociedad de muchas maneras, porque es la base esencial de una buena salud...” (Arnaiz, 2024)

En el año 1983, la Comisión de Desarrollo y Medio Ambiente de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), señala un primer concepto de desarrollo sostenible a todas las naciones:

*Está en manos de la humanidad asegurar que el desarrollo sea sostenible, es decir, asegurar que satisfaga las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las propias. (Escola, Palma, Gonzalez, Avalos, 2021, p 17 - 26).*

La sostenibilidad ambiental es el objetivo principal de la política y gestión ambiental, que busca asegurar, en tiempo y espacio, una oferta y demanda sostenible de bienes y servicios ambientales a través de una articulación de actividades entre el sector público, el sector privado y la sociedad civil. (Vega, 2013, p. 6)

Con estos antecedentes, el disminuir las brechas de desigualdad en la accesibilidad, calidad y disponibilidad del agua potable, es primordial para avanzar y aportar en el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible hacia una sostenibilidad social, ambiental y económica de los países.

### 2.3 Cambio Climático y la falta de acceso al agua en Esmeraldas

La Demarcación Hidrográfica de Esmeraldas es una de las más grandes y presenta significativas variaciones en terreno, clima, suelo y condiciones socioeconómicas. La precipitación promedio anual es de 2,190 mm, siendo baja en las zonas costeras y alta en la Cordillera de Los Andes. Esmeraldas experimentó severas sequías en los años 1981, 1985, 1989 y 2001, lo que redujo el flujo de agua superficial y dejó muchas vertientes secas, complicando el abastecimiento de agua. (CISPDR, 2016, p. 84- 85)

La expansión de la ciudad de Esmeraldas está geográficamente limitada por el mar, el río Esmeraldas y la orografía local. Esto ha llevado a que poblaciones de escasos recursos se establezcan en zonas de alto riesgo, como laderas, quebradas y riberas de río. Muchos de estos asentamientos son espontáneos, lo que resulta en áreas con deficiencia en servicios básicos. Esta situación incrementa la vulnerabilidad de la población, y al

combinarse con amenazas presentes en el territorio, como inundaciones, deslizamientos y el cambio climático, se traduce en un alto riesgo de desastres.

El Plan de Cambio Climático del Municipio de Esmeraldas se constituye en un instrumento para la gestión del territorio y sirve de apoyo técnico para la herramienta de planificación territorial PDOT. En los últimos años la ciudad de Esmeraldas y sus alrededores se han visto afectados por fenómenos de origen climático como: inundaciones, sequías y deslizamientos produciendo pérdidas económicas que pueden ser mitigadas con una adecuada gestión del riesgo. El presente estudio permite diagnosticar las variables climáticas y sus efectos sobre los medios de vida de la población del cantón Esmeraldas. Así también nos permitirá proponer un modelo territorial con visión a futuro que articule la gestión sobre el tema de cambio climático a nivel cantonal. El Plan de Cambio Climático del Gobierno Autónomo descentralizado del Municipio de Esmeraldas (PCCGADME) sigue las directrices del documento “Guía Explicativa para la aplicación de los Lineamientos Generales para Planes, Programas y Estrategias de Cambio Climático de Gobiernos Autónomos Descentralizados y la inclusión de consideraciones de Cambio Climático en el proceso de actualización de los PDOTs” generado por la Subsecretaría de Cambio Climático del Ministerio del Ambiente, respetando los parámetros de Plan Nacional para el Buen Vivir 2013-2017 y la Estrategia Nacional de Cambio Climático 2012-2025. (Gobierno Autónomo Descentralizado de Esmeraldas, 2015, p. 5)

El cambio climático es la principal causa de fenómenos hidrológicos extremos, con el fenómeno de El Niño-Oscilación del Sur (ENSO) teniendo un impacto significativo en Ecuador. Según el quinto informe del IPCC, el ENSO será el evento dominante en el Pacífico tropical en el siglo XXI, aumentando la correlación entre este fenómeno y los cambios en la precipitación. La frecuencia e intensidad de precipitaciones extremas en América del Sur han crecido. El fenómeno El Niño es una interacción oceánica y atmosférica en el Pacífico, afectando globalmente el clima y la hidrología. Normalmente, una alta presión en el este y baja en el oeste del océano genera vientos que transportan

aguas cálidas hacia el oeste y causan un clima húmedo en esa área. El fenómeno se divide en dos fases: El Niño (cálido) y La Niña (frío). (CISPDR, 2016, p. 82)

El análisis de amenazas climáticas, específicamente por la falta de agua elaborada mediante un taller con los especialistas técnicos del GADME, es la siguiente:

**Tabla 1. Análisis de Amenazas Climáticas**

**Tabla 1 Análisis de Amenazas Climáticas**

Amenazas	Tendencia	Zona	Impactos	Observaciones
Precipitación	Reducción de precipitación (déficit de agua)	Zona urbana	Falta de dotación de agua	La oferta del recurso agua para consumo humano se ve afectado por la reducción de precipitación observada en las tendencias climáticas analizadas.

Fuente: GADME, 2015

## 2.4 Situación Actual de los Sistemas de Aprovechamiento de Agua Lluvia

Los sistemas de aprovechamiento de agua de lluvia son soluciones efectivas que se adaptan a la demanda local, la disponibilidad de recursos hídricos y las condiciones ambientales específicas de cada región. Su implementación es especialmente crucial en áreas donde el acceso al agua potable es limitado o costoso, lo que impulsa a las comunidades a buscar alternativas sostenibles y económicas para satisfacer sus necesidades. Estos sistemas permiten recolectar, almacenar y utilizar el agua de lluvia, transformando un recurso natural abundante en una fuente útil para el consumo, riego y otras actividades diarias.

La documentación y los estudios sobre estas tecnologías se centran principalmente en regiones con deficiencias en el acceso al agua, como zonas rurales y comunidades

urbanas marginadas. Es esencial adaptar estos sistemas a las características locales, considerando el clima, la topografía y la infraestructura existente. Además, la capacitación de la comunidad en la instalación y el mantenimiento de estos sistemas es fundamental para asegurar su eficacia a largo plazo.

El aprovechamiento del agua de lluvia no solo mejora la disponibilidad de agua, sino que también promueve la sostenibilidad ambiental al reducir la dependencia de fuentes de agua subterránea o de red. Esto genera beneficios económicos al disminuir los costos relacionados con el suministro de agua y al mejorar la calidad de vida de las comunidades, fortaleciendo su resiliencia frente a la escasez de agua y el cambio climático. En definitiva, estos sistemas se presentan como una herramienta valiosa en la búsqueda de soluciones integrales para la gestión del agua, fomentando un enfoque más sostenible y equitativo en su uso.

Estos sistemas se han implementados en varias zonas del planeta, las cuales se señala a continuación:

En Oceanía, específicamente en Australia, el 30.4 % de la población rural y el 6.5 % de la urbana utilizan sistemas de captación y almacenamiento de agua de lluvia (SCALL). Además, el 13 % de los hogares dispone de un SCALL para el consumo de agua potable y la cocina. En Bangladesh, desde 1977, se han instalado cerca de 1,000 SCALL por parte de organizaciones no gubernamentales (ONG), empleando tanques de concreto reforzado y mampostería, con un costo que varía entre 50 y 150 dólares estadounidenses. Tokio, Japón, también ha implementado SCALL para mitigar la escasez de agua, controlar inundaciones y asegurar un suministro en situaciones de emergencia. En Alemania, se incorporan anualmente 50,000 SCALL como parte de su política pública, dado que la oferta de agua no crece al ritmo de la urbanización, utilizando cubiertas de edificios, calles y vías peatonales. En Brasil, el año pasado se inició un proyecto para construir un millón de tanques destinados a la recolección de agua de lluvia a través de ONG, beneficiando a 5 millones de personas con estructuras de concreto reforzado. En Estados Unidos, los SCALL son utilizados en 15 estados, siendo Texas el que más los

emplea, con alrededor de 50 compañías especializadas en su diseño. El costo de estos sistemas oscila entre 5,000 y 8,000 dólares, dependiendo del tamaño de la cisterna de almacenamiento. Aunque en algunas zonas de África se ha observado en los últimos años una rápida expansión de los sistemas de captación de aguas lluvias, la implementación de esta tecnología en el sur del continente ha sido lenta. Esto se debe, en parte, a la baja precipitación, al reducido número y tamaño de las cubiertas impermeabilizadas, y al alto costo de construcción de los sistemas en relación con los ingresos familiares. En India, donde viven aproximadamente 1,000 millones de personas, el desafío de proporcionar servicios básicos es considerable. Para hacer frente a esta situación, se han implementado técnicas de aprovechamiento de agua de lluvia. Durante el monzón, que aporta alrededor de 100 horas de lluvia al año, es crucial captar y almacenar el agua para su uso en las restantes 8,660 horas. Esta estrategia no solo garantiza el acceso al agua, sino que también promueve una gestión sostenible del recurso. En China, la lluvia es la única fuente de agua potencial en ciertas áreas. Desde 1988, se han probado técnicas eficaces de captación de agua de lluvia. Entre 1995 y 1996, el gobierno local lanzó el proyecto "121", que proporcionó apoyo financiero a las familias para construir campos de recolección de agua, sistemas de almacenamiento y terrenos cultivables, beneficiando a 1.2 millones de personas (260,000 familias) y 1.18 millones de cabezas de ganado. En Singapur, donde alrededor del 86 % de la población vive en apartamentos, los techos de estos edificios se utilizan para la captación de agua de lluvia. Esta agua se almacena en cisternas separadas de la potable, dándole diferentes usos al consumo humano. En México, se construyó un sistema conocido como "Techo-Cuenca" en las afueras del municipio. Este consiste en dos cubiertas inclinadas que se unen en un canal conectado a una tubería que lleva el agua a un depósito con capacidad de 285,000 litros, denominado "Casa del Agua y Vida", desde donde se distribuye agua potable a las familias necesitadas. Las pequeñas islas del mundo, a menudo caracterizadas por su exuberante vegetación y climas cálidos, enfrentan escasez de corrientes de agua superficial, lo que dificulta el abastecimiento de agua potable. Por ello, los sistemas de aprovechamiento de agua de lluvia son fundamentales en lugares como los Estados Federados de Micronesia, Rapa-Nui, Bermudas, Islas Vírgenes, Hawái

y San Andrés, Colombia. Además en Latinoamérica, en Colombia, existen varias edificaciones institucionales y comerciales que han incorporado diseños hidráulicos para el aprovechamiento de agua de lluvia. Por ejemplo, el almacén Alkosto en Venecia (Bogotá) utiliza 6,000 m<sup>2</sup> de cubierta para captar alrededor de 4,820 m<sup>3</sup>, mientras que el Alkosto en Villavicencio cuenta con una cubierta de 1,061 m<sup>2</sup> que capta agua para ser almacenada en un tanque de 150 m<sup>3</sup>. Además, el edificio de Postgrados de Ciencias Humanas de la Universidad Nacional en Bogotá tiene un sistema que recoge agua de lluvia en su cubierta protegida con grava, dirigiéndola a un tanque subterráneo. (Ballén, Galarza, Ortiz, 2006, p. 5).

En el último quinquenio en Ecuador, el Gobierno Ecuatoriano a través del Ministerio de Educación y Organismo Internacionales como UNICEF en asociación con la Fundación Plan Internacional han intervenido en soluciones técnicas que permitan solventar las limitaciones técnicas, económicas y geográficas que ocasionan la insalubridad, así como problemas gastrointestinales en la población estudiantil, a través de la construcción y mejoramiento integral de las unidades educativas a nivel nacional, razón por la cual han intervenido en la implementación de proyectos alternativos como los sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias que permitan dotar de infraestructura para satisfacer la demanda sanitaria del sector educativo, como por ejemplo la Unidad Educativa Tumbaco en la ciudad de Quito y la Unidad Educativa Jaime Roldós Aguilera en la ciudad de Guayaquil.

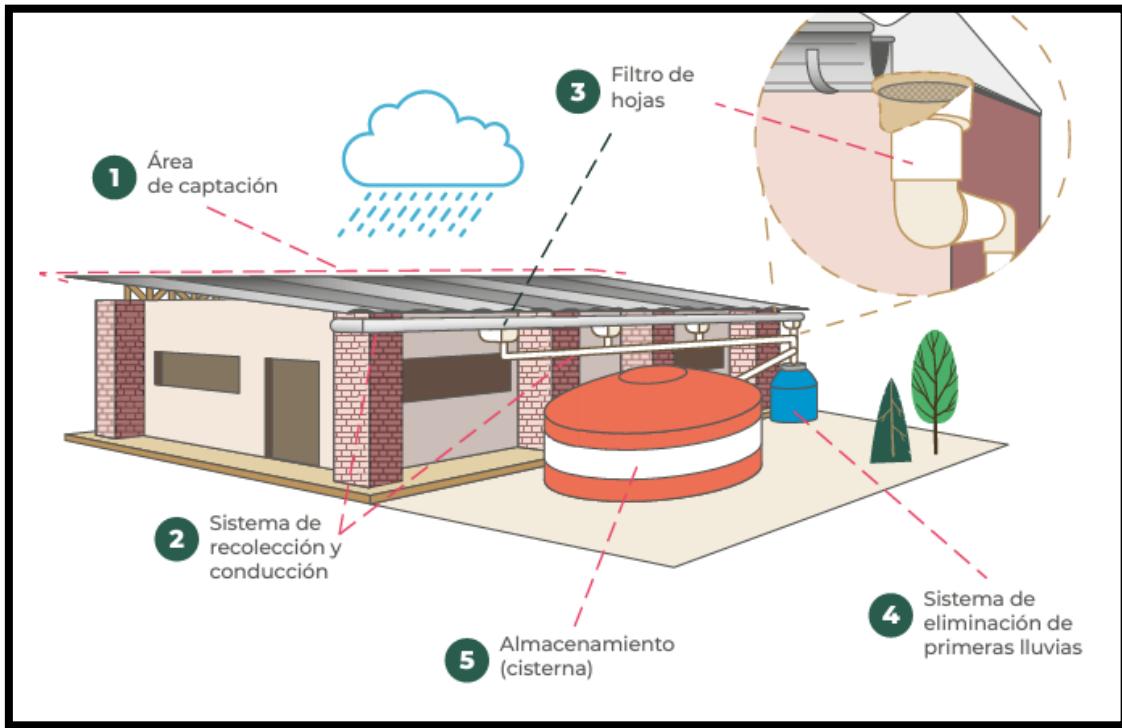
## 2.5 Sistemas de aprovechamiento de Aguas Lluvias.

Los sistemas de aprovechamiento de agua de lluvia son soluciones efectivas que se Actualmente, enfrentamos una problemática creciente en cuanto al consumo del agua ya que, si bien se dispone de este recurso, persiste la preocupación de que en el futuro podría agotarse, debido a la alta demanda y su uso indiscriminado, Por ello, en la actualidad da mucha importancia al concepto de sostenibilidad, con el objetivo de preservar los recursos para las poblaciones futuras, por lo que hay que buscar formas eficientes de captar y aprovechar el agua para los distintos usos en los que se requiere.

Una de las opciones o medios sostenibles de abastecimiento de agua son los sistemas de captación de aguas lluvias - SCALL.

Es un sistema de captación de agua de lluvia, llamado SCALL por sus siglas, que recolecta, conduce y almacena el agua de lluvia a través de una serie de componentes para su posterior aprovechamiento (Téllez, C. Mocva, R. Correa, C. Centeno. J. 2022, p.10)

**Figuras 1. Sistema de Captación de Aguas Lluvias (SCALL).**



Fuente: Medio Ambiente, IMTA. 2022

La captación de agua lluvia consiste básicamente en recolectar o redirigir las precipitaciones que ocurren en un área determinada, para conducirlas hacia un sistema de almacenamiento o depósito, generalmente un tanque donde se almacena el agua para usos domésticos e incluso agrícolas como riego, huertos, invernaderos, entre otros.

