

INGENIERIA CIVIL

**Tesis previa a la obtención de título de
Ingeniero Civil.**

AUTOR: Franklin Tadeo Román Galeano

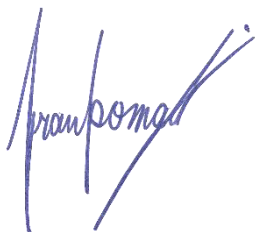
TUTORA: Ing. Karina Román

Diseño de un sistema de captación y aprovechamiento
de agua lluvia en una vivienda unifamiliar en Calacalí.

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Franklin Tadeo Román Galeano declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

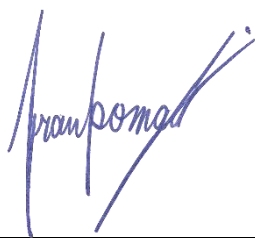
Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, Reglamento y Leyes.



Franklin Tadeo Román Galeano

AUTORIZACIÓN DE DERECHOS DE PROPIEDAD INTELLECTUAL

Yo, Franklin Tadeo Román Galeano, en calidad de autor del trabajo de investigación titulado "Diseño de un sistema de captación y aprovechamiento de agua lluvia en una vivienda unifamiliar en Calacalí", autorizo a la Universidad Internacional del Ecuador (UIDE) para hacer uso de los contenidos que me pertenecen o parte de los contenidos de esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación. Cedo los derechos que como autor me corresponden, de acuerdo con lo establecido en los artículos 5, 6, 8, 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento en Ecuador

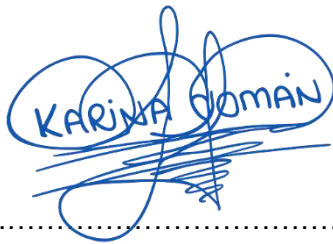


Franklin Tadeo Román Galeano

AUTOR

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo Karina Elizabeth Román Solorzano, certifico que conozco al autor del presente trabajo de titulación denominado “Diseño de un sistema de captación y aprovechamiento de agua lluvia en una vivienda unifamiliar en Calacalí”, Franklin Tadeo Román Galeano siendo el responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.



.....
Karina Elizabeth Román Solorzano
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

DEDICATORIA

A Dios por acompañarme a lo largo de mi vida.

A Franklin Román P., mi papá, quien a través de su esfuerzo me enseñó el valor del trabajo.

A Yolanda Galeano V., mi mamá, quien me enseñó que hacer posible lo aparente imposible es cuestión de intentarlo.

A Náthaly Román, mi “ñañita”, quien con su ejemplo siempre me guio con el ejemplo.

Franklin Tadeo Román Galeano

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por acompañarme a lo largo de mi vida y ser guía constante en cada paso de este camino.

A mis amigos y compañeros de estudio, quienes con su compañía y apoyo hicieron más llevadero este proceso académico.

A mi directora de tesis Karina Román y docentes de la Facultad de Ing. Civil, por su guía, paciencia y aportes que enriquecieron este trabajo.

A la Universidad Internacional del Ecuador, por brindarme la formación y las herramientas necesarias para mi desarrollo profesional.

A la comunidad de Calacalí, especialmente a la Sra. Rosario Cueva y personas que colaboraron con la investigación, por abrirme sus puertas y compartir su experiencia, haciendo posible la aplicación práctica de este estudio.

A mis vecinos y comunidad cercana, especialmente mi vecino Nestor ya que su ayuda me fue fundamental en la parte práctica del proyecto.