Las razones principales para recolectar las aguas lluvias, son las siguientes:

1. Reducción de la contaminación: En el caso de las grandes ciudades se podrían aprovechar el agua de las precipitaciones que son recolectados por alcantarillados combinados en donde se mezclan aguas servidas con las aguas lluvias saturando los sistemas de tratamiento.
2. Conservación el agua: En lugar de permitir que toda el agua se infiltre en el suelo y que se desperdicie, se puede almacenar y utilizar el recurso para ahorrar costos y evitar la sobre saturación en los reservorios de agua.
3. Educar al público: Los SCALL pueden ser utilizados como una herramienta de educación sobre la contaminación y conservación de los recursos, con la finalidad de generar conciencia en la población sobre los impactos de la contaminación y sobre cuánta agua puede desperdiciarse en los hogares, jardines, etc.

Antes de implementar un sistema de la captación de aguas pluviales, es fundamental considerar dos aspectos importantes que determinan la viabilidad del proyecto:

- La calidad de las aguas pluviales en la zona, en especial si el lugar de captación se encuentra cerca de fábricas que emitan productos tóxicos al aire o una contaminación elevada a causa del smog por el tráfico vehicular.
- Conocer la pluviometría local para determinar la superficie de captación y así conocer la cantidad de agua que se espera recolectar.

Además, es importante evaluar las ventajas y desventajas que se detallan a continuación:

#### Ventajas

- Se recolecta, se trata y se usa a nivel local para aplicaciones sanitarios en todas las actividades humanas.
- Es agua de excelente calidad.
- Es más fácil de tratar que otras fuentes de suministro.

- Se puede potabilizar luego de un tratamiento adicional.
- Bajo consumo de energía para obtención de agua.
- Disminución de la sobreexplotación de los acueductos superficiales, lagos ríos y embalses permitiendo su recarga.
- Control de erosión y disminución de inundaciones.
- Sistemas más económicos de construir, gestionar y mantener que los acuíferos subterráneos y acueductos locales.
- No requiere mano de obra especializada.
- Gestión local de los recursos hídricos.
- Puede abastecer de agua de manera abundante y de calidad al menos 7 meses al año según condiciones climáticas del lugar.
- Contribuye a evitar la saturación de los drenajes públicos de aguas servidas.
- Es una práctica sostenible de la explotación de nuestros recursos.  
Lavar nuestra ropa con este tipo de agua, que es mucho más blanda que la de fuentes tradicionales, nos ayuda a ahorrar hasta un 50% en detergentes  
(ARQBIENTAL. 2021)

#### Desventajas

- No está disponible todo el año.
- Los patrones de lluvia no son constantes todos los años.
- Alto costo inicial para familias de escasos recursos y comunidades vulnerables.
- La cantidad de agua a obtener depende la pluviosidad del lugar, de las superficies de captación y la capacidad de almacenamiento  
(ARQBIENTAL. 2021)

#### 2.5.1 Componentes del sistema de aprovechamiento de aguas lluvias SCALL

El sistema de aprovechamiento de aguas lluvias para el CECIB Eperara Sia Piadaarade se desarrollará para la utilización de una batería sanitaria para las actividades de consumo, limpieza e higiene de parte de los estudiantes, por lo que hay que considerar factores adicionales en el diseño que garanticen una buena calidad del agua, ya que los materiales y elementos empleados ayudarán o podrían empeorar la calidad del agua.

El sistema considerado para nuestro proyecto se conformará por los siguientes componentes:

#### 2.5.1.1 La superficie de captación

La cual básicamente será el techo de algunas aulas de la institución educativa es de material conformado con planchas metálicas (acero recubierto por zinc), el mismo que es liso, sencillo de armar, retienen una menor contaminación, y con la acción solar su superficie puede esterilizarse por sí misma.

Una de las cualidades más interesantes de la cubierta de acero galvanizado, es su eficiencia para la captación de aguas lluvias ya que estos techos retienen en promedio el 80% de las precipitaciones. Debemos mencionar que el zinc presente en los techos galvanizados puede diluirse en el agua captada, pero por suerte sus niveles de toxicidad son bastante bajos para el ser humano y por lo tanto no excederá las recomendaciones dadas por la OMS.

Los techos deben ser inclinados para que ayuden con la limpieza y posean un flujo rápido del agua y se recomienda que su pendiente no sea menor al 5% en dirección a las canaletas de recolección y es importante tener presente el material constructivo del techo, pues interviene directamente en la escorrentía del agua para su recolección.

**Imagen 1 Techo de lámina de plástico**



Fuente: URKU. Programa Nacional de Innovación en Pesca y Acuicultura, 2020

#### 2.5.1.2 Canaletas

Las canaletas son los conductos que sobresalen un poco del techo para recolectar el agua lluvia y dirigir el agua hacia una bajante para ser conducidas a un tanque de almacenamiento, podrán ser de PVC, metálicas galvanizadas, bambú o cualquier otro material que no altere la calidad físico-química del agua recolectada. Las canaletas metálicas deberán estar instaladas de manera apropiada, con la finalidad que el agua no logre estancarse debido a que podría facilitar acumulación de polvo y contaminación.

**Imagen 2 Canaletas de recolección**



Fuente: OPS/CEPIS, 2004

#### 2.5.1.3      **Interceptor**

Conocido como dispositivo de descarga de las primeras aguas provenientes del lavado del techo, que es sumamente importante para la calidad del agua, ya que debido a la exposición del techo con el ambiente puede contaminarse fácilmente el agua lluvia y degradar considerablemente una de las ventajas principales la cual es su excelente calidad. Es por esta situación que la limpieza o enjuague del techo debe realizarse con “las primeras aguas” de la lluvia que recibe el techo, lo que permite el arrastre de microorganismos como bacterias o residuos e impurezas sólidas presentes en el techo que podrían ingresar al tanque y proliferar en su interior causando el incremento de bacterias y contaminación del agua.

De acuerdo a estudios realizados y experiencias realizadas, para el diseño se recomiendan rangos que van desde (1 mm – 0.5mm) de agua para la limpieza inicial del techo, lo que equivale de uno o medio litro por metro cuadrado de techo (1 – 0.5 litro por m<sup>2</sup>).

El fondo del tanque de almacenamiento del interceptor deberá contar con grifo o Tapón para el drenaje del agua luego de concluida la lluvia.

#### 2.5.1.4      **Pretratamiento**

Como proceso de pretratamiento que debe encontrarse previo al tanque, se recomiendan que no es necesario una mayor tecnología, con tan solo una rejilla que estará colocada en las bajantes se pueden retener residuos como hojas, palos, etc., pero este siempre debe de limpiarse y dar un mantenimiento periódicamente.

### Imagen 3 Tamizado de impurezas



Fuente: URKU. Programa Nacional de Innovación en Pesca y Acuicultura, 2020

#### 2.5.1.5 Filtro

Se debe de emplear sistemas de filtrado para evitar las impurezas y la entrada de partículas grandes que podrían obstruirlo. Previo al almacenamiento, se realizará la construcción de un estanque con material filtrante constituidos por grava fina desde 2 a 38mm de diámetro que retienen los materiales gruesos, evitando que estos entren al tanque Para el uso del agua con fines de abastecimiento y consumo; un sistema de filtrado es fundamental para evitar la entrada de impurezas u hojas dentro del sistema, ya que materiales biológicos como las hojas permitirían que las bacterias y microorganismos sobrevivan dentro del tanque aportando nutrientes y comida, por otro lado, con la ausencia de estos elementos las bacterias mueren de hambre en un lapso de 2 a 20 días.

Los filtros deben ser duraderos, fáciles de limpiar y de reemplazar y se recomienda colocarlos no solo por el hecho de retener partículas y contaminantes, sino porque también ayudan a oxigenar el agua cuando se realiza el proceso de filtrado.

Debemos señalar que para el diseño de esta estructura se debe considerar una disminución a la precipitación de mayor intensidad, por la acción de retención durante la operatividad del filtro.

#### 2.5.1.6 Tanque de almacenamiento

El tanque es el componente fundamental de nuestro sistema de recolección de aguas lluvias, ya que básicamente es el núcleo de sistema, es por esto por lo que su volumen debe analizarse, así como la calidad del material que lo compone y su lugar de colocación para de esta manera tener certeza de abastecer adecuadamente al sistema.

Los tanques pueden estar constituidos de distinto tipos de materiales como plásticos (PVC, polietileno), metálicos (acero galvanizado) e incluso de materiales compuestos como el ferrocemento, los cuales son ideales para el mantenimiento del agua ya que, conservan su temperatura, evitan el paso de luz y si se construyen e impermeabilizan adecuadamente evitan la proliferación de bacterias y microorganismos.

#### 2.5.1.7 Tratamiento

El agua recolectada para consumo humano en el tanque de almacenamiento podrá ser tratada por medio de desinfección, proceso en el que se añade cloro al agua para eliminar las bacterias u otro agente contaminante que podrían encontrarse presentes, por concepto de:

Enfermedades de los usuarios por consumo del agua.

Cuando no se realiza una limpieza eficiente del tanque.

Por materia fecal de algún animal que entró en contacto con el agua.

Es importante la colocación de filtros previo al proceso cloración, pues controla la turbiedad del agua y ayuda a que la aplicación del cloro sea adecuada,

Para la desinfección del agua se utilizará un dispositivo de cloración, que tiene la ventaja de dosificar el cloro mediante pastillas que entran en contacto con el agua por acción de la gravedad de forma automática y puede ser regulado.

#### 2.5.1.8 Presión en la red de distribución

Para determinar los caudales y la capacidad del sistema se emplearán los caudales instantáneos y presiones determinadas en la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC -11) del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.

### 3. Diseño Metodológico

#### 3.1 Objetivos del proyecto

El objetivo general es desarrollar un sistema de aprovechamiento de aguas lluvias en el Centro Educativo Comunitario Intercultural Bilingüe (CECIB) Eperara Sia Piadaarade de la parroquia Borbón del cantón Eloy Alfaro de la provincia de Esmeraldas, con la finalidad de mejorar el abastecimiento del líquido vital.

Los objetivos específicos serán los siguientes:

- Evaluar de manera preliminar las condiciones necesarias en la zona del proyecto para determinar la viabilidad de implementar un sistema de captación de aguas lluvias en el CECIB “EPERARA SIA PIADAARADE”.
- Realizar una propuesta de intervención para la formación de los actores principales en el abastecimiento de aguas lluvias.

#### 3.2. Evaluación Preliminar de Proyecto

- Nombre de la institución: CECIB EPERARA SIA PIADAARADE
- Código AMIE:08D02
- Tipo de educación: Educación Regular
- Nivel educativo que ofrece: Inicial; Educación General Básica
- Tipo de Unidad Educativa: Fiscal
- Zona: Rural INEC

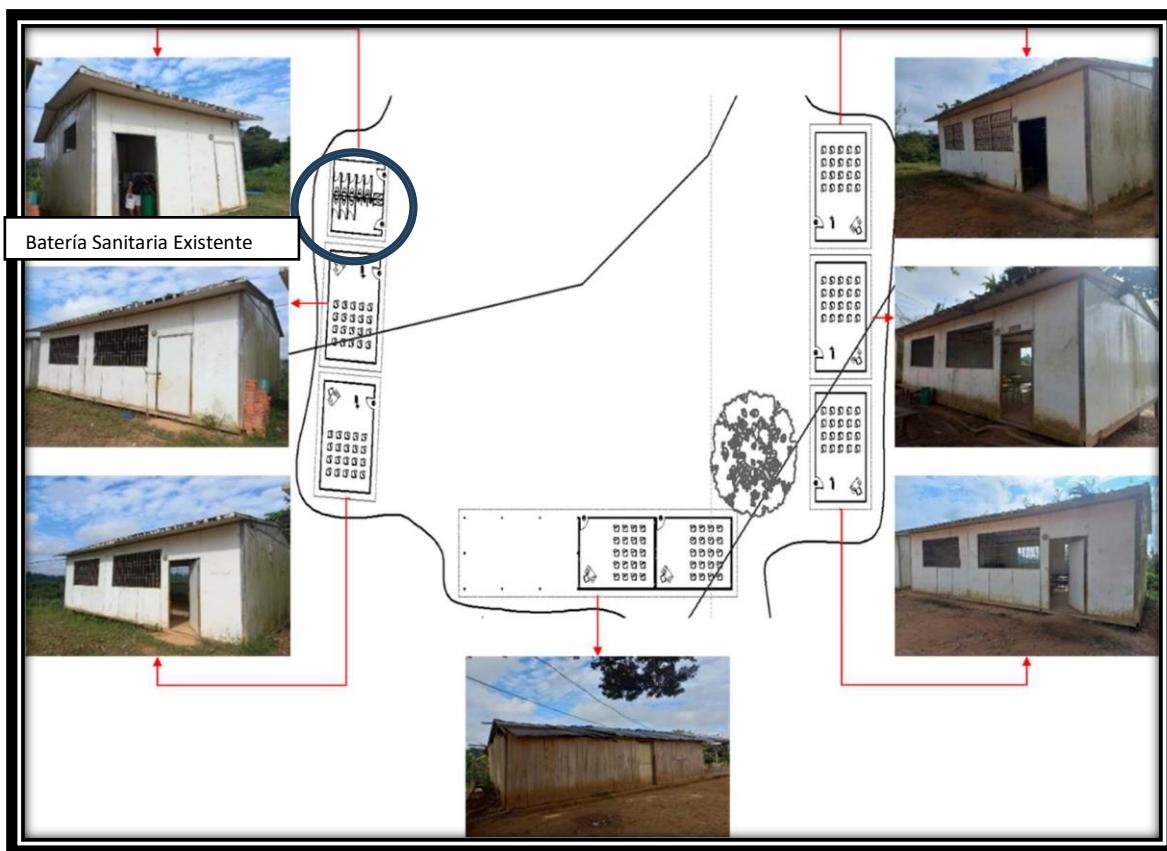
- Régimen escolar: Costa
- Educación: Bilingüe
- Modalidad: Presencial
- Jornada: Matutina
- La forma de acceso: Terrestre – Fluvial
- Ubicación: Provincia – Esmeraldas - Eloy Alfaro – Borbón - Comunidad Santa Rosa

**Imagen 4 Ubicación Espacial del CECIB ESP**



Fuente: Ficha Técnica de Evaluación de Infraestructura, 2024

**Imagen 5 Sitio de implementación de aprovechamiento de aguas lluvias**



Fuente: Ficha Técnica de Evaluación de Infraestructura, 2024

### 3.2.1 Población escolar

El Centro Educativo Comunitario Intercultural Bilingüe (CECIB) Eperara Sia Piadaarade está conformada por:

- Número de Docentes: 8
- Número de Estudiantes: 138, establecidos de la siguiente manera:

**Tabla 2. Detalle de población estudiantil**

UNIDAD EDUCATIVA	0-5 años		6-10 años		11-17 años	
	SEXO		SEXO		SEXO	
	Estudiantes Femenino	Estudiantes Masculino	Estudiantes Femenino	Estudiantes Masculino	Estudiantes Femenino	Estudiantes Masculino
Unidad Educativa CECIB ESP	23	14	28	32	15	26

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.2. Servicios Básicos

**Tabla 3. Servicios Básicos**

Servicios	Situación actual
Agua Potable	El Centro Educativo cuenta con un servicio de agua irregular y de mala calidad, pues en la actualidad se abastece de agua de pozo, a través de bombeo, el líquido es captado y almacenado en recipientes de plástico en una bodega de la batería sanitaria, con la finalidad de ser distribuido manualmente conforme a la necesidad de los niños, niñas, profesores y profesoras de la institución
Redes Sanitarias	La unidad educativa posee un servicio de redes sanitarias para recoger las aguas servidas de la batería sanitaria, que luego son transportadas y descargadas a un pozo séptico.
Energía Eléctrica	Existe el servicio de la energía eléctrica que se distribuye en las infraestructuras internas del establecimiento educativo, que es alimentada desde la conectividad a la red pública

### 3.2.3 Caracterización de las precipitaciones en la zona del proyecto.

El INAMHI es la institución del estado que se encarga del servicio meteorológico e hidrológico en el país, generando la información hidrometeorológica, mediante el monitoreo del tiempo, el clima y los recursos hídricos del pasado, presente y futuro, a través de nuevas tecnologías de automatización, con la finalidad de contar con la veracidad en sus pronósticos, alertas, estudios y publicaciones que intervengan directamente en el desarrollo de la población. Razón por la que en el año 2015, se realizó la actualización del estudio de lluvias intensas, con la finalidad de contar con información relacionada al cálculo y trazado de las curvas de intensidad, duración y frecuencia de las precipitaciones con sus respectivas ecuaciones y ajustes estadísticos para diferentes períodos de retorno.

Para este trabajo se ha considerado la estación meteorológica San Lorenzo que se encuentra ubicada cerca de la zona de influencia del proyecto, sin embargo el análisis de los datos pluviométricos se lo considerará de la estación Cayapas que se encuentra junto a la Unidad Educativa. A continuación se presenta las ecuaciones de la estación meteorológica escogida:

Con el fin de conocer la precipitación mensual de la zona de estudio, a continuación se presentan la información oficial del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología del Ecuador, respecto a las precipitaciones de 12 años de la estación meteorológica: Cayapas M0154. (INAMI, s/f)

**Tabla 4.Precipitaciones estación meteorológica Cayapas**

	1	2	3	4	5
	<b>PRECIPITACIONES (mm)</b>				
	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>
<b>ENERO</b>	119	867.3	367.6	804.7	289.4
<b>FEBRERO</b>	317.6	325.1	168.6	305.1	332.2
<b>MARZO</b>	362.6	606.8		360.8	414.6
<b>ABRIL</b>	420.8	552.1		502.9	715.7
<b>MAYO</b>	274.7	372.2	497.6	432.2	1103.2
<b>JUNIO</b>	251.9	136.2	273.3	285	700.3
<b>JULIO</b>	225.5	253.3	174.4	87.4	764.8
<b>AGOSTO</b>	56.9	50.1	210.4	217.1	52.3
<b>SEPTIEMBRE</b>	105.7	61.7	262.5	424.4	559.7

José Antonio Maldonado Vélez

Aprovechamiento de aguas lluvias para el CECIB "EPERARA SIA PIADAARADE" contribuyendo a los objetivos de desarrollo sostenible

<b>OCTUBRE</b>	173.9	14.6	361.6	509	102.9
<b>NOVIEMBRE</b>	87.9	0		208.4	133
<b>DICIEMBRE</b>	551.4	0		274.8	83.8
<b>TOTAL:</b>	<b>2947.9</b>	<b>3239.4</b>	<b>2316</b>	<b>4411.8</b>	<b>5251.9</b>

	7	8	9
	PRECIPITACIONES (mm)		
	2006	2007	2008
<b>ENERO</b>	595.4	511.6	539
<b>FEBRERO</b>	497.4	180.1	435.9
<b>MARZO</b>	472.9	412.3	457.2
<b>ABRIL</b>	350.5	726.4	463
<b>MAYO</b>	167.2	401.9	382.6
<b>JUNIO</b>	252.1	281.7	
<b>JULIO</b>	101.3	230.5	
<b>AGOSTO</b>	191.4	102.1	
<b>SEPTIEMBRE</b>	375.2	105.9	
<b>OCTUBRE</b>	110.4	122	0
<b>NOVIEMBRE</b>	166	90.5	0
<b>DICIEMBRE</b>	308.4	99	0
<b>TOTAL:</b>	<b>3588.2</b>	<b>3264</b>	<b>2277.7</b>

	10	11	12	13
	PRECIPITACIONES (mm)			
	2010	2011	2012	2013
<b>ENERO</b>	458.2	448.5	567.5	389.6
<b>FEBRERO</b>	609.7	172.8	539.6	187.6
<b>MARZO</b>	878.8	408.7	443.7	552.1
<b>ABRIL</b>	540.6	330	415.5	501.1
<b>MAYO</b>	359.4	141.4	562.1	400
<b>JUNIO</b>		265.9	429.2	
<b>JULIO</b>	162.4	318.4	227.5	129
<b>AGOSTO</b>	81.2	116.3	69.5	202.8
<b>SEPTIEMBRE</b>	147.3	252.8	60.7	147.6
<b>OCTUBRE</b>	44.1	205	111.6	159.5
<b>NOVIEMBRE</b>		20.8	159.7	36.1
<b>DICIEMBRE</b>		125.4	94.5	263.5
<b>TOTAL:</b>	<b>3281.7</b>	<b>2806</b>	<b>3681.1</b>	<b>2968.9</b>

Fuente: Elaboración propia

Para esta zona del proyecto podemos observar, que los datos identifican los meses con lluvia de mayor intensidad van desde octubre hasta abril del siguiente año y los meses de menor intensidad se promueven en los meses a mediados del año.

### 3.2.4 Demanda de agua.

La demanda está constituida por la necesidad de abastecer con agua de lluvia, a una batería sanitaria ubicada en la parte posterior del establecimiento educativo, la cual es utilizada por los niños y niñas que reciben clases en el régimen matutino y vespertino.

En la institución se observó que existe una distinción de las baterías sanitarias entre estudiantes masculinos y femeninos. En el caso de los estudiantes femeninos, solo consta de inodoros, mientras que el sanitario masculino consta de inodoros y urinarios. Al calcular el consumo de agua de la batería sanitaria, se consideró el caudal descargado en los aparatos sanitarios según las especificaciones de los fabricantes.

La batería sanitaria está conformada de los siguientes componentes:

**Tabla 5. Aparatos sanitarios de la batería sanitaria del CECIB ESP**

ESTUDIANTES MASCULINOS	
Aparatos	Número
Lavamanos	2
Urinarios	2
Inodoros	2
ESTUDIANTES FEMENINOS	
Lavamanos	4
Inodoros	3
ESTUDIANTES DISCAPACIDAD	
Lavamanos	1
Inodoros	1

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 6. Demanda de agua de la batería sanitaria**

Aparatos sanitarios	No.	Qinstantaneo (L/s)	Tiempo de uso (seg)	Vol/aparato( L/s)	Vol. Total (L/día)
<b>BATERIA SANITARIA No.1</b>					
Inodoros	6	8	1	8	48
lavamanos	7	0.1	10	1	7
Urinarios	2	0.15	8	1.2	2.4
Demanda de agua de la batería sanitaria					56.4
Demanda de agua por día de la Batería sanitaria (L/Día)					113.8
<b>Determinación de numero de usos</b>					
Tiempo de duración del recreo (min)					45
Tiempo de uso de por cada servicio de batería sanitaria (min)					5
Número de veces que usarían la batería sanitaria por Jornada					9
Número de veces que usarían la batería sanitaria por día ( 2 Jornada)					18

Fuente: Elaboración propia

Las especificaciones de los accesorios y sanitarios empleadas en nuestro estudio son:

Se considera que el inodoro tiene un consumo de 8 litros por descarga completa.

Para el urinario se considera que tiene un consumo de 1.2 litros por descarga en 8 segundos

Respecto al lavamanos se tiene un consumo de 1 litro por ciclo con una duración aproximada de 10 segundos.

Es importante señalar que el consumo de agua potable considerando los aparatos sanitarios que existen en la batería sanitaria, establece 18 usos en un día

A continuación se da a conocer el consumo de agua en la batería sanitaria por los aparatos sanitarios que la conforman:

$$\text{Consumo (x)} = D(x) * T * N * \text{turnos} * d$$

Donde:

Consumo (x) = Consumo de agua en inodoro (i), urinario (u) o lavamanos (l), en m<sup>3</sup>.  
D(x) = Descarga por inodoros (i), por urinarios (u) y por lavamanos (l), en (l/s)  
T = tiempo de uso  
N = Número de aparatos sanitarios.  
turnos = Número de turnos por día. (Matutino y Vespertino)  
d = Número de días considerados al mes.

#### Lavamanos

$$\text{Consumo (x)} = 0.1 \text{ (lit/seg)} * 10 \text{ seg} * 7 * 18 * 30$$

$$\text{Consumo (x)} = 3780 \text{ litros}$$

#### Inodoros

$$\text{Consumo (x)} = 8 \text{ (lit/seg)} * 1 \text{ seg} * 6 * 18 * 30$$

$$\text{Consumo (x)} = 25.920 \text{ litros}$$

#### Urinarios

$$\text{Consumo (x)} = 0.15 \text{ (lit/seg)} * 8 \text{ seg} * 2 * 18 * 30$$

$$\text{Consumo (x)} = 1.296 \text{ litros}$$

$$\text{Consumo total (x)} = 30.996 \text{ litros} = 31 \text{ m}^3$$

### 3.2.5. Volumen de precipitación para aprovechamiento

Para nuestro estudio se han analizados los datos otorgados por la estación meteorológica: Cayapas M154 y considerando que un mm de precipitación equivale al volumen en litros que se concentra en un metro cuadrado [m<sup>2</sup>] y conociendo que el área de la cubierta del aula de donde se tomará el agua lluvia es de aproximadamente 126.15m<sup>2</sup>, (Media Cubierta del Aula) para nuestro estudio se ha considerado la precipitación promedio mensual de 301 mm, se realiza el cálculo de la precipitación

media mensual para la zona de estudio en metros cúbicos, permitiendo así establecer el promedio del volumen medio mensual precipitado es de aproximadamente 35.26m<sup>3</sup>, susceptible de aprovechamiento en el sitio de interés

<b>Cálculo para techo de una aula: (m<sup>2</sup>)</b>						126.15
factor escorrentia:		0.9	Demanda (m <sup>3</sup> )/mes		31.00	
<b>MES</b>	<b>Precipitación Prom.12a (mm)</b>	<b>Abastecimiento (m<sup>3</sup>)*</b>		<b>Demanda (m<sup>3</sup>)</b>		<b>Diferencia (m<sup>3</sup>)</b>
		parcial	acumulado	Parcial	acumulado	
ENE	481.65	54.68	54.68	31.00	31.00	23.68
FEB	336.11	38.16	92.84	31.00	62.00	30.84
MAR	468.87	53.23	146.08	31.00	93.00	53.08
APR	510.98	58.01	204.09	31.00	124.00	80.09
MAY	436.87	49.60	253.69	31.00	155.00	98.69
JUN	303.15	34.42	288.11	31.00	186.00	102.11
JUL	224.89	25.53	313.64	31.00	217.00	96.64
AUG	112.51	12.77	326.42	31.00	248.00	78.42
SEP	208.63	23.69	350.10	31.00	279.00	71.10
OCT	153.13	17.39	367.49	31.00	310.00	57.49
NOV	89.28	10.14	377.63	31.00	341.00	36.63
DEC	180.08	20.45	398.07	31.00	372.00	26.07
* Considera factor de escorrentia				minimo vol	23.68	

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.6. Porcentaje de la oferta que satisface la demanda

Al conocer el volumen de agua derivado de la precipitación y que puede ser aprovechado mensualmente para su captación, respecto con la demanda para actividades de uso sanitario, la implementación del proyecto es viable, teniendo en cuenta que el nuevo sistema suplirá el 100% del volumen de agua mensual requerido para abastecer la demanda de la batería sanitaria para uso de los estudiantes del Centro Educativo Comunitario Intercultural Bilingüe (CECIB) Eperara Sia Piadaarade, sin embargo, cabe anotar que esta condición se mantendrá siempre y cuando las condiciones climáticas de precipitación lo permitan.

Como se puede ver en el cuadro anterior, el considerar media cubierta del aula 1 aportaría el caudal requerido todos los meses para el CECIB Eperara Sia Piadaarade, pues la batería sanitaria contaría con abastecimiento de agua todos los meses del año.

Por lo tanto, la implementación de un SCALL en esta unidad educativa es viable, lo que permite continuar con las gestiones necesarias para postular a un financiamiento de cooperación internacional.

### **3.2.7. Abastecimiento de Agua al Centro Educativo Comunitario Intercultural Bilingüe (CECIB) Eperara Sia Piadaarade**

Para mejorar el sistema de abastecimiento del CECIB “EPERARA SIA PIADAARADE”, se evaluará la problemática de la zona donde se desarrollará el proyecto. Para ello, se va a utilizar la metodología de Marco Lógico, elaborada por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) a finales de los años 60, que ha sido utilizada por las principales organizaciones donantes, tanto multilaterales como bilaterales. Esta metodología nos permitirá identificar los insumos, actividades, resultados, objetivos específicos y objetivo global del proyecto. (NORAD, 1993, p.5).

### **3.2.8 Análisis de los Actores**

Para la intervención del proyecto de aprovechamiento de aguas para el CECIB “EPERARA SIA PIADAARADE” se considerara un análisis de los involucrados.

#### **Las Autoridades del Centro Educativo**

Los Directivos y Administradores tienen la responsabilidad de aprobar el proyecto y asegurarse de que se alineé con los objetivos institucionales. Además, facilitan los recursos y el apoyo logístico necesario, así como de gestionar los permisos necesarios de ser caso.

#### **La Comunidad Educativa**

Los estudiantes y profesores participarán en la sensibilización y la educación ambiental sobre el adecuado uso e importancia del agua lluvia en el proyecto. Colaborarán en el mantenimiento y monitoreo del SCALL, así como en el diseño del proyecto.

El Centro Educativo Comunitario Intercultural Bilingüe (CECIB) Eperara Sia Piadaarade está conformada por:

- Número de Docentes: 8
- Número de Estudiantes: 138

Además, el utilizar el agua lluvia contribuye a la sostenibilidad del medio ambiente, es una solución ecológica y sostenible, al reducir la demanda de agua potable, promoviendo la gestión eficiente del líquido vital a través de prácticas ecológicas y sustentables, que permitan aprovechar la mayoría de recursos disponibles eficientemente.

### **Profesionales Técnicos**

Son las personas que realizan el diseño técnico del sistema de recolección, almacenamiento y distribución de agua de lluvia con la finalidad, que los componentes estén bien integrados. Esto incluye determinar la capacidad de los tanques, los materiales a usar y los aspectos técnicos del sistema.

### **Autoridades Locales del Gobierno Estatal**

Son los responsables de establecer las políticas públicas y normativas que regulan el uso y la gestión del agua en el país, además del cumplimiento de las leyes y regulaciones sobre la calidad del agua y la sostenibilidad de los proyectos.

### **Autoridades Locales del Gobierno Municipal**

Se involucran en la planificación y diseño de los proyectos, ya que se encuentran cerca de la comunidad. Además tiene la capacidad de asignar recursos para la ejecución y la

operación y mantenimiento de los sistemas de agua potable y saneamiento. Puede contribuir en los trabajos de mejoramiento de la infraestructura existente.

### **Proveedores de Materiales**

Suministran a los ejecutores del proyecto, los materiales necesarios como tuberías, canales, herramientas, pétreos, cemento filtros, bombas, válvulas, tanques de almacenamiento, etc., para la implementación del SCALL.

### **Contratistas y Obreros**

Se encargan de la construcción e instalación del sistema de recolección, tratamiento, almacenamiento y distribución de las aguas lluvias, de acuerdo a los diseños elaborados. Además de ser responsables de seguir las normas de seguridad laboral con la finalidad de minimizar los riesgos laborales.

### **Supervisores**

Se encargan de la supervisión de los estudios y la fiscalización de la obra construcción, siguiendo las especificaciones de los diseños realizados, asegurándose de que los costos se mantengan dentro de lo planificado y gestionando modificaciones de ser el caso.

### **Organizaciones no gubernamentales (ONGs)**

Existen Organización o Fundaciones que están interesadas en el financiamiento de proyectos que aporta a la sostenibilidad del planeta, a través de asistencia técnica y recursos económicos.

### **Padres de Familia**

Los padres de familia, son los aliados en la implementación de proyecto, pues en la etapa de operación y mantenimiento del SCALL, brindará el apoyo necesario para el monitoreo y la sensibilización del proyecto en la comunidad educativa.

### **Comunidad Local**

Aunque no estén directamente beneficiados en la ejecución del proyecto, la comunidad local en general puede beneficiarse, si el proyecto SCALL de la Unidad Educativa se cumple el objetivo respectivo y se replica para otras instituciones.

### **Personas Conservadoras**

Son las personas que prefieren los sistemas tradicionales y presentan resistencia a la adopción de las alternativas de abastecimiento de agua.