Franklin Tadeo Román Galeano

ÍNDICE

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA	I
AUTORIZACIÓN DE DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL	II
APROBACIÓN DEL TUTOR	III
ACUERDO DE CONFIDENCIALIDAD	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTOS	VI
ÍNDICE	VII
ÍNDICE DE TABLAS	X
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
RESUMEN	XII
ABSTRACT	XIII
CAPÍTULO 1	1
1.1 Introducción	1
1.2 Antecedentes	1
1.3 Planteamiento del problema	2
1.4 Objetivo general	3
1.5 Objetivos específicos	3
1.6 Justificación	3
1.6.1 Teórica	4
1.6.2 Metodológica	4
1.6.2.1 Metodología de campo:	4
1.6.2.2 Metodología de laboratorio:	5
1.6.2.3 Metodología de procesamiento de datos:	6
1.7 Hipótesis	6
1.8 Delimitación	6
1.8.1 Temporal	6
1.8.2 Geográfica	7

CAPÍTULO 2	8
3.1 Estado del arte	8
3.2 Marco teórico	9
2.2.1 Sistemas de captación de agua lluvia (RWHSS)	9
2.2.2 Componentes hidráulicos y sanitarios	9
2.2.3 Calidad del agua lluvia y normativa	10
2.2.4 Métodos de tratamiento y potabilización	10
3.3 Marco conceptual	10
3.4 Metodología	11
3.5 Captación	12
2.5.1 Aportación	12
2.5.2 Conducción	13
2.5.3 Tanque de captación	14
3.6 Potabilización	15
2.6.1 Prefiltrado	15
2.6.2 Filtro de sedimentos	16
2.6.3 Cloración	16
2.6.4 Métodos de dosificación	17
2.6.5 Normativa en cuanto a diseño y potabilización	19
CAPÍTULO 3	21
3.1 Tratamiento de datos	21
3.2 Captación, conducción y almacenaje	24
3.2.1 Canaleta	24
3.2.2 Tubería	25
3.2.3 Filtro	25
3.2.4 Almacenaje	26
3.3 Potabilización	27
3.4 Presupuesto	29

CONCLUSIONES	30
RECOMENDACIONES	31
REFERENCIAS	32
ANEXOS	A 1
ANEXO A: Código de R completa	A 1
ANEXO B: Informe de resultados agua bruta CICAM	B 1
ANEXO C: Informe de resultados agua filtrada CICAM	C 1
ANEXO D: Lavado de material filtrante	D 1
ANEXO E: Creación de filtro	E 1
ANEXO F: Filtrado de muestra	F 1
ANEXO G: Clorado de muestra	G 1
ANEXO H: Presupuestos	H 1

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Parámetros y metodologías para las pruebas de calidad de agua.	5
Tabla 2: Resultados de las pruebas de calidad de agua.	28
Tabla 3: Resultados de las pruebas de calidad de agua.	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Sistema de captación para toma de muestras.	5
Figura 2: Almacenamiento de muestras.	5
Figura 3: Calacalí y predios de importancia.	7
Figura 4: Métodos de prefiltrado	15
Figura 5: Métodos de filtrado.	16
Figura 6: Cloración manual en tanque.	18
Figura 7: Cloración en vaso.	18
Figura 8: Cloración por erosión.	19
Figura 9: Datos obtenidos de la IMERG.	21
Figura 10: Datos obtenidos de la estación P59.	22
Figura 11: Datos homogeneizados.	22
Figura 12: Datos homogeneizados vs consumo medio.	23
Figura 13: Vivienda tipo.	24
Figura 14: Filtro vertical básico.	26
Figura 15: Diseño vivienda tipo.	27

RESUMEN

La escasez de agua potable es un problema recurrente en comunidades rurales del Ecuador, como la parroquia de Calacalí, donde el suministro es irregular y obliga a buscar alternativas de abastecimiento. Los sistemas de captación y aprovechamiento de agua lluvia (RWHSS) se presentan como una solución sostenible capaz de suplir parcialmente la demanda doméstica y reducir la dependencia de fuentes convencionales, dando cumplimiento al sexto objetivo de desarrollo sostenible.

El objetivo general de esta investigación es diseñar un sistema de captación, conducción, almacenamiento y tratamiento de agua lluvia en una vivienda unifamiliar, garantizando eficiencia hidráulica y cumplimiento de parámetros de calidad establecidos por la normativa nacional.

La metodología combina análisis pluviométrico, estimación de la demanda doméstica y simulaciones de balance hídrico diario. Se aplican modelos para contextos con datos limitados, criterios de optimización de almacenamiento, y pruebas de laboratorio para evaluar la calidad del agua, complementadas con un sistema de tratamiento simple y económico.

Palabras clave: Captación de agua lluvia / Sistemas RWHSS / Balance hídrico diario / Tratamiento de agua / Escasez hídrica / Objetivos de desarrollo sostenible (ODS)

ABSTRACT

Water scarcity is a recurring problem in rural communities of Ecuador, such as the parish of Calacalí, where supply is irregular and forces the search for alternative sources. Rainwater harvesting and storage systems (RWHSS) emerge as a sustainable solution capable of partially meeting domestic demand and reducing dependence on conventional sources, thus fulfilling the sixth sustainable development goal.

The general objective of this research is to design a rainwater harvesting, conveyance, storage, and treatment system for a single-family dwelling, ensuring hydraulic efficiency and compliance with quality parameters established by national regulations.

The methodology combines pluviometric analysis, estimation of domestic demand, and daily water balance simulations. Models for contexts with limited data, storage optimization criteria, and laboratory tests to evaluate water quality are applied, complemented by a simple and economical treatment system.

Keywords: Rainwater harvesting / RWHSS / Daily water balance / Water treatment / Water scarcity / Sustainable Development Goals (SDGs)

CAPÍTULO 1

1.1 Introducción

La presente investigación propone diseñar un sistema de captación y aprovechamiento de agua lluvia en una vivienda unifamiliar ubicada en la parroquia de Calacalí, al noroccidente de Quito. La investigación se enmarca en la problemática de escasez hídrica que afecta a comunidades rurales y periurbanas, donde el acceso al agua potable es irregular o insuficiente, situación que ha sido reportada en medios nacionales y que refleja la necesidad de soluciones alternativas y descentralizadas (El Comercio, 2023). El tema se contextualiza dentro de los sistemas de captación de agua lluvia, conocidos como RWHSS, que han demostrado ser una estrategia sostenible para enfrentar la falta de agua en diferentes regiones.

La razón de realizar este estudio es aportar una alternativa técnica y sostenible que permita mejorar la calidad de vida de las familias en zonas con deficiencia de abastecimiento. Desde el punto de vista académico, el trabajo contribuye a ampliar el conocimiento sobre el diseño y evaluación de sistemas RWHSS, fortaleciendo la investigación en ingeniería civil y en gestión hídrica. Además, tiene un valor gremial porque ofrece lineamientos prácticos que pueden ser replicados en proyectos similares, alineándose con los objetivos de desarrollo sostenible, en particular el ODS 6, que busca garantizar el acceso universal al agua potable segura (García-Ávila et al., 2023).

1.2 Antecedentes

La captación y aprovechamiento de agua lluvia ha sido objeto de múltiples investigaciones en Ecuador y a nivel internacional, consolidándose como una alternativa sostenible frente a la escasez hídrica. En el ámbito rural, García-Ávila et al. (García-Ávila et al., 2023) realizaron una revisión sobre sistemas de captación de agua lluvia para abastecimiento doméstico, lo que destaca su utilidad en comunidades con limitada infraestructura de agua potable.

En el contexto urbano, Campisano y Modica analizaron el dimensionamiento óptimo de tanques de almacenamiento en Sicilia, lo que demostró que el diseño adecuado permite maximizar la eficiencia del sistema (Campisano & Modica, 2012). De manera similar, Liaw y Tsai estudiaron el volumen óptimo de almacenamiento en sistemas de captación

en techos, lo cual aportó criterios técnicos aplicables en viviendas unifamiliares (Liaw & Tsai, 2004).