### **Personal de servicios generales de la Unidad Educativa**

Son las personas responsables de realizar las tareas de apoyo y mantenimiento dentro de las instalaciones de la unidad educativa, para brindar y garantizar que el entorno se encuentre en condiciones adecuadas para los estudiantes y profesores.

### **3.2.9. Análisis de Participación**

La participación de los actores en el SCALL para la Unidad Educativa varía según su rol e interés en el desarrollo de proyecto:

**Tabla 7. Participación de actores**

<b>BENEFICIARIOS DIRECTOS</b>	<b>BENEFICIARIOS INDIRECTOS</b>	<b>NEUTRALES</b>	<b>OPONENTES / PERJUDICADOS</b>
Las Autoridades del Centro Educativo	Comunidad Local	Profesionales Técnicos	Personas Conservadoras
La comunidad Educativa	Proveedores de Materiales	Padres de Familia	Personal de servicios generales
	Contratistas y Obreros	Organizaciones no gubernamentales (ONGs)	
	Autoridades Locales del Gobierno Estatal	Supervisores	
	Autoridades Locales del		

	Gobierno Municipal		
--	--------------------	--	--

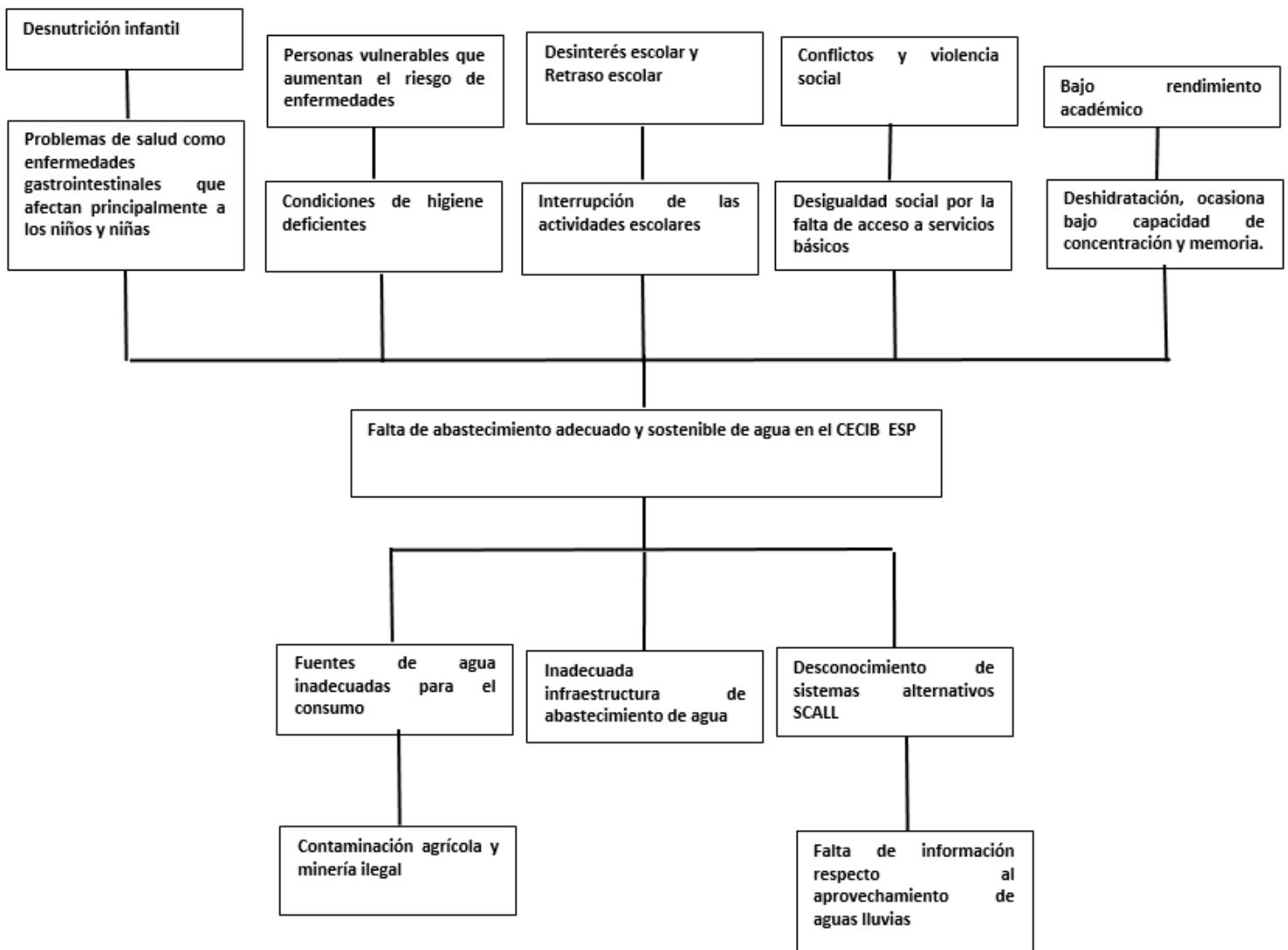
Fuente: Elaboración propia

### 3.2.10. Árbol de Problemas

Establecidos los involucrados y la participación de los actores en el proyecto, se va a realizar el diagnóstico del problema. Para ello, se ha diseñado un árbol de problemas, como se puede observar en la figura 2, en el que se representa de forma visual el problema central, la falta de acceso adecuado y sostenible de agua para el (CECIB) Eperara Sia Piadaarade, las causas de esta en la parte inferior de la figura y las consecuencias que puede tener en la parte superior.

Se observa que la falta de abastecimiento adecuado y sostenible de agua en el CECIB Eperara Sia Piadaarade es un problema multidimensional, que involucra factores ambientales sociales, económicos, de infraestructura y de administración gubernamental; y, las consecuencias de la misma son muy extensas. En este proyecto el foco de atención está puesto en los niños y niñas de la comunidad educativa, es decir, se trata de personas vulnerables, como se presenta a continuación:

**Figuras 2. Árbol de problemas de falta de abastecimiento de agua**

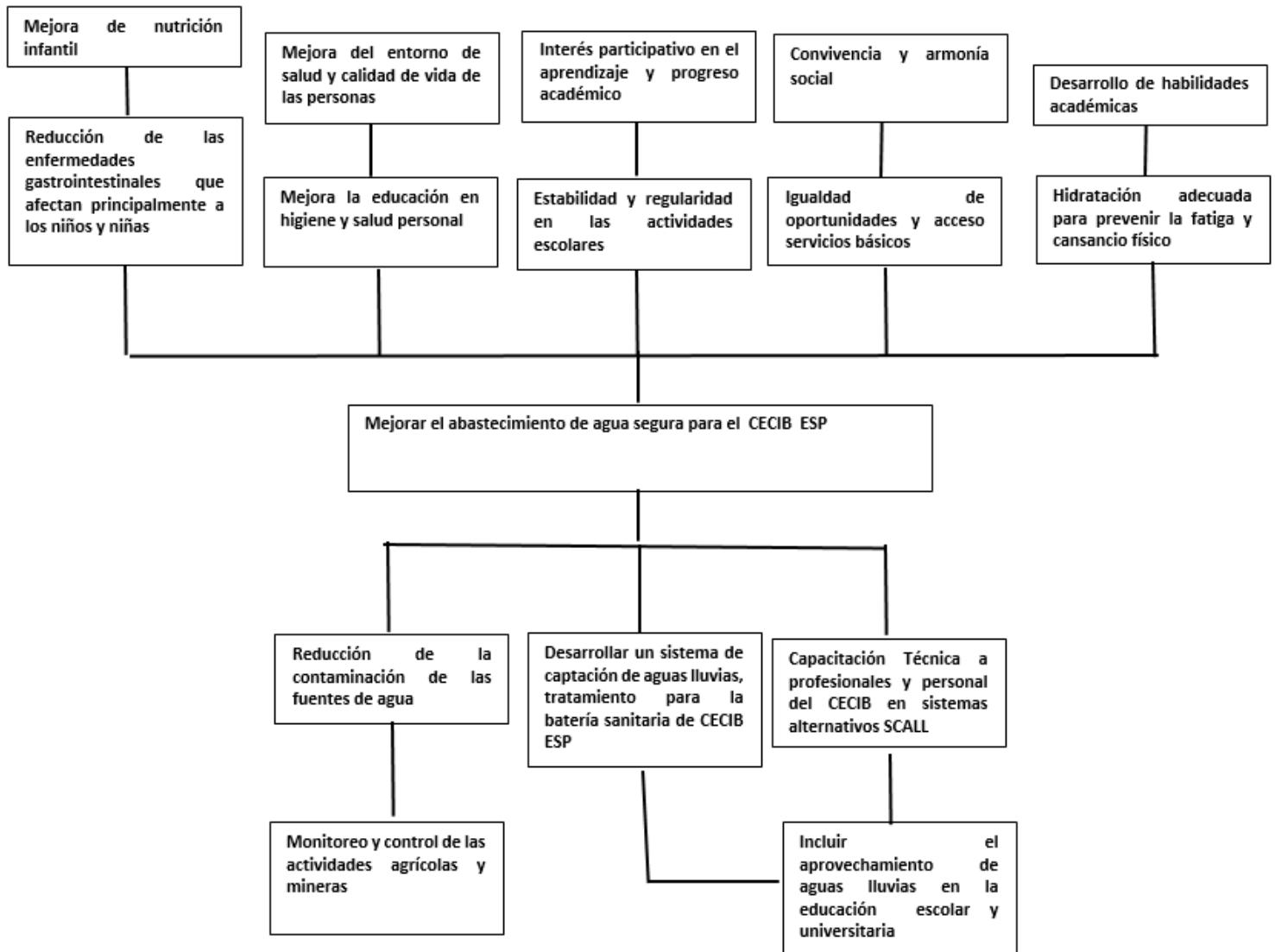


Fuente: Elaboración propia

### 3.2.11. Árbol de Objeto

Detectadas las causas y consecuencias de la falta de un abastecimiento adecuado y sostenible de agua en el CECIB Eperara Sia Piadaarade, se ha diseñado el árbol de soluciones, como se puede observar en la figura 3, en el que se plasma el objetivo general, el mejorar el abastecimiento de agua segura para el CECIB:

**Figuras 3. Árbol de soluciones para mejorar el abastecimiento de agua**



Fuente: Elaboración propia

### 3.2.12. Matriz de marco lógico

Para nuestro caso se ha considerado la estrategia de desarrollar un sistema de aprovechamiento de aguas lluvias y tratamiento para la batería sanitaria de CECIB ESP, que permitirá una intervención inmediata para mejorar el suministro de agua segura en la institución escolar.

**Figuras 4. Matriz de marco lógico**

	Lógica de la intervención/ Objetivos	Indicadores objetivamente verificables	Fuentes de verificación	Hipótesis/ Factores externos
Objetivo(s) general(es)	Mejorar el suministro de agua segura en el CECIB ESP, garantizando el acceso continuo y adecuado para todos los estudiantes y el personal educativo.	Indicador 1: Reducción en un 30% de los niños y niñas con enfermedades gastrointestinales  Indicador 2: Mejora el porcentaje de aprendizaje académico en un 50% de la población estudiantil	Fuente 1: Registros de atención médica en centros de salud  Fuente 2: Registro de calificaciones de los estudiantes	
Objetivos específicos	O1.- Reducir la contaminación de las fuentes de agua y del aire en la zona	Indicador 1: Cumplimiento de los estándares de calidad establecidos por la normativa ambiental  Indicador 2: Incrementar al menos un 20% de zonas de restricción cerca de las fuentes de agua.	Fuente 1: Análisis de resultado de ensayos de laboratorio  Fuente 2: Declaración de Áreas de Protección	Cambio en las políticas públicas y normativa ambiental Contaminación transfronteriza  Crecimiento urbano descontrolado Asentamientos ilegales, intereses económicos, falta coordinación entre autoridades
	O2.- Desarrollar un sistema de captación de aguas lluvias para la batería sanitaria de CECIB ESP	Indicador 1.- Mejorar el servicio de abastecimiento de agua de forma permanente  Indicador 2.- Mejorar la calidad de agua segura para el consumo	Fuente 1: Registros de monitoreo y control  Fuente 2: Encuestas a los padres de los asistentes a la unidad educativa	Crédito demográfico y expansión urbana factores climáticos falta de infraestructura adecuada, limitaciones financieras, , falta de participación de los padres de familia, conflictos sociales y políticos, falta de tecnología  Contaminación en superficies de captación contaminación del aire, falta de infraestructura adecuada, falta de conciencia y educación, condiciones climáticas
	O3.- Capacitar técnicamente a profesionales y personal a cargo de un sistema SCALL	Indicador 1: Contar con Profesionales capacitados en el sistema alternativo  Indicador 2: Incrementar en 20% en la aplicación del SCALL en nuevas infraestructuras	Fuente 1: Registro de asistencia a talleres de capacitación de sistemas alternativos  Fuente 2: Planos y permisos de construcción aprobados	Falta de oferta educativa especializada Desinterés para la capacitación Desactualización o falta de inversión en formación continua. Falta de apoyo político, escaso interés en investigación y desarrollo  Falta de políticas públicas y apoyo institucional, restricciones económicas, falta de concienciación y conocimiento, competencias con otras soluciones tecnológicas, falta de financiamiento

	R1O1.- Evaluada y Monitoreada la calidad del aire y del agua lluvia	Indicador 1: Realizar al menos una vez tres veces al año, análisis físicos y químicos del agua lluvias y de contaminación del aire	Fuente 1: Informe de Resultados y ensayos de laboratorio	Limitaciones económicas, Falta de personal capacitado, Limitaciones acceso a tecnologías, Interferencias de intereses industriales, agrícolas y mineros
	R2O1.- Aplicada la normativa de control ambiental	Indicador 2: Cumplimiento de requisitos normativos	Fuente: Número de Sanciones o multas impuestas	Normativas ambiguas o conflictivas entre diferentes niveles de gobierno, Leyes desactualizadas, Intereses políticos, corrupción, factores sociales y culturales
	R1O2.- Adecuada recolección de aguas lluvias	Indicador 1: Medición diaria del volumen de agua lluvia captada	Registro de mediciones pluviométricas diarias	Fallas técnicas en los equipos, falta de personal capacitado, falta de financiamiento continuo, falta de automatización de datos
	R2O2.- Adecuada capacidad de almacenaje de agua recolectada	Indicador 2: Medición diaria de volumen de agua disponible	Registro de mediciones de agualluvia almacenada en el tanque	Fallas técnicas en los equipos, falta de personal capacitado, falta de financiamiento continuo, falta de automatización de datos
	R1O3.- Adquiridos los conocimientos técnicos fundamentales	Indicador 1: Realizar al menos una vez al año, talleres o cursos de capacitación a profesionales sobre los sistemas de captación de agua alternativos.	Registro de asistencia y calificación de participantes	Falta de financiamiento, falta de espacios adecuados para reuniones. Resistencia al cambio, Inseguridad, acceso limitado a materiales de formación
	R2O3.- Capacitados para instalar y operar correctamente un sistema SCALL	Indicador 2. Realización de taller o cursos de capacitación a profesionales y personal que opera SCALL	Registro de asistencia y calificación de participantes	Falta de instructores calificados, acceso limitado a materiales de formación baja demanda en capacitación, resistencia al cambio.