En Ecuador, la Universidad de las Américas (UDLA) desarrolló en 2015 un proyecto de captación y tratamiento básico de agua lluvia en una vivienda unifamiliar en Quito, demostrando la viabilidad técnica y sanitaria de estos sistemas (Bravo Valencia & Vizuite Salazar, 2015). Posteriormente, la Universidad Técnica de Ambato (UTA) implementó en 2025 un sistema de captación de agua lluvia para abastecer equipos sanitarios en un edificio universitario, lo cual evidencia la reducción en el consumo de agua potable y la promoción de prácticas sostenibles (Saavedra Callata & Chérrez Gavilanes, 2025). Asimismo, la Universidad Politécnica Salesiana (UPS) en Cuenca presentó en 2022 un diseño de captación pluvial orientado al abastecimiento urbano sostenible, que dio a evidenciar la necesidad de integrar estos sistemas en ciudades con creciente presión hídrica (Carpio & Sarmiento, 2025).

Más recientemente, Soria et al. [9] evaluaron la implementación de techos verdes en Quito como infraestructura para la recolección de agua lluvia, evidenciando mejoras en la eficiencia de captación y en la calidad del agua recolectada. Estos resultados confirman que los sistemas de captación son técnicamente viables y ambientalmente sostenibles, tanto en entornos rurales como urbanos.

En síntesis, los antecedentes muestran que la aplicación de sistemas de captación de agua lluvia en viviendas rurales constituye una extensión lógica de experiencias previas exitosas, aportando soluciones replicables para mejorar la resiliencia hídrica en comunidades del Ecuador.

1.3 Planteamiento del problema

El acceso al agua potable constituye uno de los principales desafíos para las comunidades rurales y periféricas a zonas urbanas del Ecuador. En el caso de la parroquia de Calacalí, ubicada al noroccidente de Quito, se evidencia una cobertura deficiente del sistema de distribución de agua potable, lo cual afecta a la calidad de vida de la población. (El Comercio, 2023) En algunos sectores, el suministro es irregular o inexistente, lo cual obliga a la población afectada a depender de métodos alternativos de obtención de agua.

La falta de agua segura no solo afecta a actividades domésticas y comerciales, ya que, también representa un riesgo sanitario, pues el uso de fuentes contaminadas, con un

tratamiento deficiente o transporte no regulado de agua apta para consumo humano puede derivar en enfermedades.

En la actualidad la sostenibilidad en todo ámbito, especialmente en el constructivo, ha ganado fuerza debido a los beneficios medioambientales y sociales que conlleva su implementación, y todo proyecto que tome en cuenta la sostenibilidad es bien visto, por ello, temas como el aprovechamiento de agua lluvia de las zonas y su tratamiento han tenido bastante acogida en años recientes.

Una de las soluciones teóricas al problema de Calacalí es la implementación de un sistema de aprovechamiento y purificación de agua lluvia en los predios afectados para satisfacer la necesidad de agua en la zona, el diseño en viviendas unifamiliares de la zona aportaría datos útiles para demostrar la viabilidad técnica.

1.4 Objetivo general

Diseñar un sistema de captación y aprovechamiento de agua lluvia en una vivienda unifamiliar en la parroquia de Calacalí, en Quito - Ecuador.

1.5 Objetivos específicos

1. Analizar los registros pluviométricos históricos de Calacalí, a fin de determinar la disponibilidad y variabilidad del agua producto de las precipitaciones.
2. Evaluar la calidad del agua lluvia de la zona y seleccionar un método de tratamiento adecuado para consumo humano, conforme a los parámetros sanitarios establecidos por la normativa nacional.
3. Diseñar el sistema completo de captación, conducción, almacenamiento y purificación del agua lluvia, considerando su eficiencia hidráulica, seguridad sanitaria y sostenibilidad ambiental.
4. Elaborar el presupuesto referencial del sistema propuesto, contemplando materiales, equipos y mano de obra.

1.6 Justificación

El diseño de sistemas de captación y aprovechamiento de agua lluvia constituye una alternativa sostenible frente a la escasez hídrica que afecta a comunidades rurales y periurbanas del Ecuador, como la parroquia de Calacalí. Según lo testifica Rosario (Charito) Cueva Chicaiza, moradora del sector: “A medio día ya no hay agua”.

1.6.1 Teórica

La captación y aprovechamiento de agua lluvia se fundamenta en teorías de gestión sostenible de recursos hídricos y en la necesidad de garantizar el acceso a agua segura en comunidades con limitaciones de infraestructura. Según García, los sistemas de cosecha de agua lluvia constituyen una alternativa viable para el abastecimiento doméstico en zonas rurales, al complementar las fuentes convencionales y reducir la presión sobre acuíferos y redes de distribución. (García-Ávila et al., 2023)

La teoría de almacenamiento óptimo, planteada por Liaw y Tsai, establece que el dimensionamiento adecuado de los tanques permite maximizar la eficiencia del sistema y asegurar la disponibilidad del recurso en periodos de baja precipitación. (Liaw & Tsai, 2004) De manera similar, Campisano y Modica demostraron que el diseño racional de sistemas de almacenamiento es clave para garantizar la sostenibilidad del abastecimiento. (Campisano & Modica, 2012)

En el contexto ecuatoriano, Simbaña et al. confirmaron la viabilidad de sistemas de captación en Guamaní, Quito (Simbaña et al., 2022), mientras que varios proyectos de pregrado y posgrado, como los anteriormente mencionados, exploran el tema y su aplicabilidad en viviendas e instituciones académicas.

1.6.2 Metodológica

1.6.2.1 Metodología de campo:

Las pruebas se toman de un predio que simule condiciones críticas del sistema de captación, para prever futura falta de mantenimiento o situaciones adversas, según las indicaciones del Centro de Investigación y Control Ambiental (CICAM) las pruebas tomadas no deben exceder 48 horas de almacenamiento, su volumen mínimo debe ser de 4 litros y las muestras deben permanecer refrigeradas a temperaturas de 4 a 10 °C. Para afirmar que los resultados sean lo más cercano a la realidad y válidos. En cuanto a la vivienda tipo, se tomaron medidas de una vivienda típica de la zona, para posteriormente digitalizar el plano.



Figura 1: Sistema de captación para toma de muestras.

Fuente: Propia autoría



Figura 2: Almacenamiento de muestras.

Fuente: Propia autoría

1.6.2.2 Metodología de laboratorio:

Las pruebas de laboratorio se realizaron en el Centro de Investigación y Control Ambiental (CICAM) de la Escuela Politécnica Nacional del Ecuador, la cual al finalizar emite un informe con los resultados de los parámetros en base a las pruebas sometidas:

Tabla 1: Parámetros y metodologías para las pruebas de calidad de agua.

Parámetro	Método de referencia / Método Interno
Arsénico	PE-V-61 / SM Ed.24, 2023, 3114 B/ Absorción atómica
Cobre	PE-V-32/ Hach Water Analysis Handbook, Ed 7, 2012, 8506/Espectrofotometría VIS
Color aparente	PE-V-24/ SM Ed.24, 2024, 2120 C/ Espectrofotometría VIS
Cromo total	PE-V-62/ SM Ed.24, 2023, 3113 B/ Absorción atómica
Fluoruros	PE-V-50/ Hach Water Analysis Handbook, Ed 7, 2012, 8029/Espectrofotometría VIS
Mercurio	PE-V-61/ SM Ed.24, 2023, 3112 B/ Absorción atómica
Nitratos	PE-V-20/ SM Ed. 24, 2023, 4500-NO3-B; Espectrofotometría UV
Nitritos	PE-V-21/ SM Ed.24, 2023, 4500 - NO2- B / Espectrofotometría VIS
Plomo	PE-V-62/ SM Ed.24, 2023, 3113 B / Absorción atómica

Turbidez	PE-V-12/ SM Ed. 24, 2130 B/ Turbidimetría
pH	PE-V-02/ SM Ed.24, 2023, 4500 - H+ B/ Electrométrico
Coliformes fecales	PE-V-46/ SM Ed.24, 2023, 9221 B / Fermentación en Tubos múltiples

Fuente: CICAM

1.6.2.3 Metodología de procesamiento de datos:

Los datos obtenidos se compararán con los límites máximos permisibles por la NTE INEN 1108, para interpretar los resultados y proponer métodos de potabilización de agua sostenibles.