Actividades		Recursos	
		1.1 Profesionales especializados en recursos hidricos y calidad del aire, Mapas de cartografía hídrica, Organismos Gubernamentales, , estudios de investigación anteriores y análisis de contaminantes, sistemas de información geográfica.	Falta de financiamiento, Profesionales desactualizados, Equipo de medición insuficientes u obsoletos, obstáculos burocráticos, normas ambientales restrictivas
		1.2 Profesionales especializados en recursos hidricos y calidad del aire, Organismos Gubernamentales, estaciones de monitoreo de calidad de aire, equipos de muestreo y ensayos de laboratorio,	Falta de financiamiento, acceso limitado a zonas de monitoreo, falta de tecnología para el análisis y toma de muestras, permisos y restricciones burocráticas, desinterés social, profesionales desactualizados, desconfianza de resultados
		1.3 Auditores Ambientales Certificados, Expertos técnicos: Hidrólogos, ingenieros ambientales, químicos, asesores legales, Normativas, Equipos de medición calidad del agua y del aire, monitoreo de suelos.	Falta de financiamiento, altos costos operativos, falta de apoyo institucional, cambios en la administración pública, escasez de personal capacitado, inseguridad, desconfianza de resultados
		2.1 Personal técnico: ingenieros civiles, arquitectos e hidráulicos. Población estudiantil, equipo y herramientas	Profesionales desactualizados, Equipo de medición insuficientes u obsoletos, escasez de personal capacitado, inseguridad
		2.2 Personal técnico: ingenieros civiles e hidráulicos. Datos históricos y estadísticos, métodos de cálculo, estaciones pluviométrica. Consultores hidráulicos, métodos de cálculo, datos población estudiantil y socio económicos, registros de consumo	Falta de marco normativo claro, restricciones presupuestarias, resistencia de la comunidad educativa, condiciones climáticas adversas, inseguridad, profesionales no interesados.
		2.2 Profesionales civiles e hidráulicos, métodos de cálculo, proveedores y materiales, personal de trabajo, equipo y herramientas,	Falta de apoyo gubernamental, costo elevado de los materiales y mano de obra, limitaciones presupuestarias, terrenos inestables, conflictos legales, deficiencias en el diseño, inseguridad en la zona,
		3.1 Consultores y Profesionales técnicos especializados en recursos alternativos, centros educativos.	Aumento de costos, otras prioridades por parte de las autoridades, desinterés social y falta de concientización, falta de políticas específicas en sostenibilidad ambiental, falta de actualización de contenidos educativos, escasez de profesores capacitados, figura de cerebros, dificultad de acceso a las zonas rurales.
		3.2 Profesionales técnicos, manuales de operación y mantenimiento, programas de capacitación continua, talleres prácticos, equipos de capacitación.	Desinterés por parte de los financiadores, desconocimiento de los sistemas alternativos, falta de interés, falta de apoyo gubernamental, falta de recursos técnicos o educativos, amenazas e inseguridad.

Fuente: Elaboración propia

### **3.2.13. Actividades y tareas**

Para la implementación del presente proyecto, se realizarán las siguientes actividades:

#### **3.2.13.1 Fase de Preparatoria y Contratación**

Una vez que se han identificado los objetivos del proyecto, para nuestro caso será necesario que se realicen la contratación de servicios para el desarrollo de nuestra propuesta, por lo que se ha previsto la contratación de las tres fases del proyecto: Fase de Diagnóstico, Fase de Diseño e Implementación y Fase Evaluación y Monitoreo. En esta fase, se deberá elaborar los pliegos de las condiciones y los términos de referencia, estableciendo los plazos, los productos entregables, metodología y objetivos. También se determinará la experiencia de los consultores y el perfil requerido para cada una de las contrataciones, la metodología de evaluación entre otras.

Estas actividades previas se realizarán de manera organizada con la finalidad de garantizar que el proceso de contratación sea eficiente y que cumpla con los objetivos establecidos.

#### **3.2.13.2. Fase de Diagnóstico**

Para la realización del diagnóstico de las fuentes de agua y calidad del aire en el área de nuestro proyecto, implicará efectuar una evaluación detallada del estado actual de estos elementos, lo cual es esencial para tomar las decisiones respectivas, por lo que se realizarán las siguientes actividades:

##### **3.2.13.2.1 Estudio de las fuentes de agua y calidad de aire en el área del proyecto.**

Con la finalidad de conocer el cumplimiento de las normativas y regulaciones ambientales de la situación actual de la zona del proyecto, para poder identificar el grado de contaminación, ya sea por actividades humanas o por condiciones naturales, se deberá realizar un estudio de la situación actual, que nos ayude a tomar medidas preventivas para evitar o reducir los impactos encontrados. Esta fase se ha planificado realizarla mediante la contratación de personal calificado y con el apoyo del personal educativo del CECIB PES durante tres meses realizarla. En la tabla 9 se detallan las acciones que se deberán realizar en el desarrollo del proyecto:

**Tabla 8. Actividades a realizar de la situación actual**

Actividades	Detalles
<b>1.- Definir alcance del proyecto</b>	Definir la planificación de trabajo, estableciendo claramente el alcance y los límites del área donde se llevará a cabo el estudio, establecer los recursos necesarios para el desarrollo del proyecto en esta fase.
<b>2.- Identificar y conformar los equipos de trabajo en relación a las actividades planificadas</b>	Conforme al alcance del proyecto, se revisar sus objetivos y deberá definir las áreas de conocimiento o habilidades técnicas necesarias que colaborarán en la elaboración del proyecto.
<b>3.- Recolección de información secundaria.</b>	Se debe averiguar información previa sobre la calidad de agua y del aire en la zona, además de investigar sobre actividades industriales, agrícola y minera que puedan influir en la calidad del aire y agua
<b>4.- Analizar las fuentes de agua en la zona.</b>	Se debe realizar análisis de la calidad de aire cerca de las fuentes de contaminación y de la zona del proyecto.

	Ensayos de partículas suspendidas, dióxido de nitrógeno, ozono, dióxido de azufre, monóxido de carbono, compuestos orgánicos volátiles.
<b>5.- Analizar la calidad de aire en la zona.</b>	Se debe realizar análisis de la calidad de aire cerca de las fuentes de contaminación y de la zona del proyecto. Ensayos de partículas suspendidas, dióxido de nitrógeno, ozono, dióxido de azufre, monóxido de carbono, compuestos orgánicos volátiles
<b>6.- Evaluación de resultados</b>	Una vez que se cuente con los datos obtenidos de las muestras, se realizará un análisis de laboratorio para evaluar la calidad de agua y la concentración de contaminantes del aire que los parámetros obtenidos, no superen los límites permitidos por las normas nacionales e internacionales.
<b>7.- Elaboración de informes</b>	Luego del análisis de los resultados se realizará la elaboración de un informe que detalle los resultados de las fuentes de agua y del aire en el área de estudio, así como los riesgos que se presentan y las propuestas de medidas correctivas para su mitigación.
<b>8.- Elaboración de las recomendaciones y establecer un plan de monitoreo</b>	Se propondrá un plan de monitoreo periódico de la calidad de agua y de la aire, con la finalidad de evaluar la efectividad de las medidas correctivas

<b>9.- Socialización de los resultados a las partes interesadas.</b>	Una vez validada la información por parte del equipo del proyecto, se realizará la presentación de los resultados del estudio a las autoridades educativas, autoridades locales, representantes de empresas en el área y comunidades cercanas a la zona del proyecto, con la finalidad de escuchar y acoger las recomendaciones de las partes interesadas.
--	--

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.13.2.2 Evaluación de la infraestructura existente en el CECIB PAS.

Se deberá identificar las necesidades de la actual infraestructura educativa, inspeccionando las instalaciones físicas, las instalaciones sanitarias, condiciones del terreno, revisión del equipamiento y mobiliario, etc. En la tabla 10 se detallan las acciones que se deberán realizar en esta etapa:

**Tabla 9. Actividades para la evaluación de infraestructura**

Actividades	Detalles
<b>1.- Planificación de la evaluación</b>	Definir las áreas de infraestructura que serán evaluadas, identificar el estado de las edificaciones en especial de la batería sanitaria, las instalaciones de agua y saneamiento, sistemas de seguridad y emergencia, revisión del equipamiento y mobiliario.
<b>2.- Definir el equipo de trabajo</b>	Se determinará o contratará los profesionales: ingenieros civiles, arquitectos, administradores escolares,

	personal técnico, que serán los responsables de la evaluación.
<b>3.- Inspección física de la infraestructura</b>	Revisión de las estructuras como cimientos, paredes, techos, columnas, vigas, canaletas, bajantes, daños y desgaste.
<b>4.- Inspección del terreno</b>	Se revisará las condiciones actuales del terreno, donde se ubica la unidad educativa, con la finalidad de conocer el área aprovechable para el proyecto.
<b>5.- Revisión de instalaciones de agua potable y saneamiento</b>	Revisar el sistema de agua potable y sus componentes (tuberías, reservorios, bombas) y de saneamiento estado del pozo séptico.
<b>6.- Revisión del equipamiento y mobiliario.</b>	Inspeccionar las condiciones de los muebles y equipo dentro de las aulas, así como el equipamiento de la batería sanitaria.
<b>7.- Entrevistas con la comunidad educativa</b>	Realizar encuestas a estudiantes, docentes y personal administrativo para conocer sus opiniones y problemas recurrentes que no son visibles en la inspección
<b>8.- Identificación de necesidades</b>	Una vez completada la inspección, se deberá clasificar y evaluar las reparaciones o mejoras necesarias, en estructura, de accesibilidad, de servicios y de mobiliarios.

<b>9.- Socialización</b>	Presentar a las autoridades educativas el informe técnico, con los resultados y el respectivo plan de acción.
--------------------------	---

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.14. Fase de Diseño

Es una fase muy importante para todo proyecto, ya que se establecen las bases para su concepción y planificación de su ejecución, considerando el cumplimiento de las normativas y regulaciones vigentes.

#### 3.2.14.1 Diseño del SCALL

El diseñar un sistema de aprovechamiento de aguas lluvias implica una serie de actividades, las cual se detalla a continuación:

**Tabla 10. Actividades para el diseño de SCALL**

Actividades	Detalles
<b>1.- Definir los objetivos y realizar un estudio preliminar</b>	Se deberá definir el objetivo de nuestro proyecto según su uso, ya sea para reducir el consumo de agua tradicional, regar jardines o abastecer de agua a las instalaciones sanitarias. Además de evaluar las necesidades de agua que se requiere conforme a su utilización.
<b>2.- Realizar el análisis de la cubierta de captación</b>	Analizar la infraestructura disponible como los techos que se utilizarán para recolectar el agua lluvia. Así también

	evaluar el sistema de drenaje como canaletas y bajantes.
<b>3.- Diseñar el sistema de captación</b>	Una vez definido la cubierta o techo para la captación, es importante considerar el tamaño y material con la finalidad de calcular el caudal recolectado y así dimensionar las canaletas y las bajantes y tuberías que conducirán el agua hacia el almacenamiento.
<b>4.- Diseño del tanque de las primeras aguas</b>	Para mitigar la contaminación del agua lluvia recolectada al caer en la cubierta, que suelen contener suciedad y contaminantes, se realizará un sistema de desvió de las primeras aguas lluvias.
<b>5.- Diseño de tratamiento</b>	Dependiendo del uso que se dará al agua, son necesarios sistema de filtración de materiales pétreos, con la finalidad que el agua se mantenga limpia. Además se realizará la respectiva purificación para garantizar que el agua sea potable.
<b>6.- Diseño del tanque de almacenamiento</b>	Considerando los factores como espacio y accesibilidad, se podrán determinar el lugar adecuado para colocar el depósito. Por otra parte de deberá dimensionar el volumen de agua a almacenar teniendo en cuenta las precipitaciones y el consumo proyectado.
<b>7.- Presupuesto</b>	Se deberá realizar el presupuesto detallado asociado al diseño que incluya

	los materiales, mano de obra, equipo e instalación del sistema SCALL
<b>8.- Manual de operación y mantenimiento</b>	De acuerdo a nuestro diseño se deberá elaborar un manual de operación y mantenimiento, así como los costos de los mismos que permita asegurar el funcionamiento del SCALL de manera eficiente
<b>9.- Aprobaciones de los estudios</b>	Una vez que se cuenta con la concepción técnica y la viabilidad económica del proyecto, debe ser presentado alas autoridades para su revisión y aprobación de los estudios finales.

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.15. Fase de implementación

En esta fase, se llevará a cabo la ejecución de todas las actividades que fueron planificadas durante la fase anterior, con la finalidad de convertir el diseño en resultados tangibles, considerando el plan de trabajo, la asignación de recursos, supervisión y control del avance, identificación de problemas y riesgos y la entrega de pruebas para poner en marcha nuestro proyecto materializado.

#### 3.2.15.1 Construcción de infraestructura del sistema

La construcción del SCALL involucra varias actividades que deben ser realizadas de manera estructurada para garantizar su efectividad:

**Tabla 11. Actividades para la implementación del SCALL**

Actividades	Detalles
-------------	----------

<b>1.- Preparación de sitio</b>	Se debe realizar una inspección de la zona, para identificar posibles obstáculos e inconvenientes que se presenten en la etapa de ejecución. Incluir las medidas de seguridad a su alrededor.
<b>2.- Instalación de la infraestructura de captación</b>	Colocar las canaletas en la cubierta determinada para la captación, así como las bajantes y la instalación de un sistema de desvío de las primeras aguas. Se puede considerar instalar filtros de malla en las canaletas y bajantes para impedir la entrada de hojas.
<b>3.- Construcción del tanque de almacenamiento</b>	Dependiendo del tipo de tanque ya sea superficial o subterráneo y semisubterráneo, se deberá excavar el área para crear una buena base nivelada. Se debe instalar tapas o cubiertas para evitar la entrada de contaminantes.
<b>4.- Construcción o instalación de filtros</b>	Nuestro sistema deberá contar con un sistema de filtración que puede ser mediante material granular de diferente granulometría para mejorar la calidad del agua. Con la finalidad de que el agua pueda ser para consumo humano se deberá instalar dispositivos de cloración o desinfectadores.
<b>5.- Puesta en marcha del sistema</b>	Una vez terminado la construcción e instalación de los componentes del sistema, se comprobará su operatividad y se realizarán las pruebas necesarias que

	permitan verificar que el sistema funciona correctamente.
<b>6.- Capacitación y mantenimiento</b>	Se proporcionará la formación a los operadores responsables asignados que para nuestro caso pueden ser personal administrativo y/o padres de familia del sistema instalado sobre el uso, limpieza, control del agua y mantenimiento de sus componentes.
<b>7.- Socialización y entrega de la obra</b>	Una vez terminada la obra y proporcionada la capacitación a las personas designadas, se realizará la entrega a las autoridades, así como comunidad educativa e instituciones financista.