Se analizarán los registros pluviométricos históricos de Calacalí para determinar la disponibilidad del recurso, si es necesario, siguiendo metodologías que permiten incluso generar datos sintéticos diarios en contextos con información limitada (Nguyen & Han, 2017).

También, se propondrá una estructura o adecuaciones para captar el agua en la vivienda tipo en base a tablas de precipitación obtenidas.

1.7 Hipótesis

La implementación de un sistema de captación y tratamiento de agua lluvia en una vivienda unifamiliar en Calacalí suplirá la demanda doméstica de agua potable, y cumplirá con los parámetros de calidad establecidos por la normativa NTI INEN 1108, mediante un diseño técnico viable.

1.8 Delimitación

La investigación se desarrolló en la parroquia de Calacalí en una vivienda unifamiliar de un piso, la cual se tomará como vivienda tipo.

1.8.1 Temporal

La toma de muestras se realizó el 25 de enero del 2026 según la disponibilidad de lluvias en la zona, y los valores para los presupuestos referenciales se realizó en base a los precios ofertados en el año 2026, igualmente, los presupuestos contarán con la fecha de propuesta.

1.8.2 Geográfica

La investigación se realizó en la parroquia de Calacalí, en dos predios de la localidad, la toma de muestras se realizó en un predio ubicado en las coordenadas $(-0,001245,-78,532694)$, al simular el estado crítico de en sistema de captación de agua. Mientras que el diseño del sistema de agua potable y sistema de captación de agua se la realizará de un predio ubicado en los alrededores de la zona céntrica de Calacalí.



Figura 3: Calacalí y predios de importancia.

Fuente: Google Earth.

CAPÍTULO 2

3.1 Estado del arte

Los sistemas de captación y aprovechamiento de agua lluvia han ganado terreno como respuesta directa a la escasez hídrica en zonas rurales y periurbanas. En el caso de Quito, la magnitud del desabastecimiento empuja a explorar soluciones descentralizadas que complementen el servicio convencional y reduzcan la vulnerabilidad de los hogares, lo cual sintoniza con el enfoque de sostenibilidad del ODS 6. (Carpio & Sarmiento, 2025)

A nivel de investigación, las revisiones sistemáticas muestran un crecimiento sostenido del interés científico en los RWHSS y convergen en tres ejes: desempeño hidráulico, calidad sanitaria y viabilidad económica. La revisión de García-Ávila y coautores sintetiza evidencia reciente en áreas rurales, identifica componentes comunes, y destaca que el sistema es eficaz para cubrir parte de la demanda doméstica cuando se diseña con criterios claros de captación, conducción, almacenamiento y tratamiento. (Simbaña et al., 2022)

En tratamiento de agua, la tendencia actual privilegia soluciones simples, de bajo costo y fácil mantenimiento. Estudios experimentales recientes validan sistemas de filtración por gravedad con materiales accesibles, demostrando reducciones consistentes de turbidez y patógenos y un ajuste estable del pH con adición de caliza. Estas configuraciones permiten alcanzar parámetros de potabilidad y facilitan la adopción en viviendas unifamiliares sin requerir infraestructura compleja. (Soria Pugo et al., 2025)

En diseño y dimensionamiento, se consolidan dos líneas complementarias. Por un lado, metodologías robustas para contextos con datos limitados permiten generar series diarias sintéticas a partir de registros mensuales, habilitando simulaciones de balance hídrico y estimaciones de confiabilidad del sistema en áreas rurales con escasa información. Por otro, los estudios de optimización del volumen de almacenamiento usan reglas de operación y análisis de confiabilidad volumétrica para equilibrar ahorro de agua, descargas por rebflujo y costos, ofreciendo mapas y relaciones adimensionales útiles para decisiones preliminares.