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.15. Fase de evaluación y monitoreo

En esta fase, se llevará a cabo un seguimiento detallado de los objetivos establecidos para mejorar el abastecimiento de agua segura, considerando el monitoreo del proyecto a lo largo de todas sus fases. Por ello, se tiene planificado realizar una evaluación paralela a la fase de diagnóstico, con el fin de conocer la situación actual de los factores directamente involucrados, como la calidad del agua y el aire. Posteriormente, se efectuará una evaluación al finalizar la implementación del proyecto, para verificar si se cumplieron las actividades planificadas y si se lograron los resultados esperados en relación al abastecimiento de agua. En la etapa de funcionamiento del sistema, se evaluará el nuevo sistema de abastecimiento alternativo para asegurar que se han alcanzado los objetivos y la sostenibilidad del proyecto una vez implantado. Finalmente, a través de una auditoría, se verificará el cumplimiento de las actividades planificadas en todas las fases del proyecto. En esta fase se establecen las siguientes actividades:

### 3.2.15.1 Monitoreo de la calidad de agua y el aire

**Tabla 12. Actividades para el monitoreo**

Actividades	Detalles
<b>1.- Planificación del monitoreo</b>	Definir la planificación de trabajo, estableciendo los parámetros a monitorear tanto agua como en aire, así como determinar los lugares o puntos de muestreo y la frecuencia de las tomas.
<b>2.- Toma de muestras de agua e instalación de equipos para monitoreo de aire</b>	Se deberá tomar las muestras de agua lluvia en su estado normal y tratada utilizando los equipos adecuados conforme al protocolo calificado, con la finalidad de asegurar el correcto almacenamiento y transporte. Respecto a la calidad de aire se usarán estaciones de monitoreo debidamente calibrados.
<b>3.- Análisis de laboratorio de agua y reporte de resultados</b>	Una vez tomadas las muestras, se deberán enviar al laboratorio para determinar respecto al agua, la presencia de contaminantes, metales pesados, nutrientes, bacterias entre otros. Posterior mediante métodos analíticos se deberá comparar los resultados con los límites establecidos por la normativa
<b>4.- Recolección y análisis de Datos en calidad de aire</b>	Los sensores de los equipos utilizados reportarán la información en tiempo real sobre la calidad de aire, que posteriormente serán analizados para

	identificar posibles fuentes y niveles de contaminación.
<b>5.- Evaluación del desarrollo de las fases del proyecto</b>	Evaluación exhaustiva de los diseños, instalaciones y la integración de cada componente del sistema de captación, almacenamiento y abastecimiento de agua (SCALL) en todas sus fases, con el fin de garantizar su correcta implementación y funcionamiento. Además, se llevará a cabo un análisis de la interacción entre los diferentes elementos del SCALL, para asegurar que el sistema funcione de manera óptima y cumpla con los estándares de sostenibilidad y fiabilidad requeridos.
<b>6.- Acciones Correctivas.</b>	En caso de detectar parámetros o resultados fuera de lo permitido, se deberán establecer un plan de acción para mitigar o reducir la contaminación
<b>7.- Elaboración de informes</b>	Desarrollar un informe detallado sobre el estado de la calidad del agua y del aire, considerando las posibles implicaciones en la salud y el medio ambiente.
<b>8.- Socialización de los resultados a las partes interesadas.</b>	Se realizará la presentación de los resultados del estudio a las autoridades educativas, autoridades locales, representantes de empresas en el área y comunidades cercanas a la zona del proyecto, con la finalidad de escuchar y

	acoger las recomendaciones de las partes interesadas.
--	---

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.15.2 Auditoría

**Tabla 13. Verificación de cumplimiento de las actividades**

Actividades	Detalles
<b>1.- Planificación de la auditoría</b>	Definir el alcance de la auditoria, determinando los procesos o actividades que serán auditados, (contaminación, consumo, procesos operacionales, recursos, etc.). además de designar o contratar el equipo de auditores
<b>2.- Recolección de la información</b>	Examinar los contratos, estudios, permisos ambientales, registros de cumplimiento de normativas, revisar los procedimientos de gestión ambiental implementados.
<b>3.- Inspección en situ.</b>	Realizar visita de campo a las instalaciones de la unidad educativa para observar la operación de SCALL, así como identificar los posibles riesgos técnicos y ambientales.
<b>4.- Entrevistas</b>	Realizar entrevista con personal operativo, personal de la comunidad educativos, representantes, padres de familia, para conocer la operación del SCALL.

<b>5.-Evaluación y análisis de datos</b>	Se debe verificar si el sistema cumple con la legislación y la normativa de construcción y ambiental. Evaluar la eficiencia operativa del sistema
<b>6.-Informe de Auditoría</b>	Realizar un informe con los resultados del proceso de la auditoria, incluyendo los aspectos positivos y negativos incluyendo las respectivas recomendaciones para mejorar la situación actual del proyecto y adicionalmente señalar si se está cumpliendo con las normativas.
<b>7.-Presentación</b>	Una vez terminado el informe, se deberá presentar y socializar los resultados a la personal operativo, personal de la comunidad educativos, autoridades, padres de familia, representantes de empresas involucradas.

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.16. Fase de sostenibilidad y formación

En la fase de sostenibilidad y formación de un proyecto, se trabaja en garantizar que los resultados del proyecto se mantengan a largo plazo. Esto implica diseñar estrategias para la operación y mantenimiento continuo, asegurar la disponibilidad de recursos financieros, humanos y técnicos, y promover la capacitación de los beneficiarios o usuarios. Además, se enfocan en establecer estructuras de gestión locales y generar un compromiso con las partes involucradas para que el proyecto siga funcionando de manera eficiente y sostenible una vez finalizada su implementación. En esta fase se establecen las siguientes actividades:

### 3.1.16.1. Especialización profesional en sistemas alternativos

**Tabla 14. Actividades para la especialización profesional en SCALL**

Actividades	Detalles
<b>1.- Planificación de la especialización</b>	Definir un plan de formación en estos sistemas alternativos que ofrezcan formación en la gestión de recursos hídricos y sustentabilidad en el manejo del agua, considerando tecnologías emergentes de abastecimiento de agua.
<b>2.- Solicitar colaboración de instituciones públicas u organizaciones privadas</b>	Las instituciones públicas y las organizaciones privadas a través de las universidades pueden colaborar en la organización de programas de formación sobre gestión sostenible del agua, dirigida a profesionales.
<b>3.- Revisión y matriculación</b>	Para acceder a una especialización se requerirá un título profesional en alguna área de ingeniería, ya que esta capacitación está dirigida para complementar la formación técnica.
<b>4.- Desarrollo de conocimientos</b>	Se podrá establecer materias de: recolección de aguas lluvias, desalinización, reutilización de aguas residuales, sistemas de extracción de aguas subterráneas, regulación y gestión del agua, desarrollo de proyectos de infraestructura hídrica, evaluación y monitoreo.

<b>5.- Prácticas de campo</b>	Realizar visitas a instalaciones y proyectos en funcionamiento, que implementen tecnologías de abastecimiento alternativo
<b>6.- Trabajos de aplicación</b>	Trabajar en proyectos que impliquen el diseño e implementación de sistemas alternativos de abastecimiento de agua, que beneficien a una institución educativa, para previo a su certificación haber demostrado los conocimientos adquiridos a la comunidad.
<b>7.- Certificado de aprobación</b>	Se podrá obtener certificación una vez terminado la formación profesional correspondiente.

Fuente: Elaboración propia

### 3.1.16.2. Cursos y talleres

**Tabla 15. Actividades para el desarrollo de cursos y talleres de operatividad de SCALL**

Actividades	Detalles
<b>1.- Planificación del curso</b>	Definir los objetivos específicos que el curso o taller busca alcanzar, con capacitación sobre la operación y mantenimiento de los SCALL. Además se determinará la población a la que este dirigido el curso, sean profesionales, personal administrativo, estudiantes. Determinar si el curso es presencial o virtual

<b>2.- Colaboración del gobierno local, proveedores y organizaciones gremiales.</b>	El gobierno local y las organizaciones gremiales pueden colaborar en la organización de cursos/talleres de capacitación para la instalación, operación, mantenimiento de los SCALL.
<b>3.- Organización logística.</b>	Se deberá seleccionar un lugar accesible y adecuado como aulas o centros comunitarios. Además de contratar instructores y expertos en SCALL.
<b>4.- Campañas de difusión e inscripción de participantes</b>	Se deberá promocionar el curso o taller a través de diferentes canales de comunicación, como redes sociales y sitios web., con la finalidad de contar del interés del tema y el registro de la mayor cantidad de participantes.
<b>5.- Desarrollo del curso/taller</b>	Se considerará la introducción sobre la importancia de los SCALL y explicar los componentes del sistema, su funcionamiento y mantenimiento, que se complementará con la demostración de recolección en el techo, almacenamiento en cisternas hasta los procesos de filtración.

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.14. Organigrama

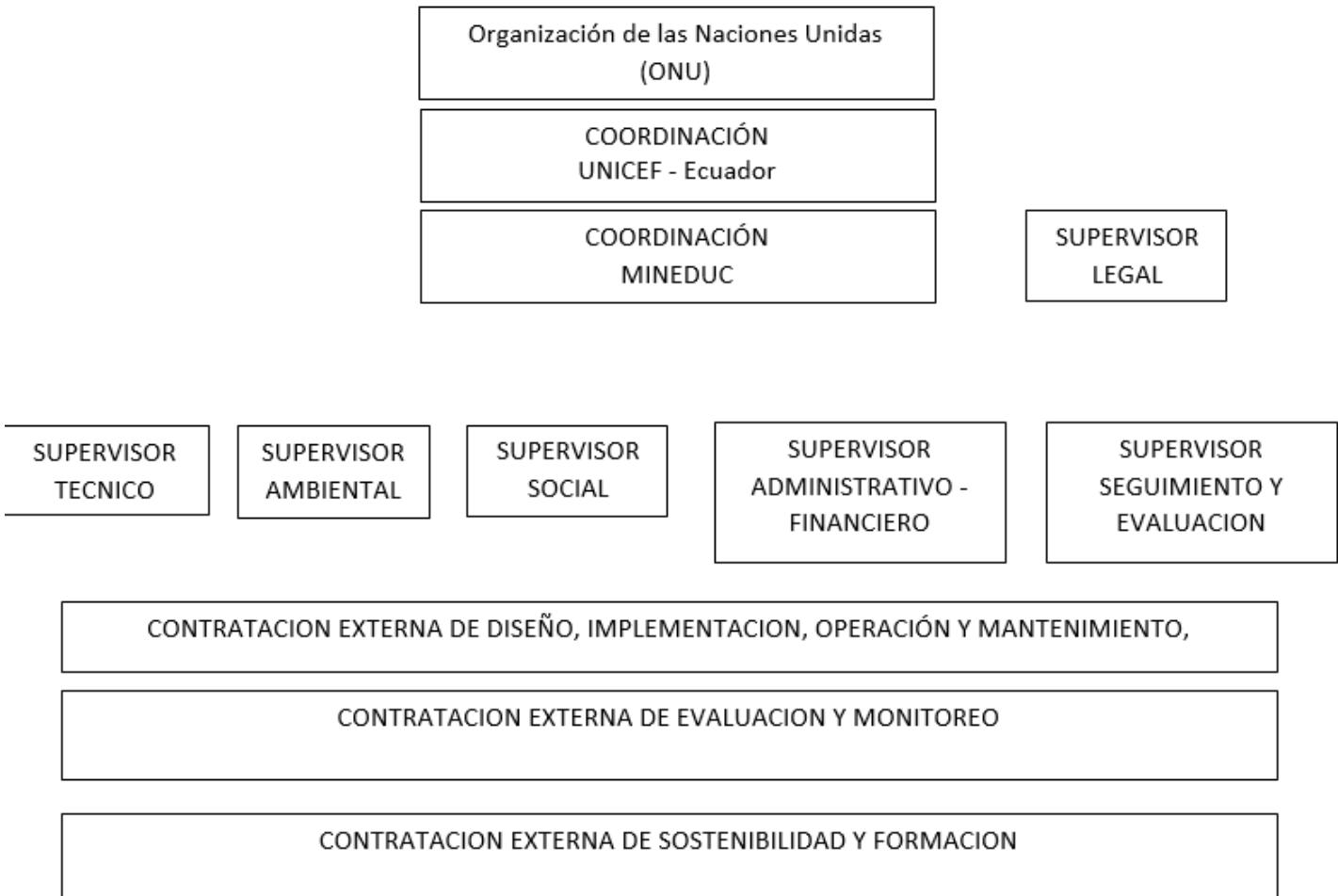
El proyecto que se han planteado en el presente trabajo de fin de master, es una intervención específica en una unidad educativa para el sector agua, que contribuirá al desarrollo de la educación de niños y niñas. Al considerar que el proyecto tiene un alcance puntual se establecerá una estructura organizacional para la implementación de

SCALL en el CECIB EPS, sin embargo es importante señalar que la gestión de los fondos se lo podrá realizar mediante fondos internacionales como por ejemplo, el Fondo de la Naciones Unidas para la Infancia UNICEF, que fue creado para promover los derechos el bienes de la niñez y adolescencia a nivel internacional y desde 1973 cuenta con una oficina central en Ecuador, con profesionales capacitados que trabajan en las áreas de salud y nutrición, educación, inclusión social, protección infantil, agua, saneamiento e higiene, monitoreo, comunicación y recaudación de fondos. (UNICEF Ecuador, 2019)

Bajo los antecedentes mencionados, se establece la estructura organizativa para el desarrollo del proyecto de SCALL, que se compone de un coordinador/a de la organización no gubernamental que representa a UNICEF como receptor en Ecuador, quien gestiona la comunicación con los financiadores, los aspectos administrativos y legales con la agencia internacional de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) y un coordinador/a en el Ecuador como receptor del proyecto a través de la Entidad competente representada por el Ministerio de Educación del Gobierno Central (MINEDUC), quien tiene la responsabilidad de la gestión y el control operativo en el país, supervisando la ejecución de las actividades y garantizando que el proyecto se desarrolle según lo planificado.

Es fundamental que exista una comunicación constante entre las distintas áreas y los actores involucrados, los mismos que se conforma de manera jerárquica y funcional, con roles y responsabilidades definidas en el proyecto para asegurar su correcta implementación de todas sus fases. Se conformará un equipo de gestión para el proyecto por parte de la coordinación de Ecuador a través de un equipo multidisciplinario en diferentes áreas que cuentan con competencias claramente establecidas, dependiendo de las actividades asignadas a intervenir con el proyecto, las mismas que se describen en la figura 4 a continuación:

**Figuras 5 Organigrama de intervención**



**Tabla 16. Áreas de responsabilidades y sus funciones**

PERSONAL RESPONSABLE	FUNCIONES
Supervisor Técnico	Coordinar los aspectos técnicos relacionados con la implementación de la infraestructura de agua potable. Supervisar el cumplimiento de las normas de calidad y estándares técnicos. Coordinar con el personal técnico para determinar soluciones efectivas a cualquier problema

	<p>Coordinar con los demás equipos del proyecto aspectos técnicos.</p> <p>Asegurarse que los recursos técnicos se utilicen de manera eficiente.</p> <p>Supervisar la formación del personal técnico en la operación mantenimiento</p> <p>Supervisar y realizar informes sobre el avance técnico asegurándose de mitigar cualquier ajuste de la planificación.</p> <p>Supervisar que los trabajadores cumplan las prácticas de seguridad.</p>
Supervisor Ambiental	<p>Supervisar el monitoreo ambiental del agua y del aire</p> <p>Asegurarse del cumplimiento de normas ambientales</p> <p>Coordinar las acciones de evaluaciones y o auditorías ambientales</p> <p>Brindar asesoramiento en el diseño y ejecución del proyecto.</p> <p>Acompañar en la educación y sensibilización ambiental.</p> <p>Supervisar la elaboración de informes ambientales</p> <p>Coordinar la implementación de planes de manejo ambiental</p> <p>Coordinar con las autoridades locales y los organismos de cooperación asuntos ambientales.</p>
Supervisor Social	Coordinar la participación activa de los involucrados y beneficiarios del proyecto, en todas las fases.

	<p>Acompañar en la educación y sensibilización de uso adecuado del agua.</p> <p>Coordinar la resolución de conflictos entre los involucrados del proyecto.</p> <p>Impulsar la creación de comités por parte de los miembros de la comunidad e impulsar la capacitación en tema de gestión de agua, calidad de aire y mantenimiento del sistema.</p> <p>Supervisar el impacto social del proyecto, considerando las afectaciones a todos los involucrados.</p> <p>Mantener una comunicación permanente entre la comunidad educativa, las autoridades locales y /o empresas implicadas.</p> <p>Velar por la integración de la perspectiva de género en las actividades del proyecto.</p> <p>Supervisar el cumplimiento de los derechos humanos relacionados al acceso al agua.</p> <p>Colaborar con la implementación de proyectos sociales complementarios.</p> <p>Asegurarse que los beneficiarios sean capaces de gestionar y mantener el proyecto otorgado.</p> <p>Elaboración de informes considerando la resolución de conflictos.</p>
--	--

Supervisor Administrativo - Financiero	<p>Supervisar el desarrollo, gestión y seguimiento de los recursos financieros otorgados para el proyecto.</p> <p>Preparar informes financieros periódicos para conocer el estado general del proyecto.</p> <p>Articular con los demás equipos del proyecto los servicios por contratación externa.</p> <p>Supervisar la disponibilidad de recursos, asegurándose de la liquidez para cumplir con las obligaciones financieras.</p> <p>Supervisar y administrar los contratos con proveedores y contratista,</p> <p>Asegurar que los recursos otorgados por organizaciones internacionales o donantes sean gestionados conforme a los procedimientos establecidos por las instituciones.</p> <p>Identificar riesgos financieros que puedan afectar al proyecto</p> <p>Coordinar con los otros equipos para garantizar las decisiones administrativas y financieras que apoyen en la implementación del proyecto.</p>
Supervisor Legal	<p>Verificar que las actividades del proyecto cumplan con las leyes locales, nacionales y de la cooperación internacional.</p>

	<p>Asesorar en la elaboración de documentos para la contratación de servicios.</p> <p>Identificar posibles riesgos legales relacionados a la ejecución del proyecto.</p> <p>Asegurar que el proyecto respete los derechos humanos de posibles afectaciones.</p> <p>Supervisar que el proyecto cumpla con las normativas ambientales.</p> <p>Asesorar la creación de estructuras legales para la gestión del proyecto.</p> <p>Elaboración de informes legales sobre el estado de desarrollo del proyecto, los riesgos legales, cumplimiento de normativas y cualquier conflicto o disputa pendiente.</p> <p>Supervisar que el proyecto cumpla con los tratados, convenios y acuerdos internacionales.</p>
Supervisor en SEGUIMIENTO Y EVALUACION	<p>Asegurar que las actividades del proyecto se realicen de acuerdo con su planificación.</p> <p>Evaluar los resultados del proyecto a corto como largo plazo con la finalidad de medir el mejoramiento del acceso al agua potable y bienestar de la comunidad educativa.</p>

	<p>Supervisar que los productos entregados cumplan con las especificaciones requeridas.</p> <p>Comunicar los resultados del monitoreo y evaluación a las partes involucradas en el proyecto como financiadores, autoridades locales, grupos interesados.</p> <p>Proponer ajustes para asegurar que el proyecto continúe su normal desarrollo.</p> <p>Asegurarse que los beneficiarios del proyecto estén involucradas en la gestión y mantenimiento del sistema, para garantizar la sostenibilidad.</p> <p>Desarrollar planes de mejora para lograr los objetivos de manera más eficiente y efectiva.</p> <p>Elaborar las lecciones aprendidas durante la implementación del proyecto.</p> <p>Realizar una evaluación final para medir si se alcanzaron todos los objetivos y metas del proyecto.</p> <p>Capacitar a los otros equipos del proyecto en técnicas de seguimiento y evaluación en análisis de datos de manera efectiva.</p>
--	--

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.15 Evaluación

Nuestro proyecto de aprovechamiento de aguas para el CECIB ESP tiene un alcance muy limitado, pues beneficiará únicamente a la población educativa que realizan sus actividades en la institución durante las horas laborables, razón por la cual, los costos y esfuerzos de realizar una evaluación podría no justificarse en relación con al objetivo puntual del proyecto. Sin embargo, es importante asegurarse que todos recursos invertidos sean efectivos, sostenibles y que beneficien a las personas vulnerables como los niños y niñas y de la unidad educativa.

La Cooperación Internacional que la realizan las ONGs u organismos multinacionales, esperan que los recursos otorgados, sean utilizados de una manera eficiente y eficaz en el proyecto para el logro de los objetivos.

Razón por la cual, con la finalidad de asegurar que el proyecto sea viable, sostenible y cumpla con los objetivos establecidos, se realizará el seguimiento y evaluación de proyecto durante las diferentes fases de intervención.

Se realizará una evaluación externa por parte de un equipo de profesionales, contratados por la entidad financiadora del proyecto, ya que generalmente es fundamental para medir su impacto, eficacia y sostenibilidad.

Debido a que el proyecto se encuentra en fase piloto, la evaluación no podría ser necesaria en las primeras fases, sin embargo realizaremos la evaluación de los recursos, como la fuente de agua lluvia y del aire de la zona del proyecto, como factores que intervienen directamente en nuestro sistema.

Se puede considerar inicialmente una evaluación de pertinencia, para determinar si el proyecto responde de manera adecuada a las necesidades y prioridades ambientales, esto implicará evaluar si las acciones del proyecto se ajustan a las condiciones locales de la zona de intervención, considerando los posibles problemas en aspectos medioambientales, como la calidad de agua lluvia, contaminación del aire, razón por la cual, se realizará el análisis durante el desarrollo de las fases del proyecto, iniciando en

la fase de diagnóstico, luego una vez terminado la implantación y posteriormente tres meses en la etapa de funcionamiento del proyecto. Como un indicador podría considerar:

Que al menos el 70% de la calidad de agua lluvia tenga como resultado óptimo.

Que la calidad de aire de la zona, considere mínimo un índice identificado como moderado.

Una vez que el proyecto se encuentre con un avance del 50% de ejecución, es recomendable realizar la evaluación de eficiencia para determinar si los recursos financieros, humanos y materiales, se hayan utilizado de manera adecuada. Podemos evaluar si los recursos invertidos justifican el beneficio de los usuarios del SCALL. Además se evaluará la eficiencia de la gestión operativa en las fases de diagnóstico, diseño e implementación, así como de sostenibilidad y formación, respecto a la coordinación y cumplimiento de actividades.

Que la ejecución del proyecto no sobrepasó un 10% de acuerdo a la planificación de actividades.

La evaluación de la eficacia, se realizará una vez terminada la fase de implementación, con el fin de determinar si el proyecto ha alcanzado la mejora en el abastecimiento de agua potable a la comunidad educativa tanto en cantidad, calidad y servicio.

Se determinará un resultado positivo cuando:

Al menos se reducirá un 50% de la dependencia de agua de fuentes externas;

Al menos se cuente con una reserva de almacenamiento de aguas lluvias que permita responder a la demanda de consumo diario de la población educativa.

La evaluación de sostenibilidad se realizará posterior a la terminación de la implementación del proyecto, lo que implicará analizar si el proyecto tiene la capacidad de garantizar que los beneficios obtenidos continúen a largo plazo y que los recursos sean gestionados de manera eficiente y permita la continuidad de servicio otorgado.

Considerará si los beneficiarios del proyecto, tiene la capacidad de operar, gestionar y mantener el SCALL en el tiempo. Además se evaluará si los participantes de la fase de formación y capacitación cuentan con los conocimientos suficientes, luego de la terminación de la respectiva fase.

Se determinará un resultado positivo cuando:

Al menos el 30% de los usuarios y padres de familia participen activamente en la operatividad del SCALL.

Existe un 80% de normalidad de los servicios de abastecimiento de agua.

El 80% de los asistentes a la formación profesional terminan su preparación.

El 80% de las muestras de agua lluvia, almacenada para consumo debe ser de buena calidad

El 50% de los trabajos de aplicación presentados por los profesionales en la fase de formación debe ser viables.

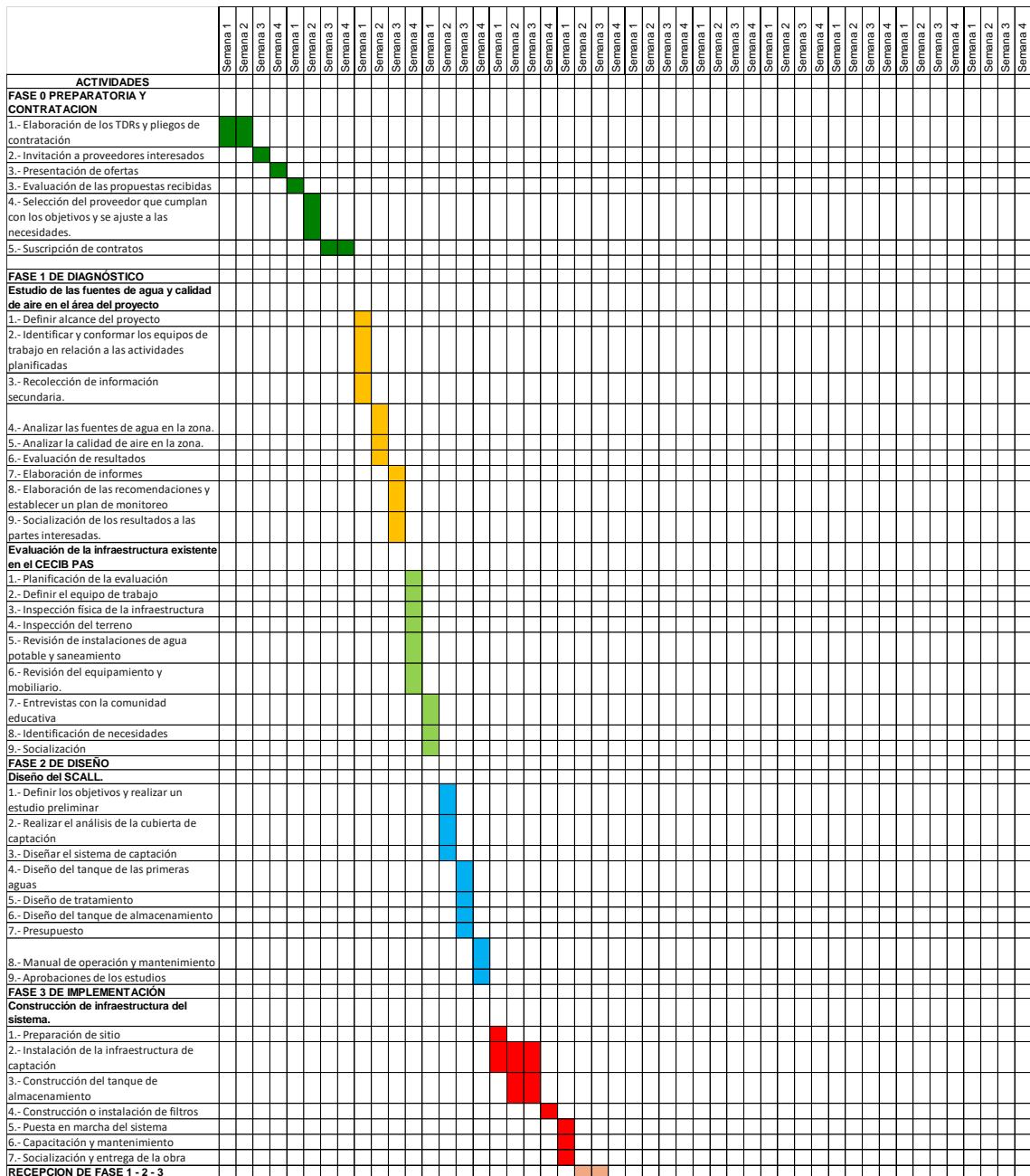
El 50% de los asistentes a los talleres y cursos de operatividad del sistema terminan su preparación.

Adicionalmente para garantizar la transparencia del proyecto se realizará una auditoría del proyecto, con la finalidad de asegurar que los recursos otorgados para todas las fases del proyecto, fueron utilizados de manera eficiente, para el cumplimiento de los objetivos del proyecto. Es importante demostrar a los donantes y a las autoridades que los fondos se han utilizado correctamente, que la contrataciones realizadas para ejecutar las diferentes fases, cumplieron con el alcance de su contratación. Esta auditoria considerará la información de las evaluaciones anteriores realizadas, con la finalidad analizar de manera integral que todas las actividades se realizaron según lo previsto y no existen irregularidades en la gestión, lo que podría poner en riesgo la sostenibilidad del proyecto a largo plazo.

### 3.2.16. Cronograma de ejecución

Con el objetivo de organizar y planificar las actividades a lo largo del tiempo, se ha elaborado un diagrama de Gantt que se observa en la figura 5 en el que se detallan las fechas y plazos para el desarrollo de las acciones del proyecto, con el fin de optimizar la gestión temporal de manera eficiente.

## **Figura 6. Cronograma de ejecución**



José Antonio Maldonado Vélez

Aprovechamiento de aguas lluvias para el CECIB "EPERARA SIA PIADAARADE" contribuyendo a los objetivos de desarrollo sostenible

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.17 Presupuesto Referencial del proyecto de SCALL

Tabla 17. Presupuesto

<b>PRESUPUESTO PARA CONTRATACION DE SERVICIOS PROFESIONALES DE DIAGNOSTICO Y DISEÑO</b>			
<b>CONCEPTO</b>			<b>MONTO</b>
<b>A.- SUELLOS</b>			5,140.00
1.1	Personal Técnico		4,740.00
1.2	Personal Auxiliar		400.00
<b>B.- CARGAS SOCIALES</b>			1,327.04
2.1	Personal Técnico		1,181.40
2.2	Personal Auxiliar		145.64
<b>C.- ALQUILER, ARRENDAMIENTOS, VIAJES Y VIATICOS</b>			1,675.00
<b>D.- SUBCONTRATOS Y SERVICIOS VARIOS</b>			540.00
<b>CD = COSTOS DIRECTOS = (A+B+C+D)</b>			8,682.04
<b>F.- UTILIDAD EMPRESARIAL</b>			564.50
<b>G.- COSTOS GARANTIAS</b>			186.99
<b>CI = COSTOS INDIRECTOS = ( F+G ) =</b>			751.49
<b>SUBTOTAL 1</b>			<b>9,433.53</b>
<b>PRESUPUESTO PARA CONTRATACION DE LA IMPLEMENTACION</b>			
<b>Captación</b>			
Canales de 10 x12 (inc soportes)	32	18.84	602.88
Unión canal canal	12	8.11	97.32
Tapa canal derecho	1	4.50	4.50
Tapa canal izquierdo	1	4.50	4.50
Unión de canal a bajante	1	8.59	8.59
Soporte de canelones	22	5.32	117.04
Tuberia desague E/C 75 mm	15	9.96	149.40
<b>Accesorios bajante conducción</b>			
Tuberia desague E/C 75 mm	3	9.96	29.88
Soporte de bajante	3	2.87	8.61
Codos 90 PVC 3"	3	4.87	14.61
Codos 45 PVC 3"	1	5.77	5.77
Yee PVC 3"	1	10.25	10.25
Tee PVC 3"	1	7.97	7.97
<b>Conducción</b>			
Tuberia PVC desague 75mm soterra	30	11.65	349.50
Codos 90 PVC 3"	4	4.87	19.48
Tee PVC 3"	2	7.97	15.94
Picado y Resane losa de hormigon c	4	8.24	32.96

Reducor excentrico 75mm a 50mm	1	4.84	4.84
Adaptador espiga sanitario 50mm	1	3.08	3.08
Valvula con flotador de 50 mm	1	124.61	124.61
Excavación a mano (desv aall y filtro)	15.72	10.23	160.82
Replantillo f'c 180 kg/cm2	2	157.05	314.10
Mamposteria e= 20 cm (desv aall y f)	15.00	20.09	301.35
Enlucido con impermeabilizante pare	16	12.03	192.48
Impermeabilizante de piso	4	7.07	28.28
Válvula de desague de 75 mm	1	41.96	41.96
Losetas de HA (0,5*0,5*0,10) f'c 210	10	14.03	140.30
Movimiento de Tierras y desalojo 50	9	8.00	72.00
<b>Accesarios Filtro</b>			
Cruces 75mm	3	48.59	145.77
Tuberia perf 75mm	3	6.10	18.30
Picado y resane losa de hormigon ci	0.5	8.24	4.12
Neplo 3" de 1 m	1	66.95	66.95
Codo PVC 75mm	1	12.83	12.83
Válvula de desague de 75 mm	1	41.96	41.96
Perfil G	2	25.74	51.48
Tuberia de 160 mm	1	16.88	16.88
Túberia de desague 50 mm	25	6.64	166.00
<b>Material para Filtro</b>			
Material granular de 4 a 2mm	0.65	80.00	52.00
Material granular de 4 a 4.8 mm	0.85	80.00	68.00
Material granular de 4 a 12.7mm	0.95	80.00	76.00
Material granular de 9 a 38 mm	0.95	80.00	76.00
Clorador	1	32.00	32.00
<b>Tanque de almacenamiento</b>			
Excavación a máquina	18.00	5.52	99.36
Geomembrana	140	5.56	778.40
Losetas de HA (3*0,5*0,10) f'c 210 k	14	30.07	420.98
Cadena de Hormigón Armado incluy	0.5	282.09	141.05
Movimiento de Tierras y desalojo 50	18	8.00	144.00
<b>Tanque Elevado</b>			
Excavación manual en cimientos y p	1.44	10.23	14.73
Relleno compactado con manual co	0.43	17.78	7.65
Movimiento de Tierras y desalojo 50	1.15	8.00	9.20
Hormigón simple Fc 210Kg/cm2	2.24	175.00	392.00
Acero de refuerzo FY 4.200 kg/cm	176.69	2.56	452.33
Bomba 2 HP	1	551.52	551.52
Tanque PVC de agua 2.000 litros	1	350.00	350.00
		<b>SUBTOTAL 2</b>	<b>7,052.51</b>