La madurez del campo se refleja en que el diseño ya no se centra solo en “cuánto almacenar”, sino en cómo el sistema opera a lo largo del tiempo y cómo se integra con la demanda real del hogar y el mantenimiento. Los enfoques actuales recomiendan combinar simulación diaria, selección cuidadosa de materiales de cubierta y primer

lavado, y evaluación de ciclo de vida para asegurar que el sistema sea eficiente, seguro y replicable en distintos entornos constructivos. (Simbaña et al., 2022)

En síntesis, el estado del arte respalda que los RWHSS son técnicamente viables, sanitariamente seguros con tratamiento adecuado, y económicamente razonables cuando se optimiza el almacenamiento y se estandarizan prácticas de operación y mantenimiento. La evidencia disponible orienta a diseños prácticos para viviendas unifamiliares y sugiere que, en contextos como Calacalí, estos sistemas pueden reducir la dependencia del suministro convencional y mejorar la resiliencia hídrica del hogar. (Simbaña et al., 2022; Soria Pugo et al., 2025)

3.2 Marco teórico

2.2.1 Sistemas de captación de agua lluvia (RWHSS)

Los sistemas de captación de agua lluvia, conocidos internacionalmente como Rainwater Harvesting and Storage Systems (RWHSS), se han consolidado como una alternativa sostenible frente a la escasez hídrica en zonas rurales y periurbanas. Estos sistemas permiten recolectar agua directamente de superficies como techos y almacenarla para usos domésticos, agrícolas o sanitarios. Investigaciones recientes han demostrado que, cuando se diseñan adecuadamente, pueden suplir parcialmente la demanda de agua potable y reducir la dependencia de fuentes convencionales (García-Ávila et al., 2023). En Ecuador, estudios locales también han explorado su aplicación en entornos urbanos mediante techos verdes, mostrando su viabilidad técnica y ambiental (Carpio & Sarmiento, 2025).

2.2.2 Componentes hidráulicos y sanitarios

Un sistema RWHSS está compuesto por tres subsistemas principales: el área de captación, el sistema de conducción y el sistema de almacenamiento. La eficiencia depende de factores como el material de la cubierta, el coeficiente de escorrentía, la intensidad y frecuencia de las precipitaciones, y la capacidad de los tanques (García-Ávila et al., 2023). Modelos de simulación han permitido optimizar la relación entre área de techo y volumen de almacenamiento, considerando confiabilidad volumétrica y costos de operación (Liaw & Tsai, 2004). Estos componentes deben diseñarse con

criterios hidráulicos que aseguren un flujo adecuado y con medidas sanitarias que eviten la contaminación del agua recolectada.

2.2.3 Calidad del agua lluvia y normativa

La calidad del agua lluvia depende de múltiples factores, incluyendo la contaminación atmosférica, el tipo de cubierta utilizada y el manejo del sistema de primer lavado. Estudios experimentales han demostrado que, con un tratamiento adecuado, el agua recolectada puede cumplir con parámetros de potabilidad establecidos por normativas nacionales e internacionales (Ross et al., 2025). En Ecuador, la normativa NTE INEN 1108 establece los requisitos de calidad para agua destinada al consumo humano, lo que implica evaluar parámetros fisicoquímicos y microbiológicos antes de su uso. La aplicación de estas normas asegura que el agua recolectada sea segura y apta para consumo.

2.2.4 Métodos de tratamiento y potabilización

Los métodos de tratamiento más utilizados en RWHSS incluyen filtración por gravedad, uso de materiales naturales como arena o grava, y dispositivos de primer lavado que eliminan las primeras escorrentías contaminadas. Estas técnicas son de bajo costo y fácil mantenimiento, lo que las hace especialmente útiles en comunidades rurales. Investigaciones han validado que sistemas simples pueden reducir turbidez, ajustar el pH y eliminar patógenos como *E. coli*, garantizando agua segura para consumo. Además, estudios de optimización de almacenamiento y ciclo de vida han demostrado que integrar tratamiento con diseño hidráulico aumenta la eficiencia y sostenibilidad del sistema. (Campisano & Modica, 2012; Ross et al., 2025)