<b>PRESUPUESTO PARA CONTRATACION DE SERVICIOS PROFESIONALES DE EVALUACION Y AUDITORIA</b>		
<b>CONCEPTO</b>		<b>MONTO</b>
<b>A.- SUELDOS</b>		18,760.00
1.1	Personal Técnico	15,960.00
1.2	Personal Auxiliar	2,800.00
<b>B .- CARGAS SOCIALES</b>		4,563.68
2.1	Personal Técnico	3,544.19
2.2	Personal Auxiliar	1,019.49
<b>C.- ALQUILER, ARRENDAMIENTOS, VIAJES Y VIATICOS</b>		2,340.00
<b>D.- SUBCONTRATOS Y SERVICIOS VARIOS</b>		570.00
<b>CD = COSTOS DIRECTOS = (A+B+C+D)</b>		26,233.68
<b>F.- UTILIDAD EMPRESARIAL</b>		2,052.00
<b>G.- COSTOS GARANTIAS</b>		565.11
<b>CI = COSTOS INDIRECTOS = ( F+G) =</b>		2,617.11
<b>SUBTOTAL 3</b>		<b>28,850.79</b>
<b>PRESUPUESTO PARA CONTRATACION DE SERVICIOS PROFESIONALES EN SOSTENIBILIDAD Y FORMACION</b>		
<b>CONCEPTO</b>		<b>MONTO</b>
<b>A.- SUELDOS</b>		19,360.00
1.1	Personal Técnico	18,960.00
1.2	Personal Auxiliar	400.00
<b>B .- CARGAS SOCIALES</b>		3,521.06
2.1	Personal Técnico	3,375.42
2.2	Personal Auxiliar	145.64
<b>C.- ALQUILER, ARRENDAMIENTOS, VIAJES Y VIATICOS</b>		3,350.00
<b>D.- SUBCONTRATOS Y SERVICIOS VARIOS</b>		1,310.00
<b>CD = COSTOS DIRECTOS = (A+B+C+D)</b>		27,541.06
<b>F.- UTILIDAD EMPRESARIAL</b>		2,037.00
<b>G.- COSTOS GARANTIAS</b>		591.32
<b>CI = COSTOS INDIRECTOS = ( F+G) =</b>		2,628.32
<b>SUBTOTAL 4</b>		<b>30,169.38</b>
<b>TOTAL</b>		<b>75,506.21</b>
<b>COMISION DE ADMINISTRACION DE PROYECTO (20%)</b>		<b>15,101.24</b>
<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>		<b>90,607.45</b>

Fuente: Elaboración propia

Es importante señalar que se cobrará un porcentaje de comisión por la administración de los fondos por parte del Ministerio de Educación para el desarrollo del presente proyecto, el cual será determinado de acuerdo con el monto total gestionado y los

servicios brindados. Este porcentaje cubrirá los costos asociados a la supervisión y control de los fondos, garantizando una administración eficiente y transparente que favorezca el crecimiento de la inversión

## 4. Conclusiones

Una vez elaborado el proyecto de SCALL, podemos señalar las siguientes limitaciones detectadas y las posibles acciones a considerar para mitigar y mejorar en proyectos futuros.

La cantidad de agua disponible para la eficiencia del sistema depende directamente de la intensidad y frecuencia de las lluvias. En zonas donde las precipitaciones son escasas o irregulares, el sistema podría ser insuficiente para abastecer las necesidades de agua durante todo el año. Para ello debemos utilizar grandes cisternas que permitan almacenar agua en períodos de lluvias intensas y almacenarla para su uso durante los períodos secos.

El agua recolectada de las lluvias puede estar contaminadas por partículas atmosféricas, polvo, excrementos de animales, desechos en las superficies de captación como techo y canaletas, entre otros. Por lo que es, necesario implementar un sistema de filtrado adecuado como filtros de malla como parte de los componentes de captación, así como filtración y sistemas de desinfección para garantizar que el agua sea potable si se va a consumir.

El agua de lluvia recolectada puede estar contaminada por partículas tóxicas presentes en el aire. Esto podría comprometer la principal fuente de nuestro sistema, por lo que es esencial realizar análisis tanto del agua como del aire cuando se sospeche algún cambio en el medio ambiente.

El sistema de captación de agua lluvia requiere de un mantenimiento regular para asegurarse de que los techos, canaletas, filtros y tanques de almacenamiento se mantengan limpios y funcionales, con la finalidad que el sistema funcione

correctamente, pues la contaminación de los techos, la acumulación de sedimentos, hojas o escombros pueden obstruir el sistema y reducir su operatividad. En respuesta a esto, se deberá implementar una campaña de educación y conciencia del mantenimiento periódico del sistema a los niños, padres de familia, profesorado, trabajadores y autoridades de la unidad educativa.

Los costos de la instalación inicial del SCALL puede ser costosa, especialmente si se requieren grandes tanques de almacenamiento, filtros u otros equipos para operativizar el sistema, razón por la cual se debe diseñar un sistema eficiente y adecuado a las necesidades reales de sus beneficiarios, evitando sobredimensionar las instalaciones.

La capacidad de los tanques de almacenamiento es limitada, pues si las lluvias son intensas y el almacenamiento es insuficiente, el sistema puede desbordarse, razón por la cual, se debe diseñar el sistema, considerando medidas de mitigación frente a este particular y que sean capaces de almacenar suficiente agua en períodos secos o lluvias bajas.

Un mantenimiento inadecuado puede resultar en la acumulación de sedimentos y obstrucciones en algunos componentes del sistema, disminuyendo su eficacia operativa.

La falta de capacitación y conocimientos técnicos a los operadores del sistema pueden afectar un correcto funcionamiento del sistema.

La carencia de información precisa y actualizada sobre las precipitaciones y la calidad del agua puede complicar y afectar significativamente los resultados de la evaluación del proyecto.

Una vez que se han detallado algunas limitantes que pueden influir en el proyecto, estas podrían ser tomadas en cuenta para futuros trabajos afines. Además, considerando el desarrollo del trabajo y las consideraciones anteriores, a continuación, se presentan las siguientes conclusiones:

Primero, el proyecto de sistema de captación de aguas lluvias para abastecer del líquido vital en el CECIB Eperara Sia Piadaarade es técnicamente viable y eficiente, siempre que se cuente con los sistemas adecuados de captación, almacenamiento, tratamiento y abastecimiento, así como la respectiva capacitación a los operadores del sistema.

Segundo, el dimensionamiento de la capacidad de reserva debe considerar recolectar las precipitaciones de la zona del proyecto y las necesidades de consumo de agua durante los períodos secos.

Además, el agua recolectada a través del SCALL debe ser tratada apropiadamente a través filtración y desinfección, antes de ser consumida por los usuarios de la batería sanitaria para evitar riesgos sanitarios.

El aprovechamiento de las aguas lluvias ayuda a reducir la demanda de agua potable proveniente de fuentes tradicionales como pozos o redes públicas, contribuyendo a la conservación de los recursos hídricos.

También, los proyectos de SCALL promueven prácticas sostenibles del uso eficiente de los recursos naturales, alineándose con principios de desarrollo sostenible y resiliencia frente al impacto del cambio climático en nuestro planeta.

Aunque la inversión inicial de la infraestructura de recolección, almacenamiento y tratamiento de las aguas lluvias puede ser alta, los costos operativos son relativamente bajos, resultando beneficioso económico.

Este tipo de proyectos aumentan la capacidad de adaptación de las personas, especialmente de las que habitan en las zonas rurales ya que están expuestas a las sequías o interrupciones del abastecimiento de agua.

La recolección de aguas lluvias para el CECIB puede considerarse no solo una fuente complementaria de abastecimiento, sino una opción viable para garantizar el suministro

de agua de manera constante, dado que las precipitaciones en la zona son suficientes para cubrir esta necesidad de forma permanente.

Para garantizar la eficiencia del sistema, es fundamental efectuar un monitoreo periódico e implementar un plan de mantenimiento regular, que incluya la limpieza de los componentes del SCALL, abarcando las fases de captación, almacenamiento y tratamiento.

Considerando la regularidad de las precipitaciones de la zona del proyecto, se sugiere considerar la posibilidad de ampliar la instalación de más sistemas SCALL en áreas cercanas, con la finalidad de garantizar un suministro permanente de agua continuo y fomentar la sostenibilidad a gran escala.

Es importante, resaltar que la aceptación y el compromiso de la comunidad educativa, especialmente de las autoridades y padres de familia, son esenciales para la buena operación y sostenibilidad del sistema, ya que fomenta el uso responsable y el apoyo en el mantenimiento.

La implementación de un procedimiento de monitoreo y evaluación continua del sistema, permitirá identificar y solucionar problemas de manera oportuna.

## 5. Bibliografía

Acevedo, J. (Ed.) y Alarcón, A. y Albaceta, L. (Coords) , (2016, febrero). Captación y aprovechamiento de agua lluvia en América Latina. Experiencias y conclusiones de un debate. <file:///C:/Users/MALDONADA/Downloads/UNDP-RBLAC-AguaLluviaCL.pdf> <https://www.undp.org/es/latin-america/publicaciones/captacion-y-aprovechamiento-de-agua-de-lluvia-en-america-latina-experiencias-y-conclusiones-de-un-debate#:~:text=Los%20sistemas%20de%20captaci%C3%B3n%20de,favorecen%20la%20recarga%20de%20acu%C3%ADferos.>

Agencia de Noruega para la Cooperación para el Desarrollo (NORAD). (1993). Enfoque del Marco Lógico como herramienta para planificación y gestión de proyectos orientados por objetivos. chrome-

extension://efaidnbmnnibpcapcglclefindmkaj/http://www.clear-la.cide.edu/sites/default/files/NORADManualdeMarcoLogico.pdf

Arnaiz, B. (2024, marzo 22). Desafíos en Ecuador: acceso al agua potable, un derecho fundamental pendiente. <https://ayudaenaccion.org/proyectos/articulos/desafios-agua-ecuador/>

Banco de Desarrollo de América Latina y el Caribe (CAF). (2025, enero 11). Agenda CAF. <https://www.instagram.com/agendacaf/reel/DEshYkOPysv/>

Ballen, J. Galarza, M. Ortiz, R .(2006, junio 5-7). Seminario Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimiento Urbano de Agua. Historia de los Sistemas de Aprovechamiento de Agua Lluvia, [https://sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/BALLEN%20et%20al.%202006.%20Historia%20de%20los%20sist%20de%20aprovechamiento%20agua%20lluvia.pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/BALLEN%20et%20al.%202006.%20Historia%20de%20los%20sist%20de%20aprovechamiento%20agua%20lluvia.pdf)

Changjiang Institute Of Survey Planning, Design And Research (CISPDR). (2016, febrero). PLAN HIDRÁULICO REGIONAL DE DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA ESMERALDAS. Memoria. Versión definitiva. Recuperado el 24 de octubre de 2024. <https://suia.ambiente.gob.ec/files/MEMORIA%20DH%20ESMERALDAS.pdf>

El Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF). UNICEF en Ecuador: Recuperado el 30 de enero de 2025. <https://www.unicef.org/ecuador/unicef-en-ecuador>

Empresa ARQBIENTAL. (2021). Captación de Aguas Lluvias: Ventajas y Desventajas. Recuperado el 23 de octubre de 2024. <https://www.arqbiental.org/2021/08/30/captacion-de-agua-de-lluvia-ventajas-y-desventajas/>

Empresa Internacional (IDRICA) (2021, noviembre 24). La importancia de los Objetivos de Desarrollo Sostenible para el agua. IDRICA Recuperado el 19 de octubre de 2024, de <https://www.idrica.com/es/blog/objetivos-de-desarrollo-sostenible-para-el-agua/>

Escola, B. Palma, M. Gonzalez, S. Avalos, E. (2021, mayo 2021). REVISTA POLITÉCNICA. La Sostenibilidad en el Ecuador a Través de un Análisis Multicriterio Basado en Entropía, Durante el Periodo 2008 – 2015. Ediciones Revista Politécnica. <https://www.redalyc.org/journal/6887/688772224002/html/>

Gobierno Autónomo Descentralizado de Esmeraldas. (2025, noviembre). Plan de Cambio Climático. Recuperado el 24 de octubre de 2024.

[https://panorama.solutions/sites/default/files/pcc\\_gamde\\_aprobado\\_0.pdf](https://panorama.solutions/sites/default/files/pcc_gamde_aprobado_0.pdf)

HOY del Magdalena. (2025, enero 13). Avanza proyecto piloto de saneamiento y agua en los pueblos palafitos.

[https://hoydiariodelmagdalena.com.co/archivos/1056295/avanza-proyecto-piloto-de-saneamiento-y-agua-en-los-pueblos-palafitos/?fbclid=IwY2xjawH-GM5leHRuA2FlbQIxMQABHSpfPkLWKVt0MPsbwTsOGLXp5nsWWkVzydWIDVD860nYTyOeHm9XHh38Ow\\_aem\\_6TfNXfzXtAtiJcjzdIAE\\_g&sfnsn=wa](https://hoydiariodelmagdalena.com.co/archivos/1056295/avanza-proyecto-piloto-de-saneamiento-y-agua-en-los-pueblos-palafitos/?fbclid=IwY2xjawH-GM5leHRuA2FlbQIxMQABHSpfPkLWKVt0MPsbwTsOGLXp5nsWWkVzydWIDVD860nYTyOeHm9XHh38Ow_aem_6TfNXfzXtAtiJcjzdIAE_g&sfnsn=wa)

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMI). (s/f).. Biblioteca. Recuperado el 24 de octubre de 2024. <https://www.inamhi.gob.ec/biblioteca/#>

Ministerio de Educación (MINEDUC). Dirección Nacional de Infraestructura Física, (2021). Costeo de brechas WASH en Instituciones Educativas. (2021, enero 29) Costeo de brechas WASH en Instituciones Educativas, Versión 1.0. MINEDUC Editorial.

Ministerio de Educación (MINEDUC), Secretaría de Educación Intercultural Bilingüe y la Etnoeducación (2024, septiembre 13). Ficha Técnica de Evaluación de Infraestructura, Código 08B00059, Elaborado Dirección Nacional de Infraestructura Física.

Nuevo Gráfico, (s/f), Las comunidades indígenas en Argentina se adaptan a la falta de agua por el cambio climático. Recuperado el 03 de febrero de 2025.  
<https://www.nuevograffico.com/2024/11/las-comunidades-indigenas-en-argentina.html>

Organización Panamericana de la Salud. CEPIS. 2004. Guía de diseño para captación del agua lluvia. chrome-extension://efaidnbmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://sswm.info/sites/default/files/referencia\_attachments/OPS%202004.%20Guia%20de%20dise%C3%B1o%20para%20captaci%C3%B3n%20del%20agua%20de%20lluvia.pdf

Téllez, C. Mocva, R. Correa, C. Centeno. J. (2022 septiembre). ¿Cómo hacer un sistema de captación de Agua de Lluvia (SCALL) en mi escuela?. Edición Medio Ambiente, IMTA  
<https://www.imta.gob.mx/gobmx/DOI/ecoagua/ecoagua-sistema-captacion-agua-lluvia.pdf>

Ubeda, M. Guerra, C. Tambella., M. Inocente, R. Chuquipiondo, E. Panduro, H. Panduro, V. Vecco, D. (2020, julio) Cosecha de lluvia en la Amazonía: guía para el uso diversificado. URKU. Programa Nacional de Innovación en Pesca y Acuicultura Estudios Amazónicos Editorial.  
chrome-extension://efaidnbmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://estudiosamazonicos.com/wp-content/uploads/2021/02/COSECHA-DE-LLUVIA-EN-LA-AMAZONIA.\_compressed.pdf

Vega, L. (2013, agosto 14-16). Dimensión Ambiental, Desarrollo sostenible y sostenibilidad Ambiental del Desarrollo. chrome-extension://efaidnbmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.laccei.org/LACCEI2013-Cancun/RefereedPapers/RP256.pdf