3.3 Marco conceptual

El concepto de escasez hídrica se refiere a la insuficiencia de agua disponible para cubrir las necesidades básicas de una población. En el caso de Quito y sus parroquias rurales, más de 500 000 personas enfrentan problemas de abastecimiento, lo que evidencia la urgencia de soluciones alternativas y descentralizadas. (El Comercio, 2023) Los sistemas de captación de agua lluvia (RWHSS) se entienden como estructuras diseñadas para recolectar, conducir, almacenar y tratar el agua proveniente de precipitaciones. Estos sistemas se han estudiado ampliamente en contextos rurales y

urbanos, demostrando su capacidad para suplir parcialmente la demanda doméstica y mejorar la resiliencia hídrica de los hogares. (Carpio & Sarmiento, 2025; García-Ávila et al., 2023)

El balance hídrico diario es una herramienta metodológica que permite simular la entrada y salida de agua en un sistema de almacenamiento, considerando la variabilidad de las lluvias y la demanda doméstica. En contextos con datos limitados, se han desarrollado modelos que generan series sintéticas de lluvia diaria a partir de registros mensuales, lo que facilita el diseño en zonas rurales con escasa información. (Nguyen & Han, 2017)

La confiabilidad volumétrica se refiere al grado en que un sistema de almacenamiento puede satisfacer la demanda de agua sin interrupciones. Estudios de optimización han demostrado que el tamaño del tanque y el área de captación influyen directamente en la eficiencia del sistema, y que es posible encontrar combinaciones óptimas que equilibren ahorro de agua y costos. (Campisano & Modica, 2012; Liaw & Tsai, 2004)

El coeficiente de escorrentía es otro concepto clave, ya que determina la proporción de agua lluvia que puede ser efectivamente recolectada según el material de la cubierta. Investigaciones han validado que este parámetro es crítico para el diseño preliminar y debe ser considerado en simulaciones de rendimiento. (Liaw & Tsai, 2004)

Finalmente, los métodos de tratamiento y potabilización como la filtración por gravedad, el uso de materiales naturales y los dispositivos de primer lavado, permiten mejorar la calidad del agua recolectada. Estos sistemas han demostrado ser efectivos para reducir turbidez, ajustar el pH y eliminar patógenos como E. coli, cumpliendo con parámetros de potabilidad establecidos por normativas nacionales e internacionales. (Ross et al., 2025)

3.4 Metodología

La investigación se desarrollará bajo un enfoque aplicado y cuantitativo, orientado a resolver un problema real de abastecimiento de agua en la parroquia de Calacalí. El proceso inicia con la recopilación y análisis de los registros pluviométricos históricos de la zona, lo que permitirá determinar la disponibilidad y variabilidad del recurso hídrico. En caso de limitaciones en la información, se aplicarán metodologías que generan series sintéticas de lluvia diaria a partir de datos mensuales, garantizando un diseño confiable del sistema. (Nguyen & Han, 2017)

Posteriormente se realizará la estimación de la demanda doméstica de la vivienda seleccionada, considerando consumos básicos de agua potable y usos complementarios. Con estos datos se procederá al diseño hidráulico del sistema, que incluye la captación en techos, conducción mediante canaletas y tuberías, y almacenamiento en tanques o cisternas. Para este diseño se emplearán modelos de balance hídrico diario y criterios de optimización de almacenamiento, que han demostrado ser efectivos para dimensionar sistemas en función de la demanda y la variabilidad climática.(Campisano & Modica, 2012; Liaw & Tsai, 2004)

La siguiente etapa corresponde a la evaluación de la calidad del agua lluvia recolectada. Se realizarán pruebas de laboratorio para analizar parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, comparándolos con los estándares establecidos en la normativa nacional NTE INEN 1108 y con referencias internacionales. En paralelo, se diseñará un sistema de tratamiento y potabilización basado en filtración por gravedad y dispositivos de primer lavado, siguiendo experiencias validadas en estudios recientes que demuestran la efectividad de estas técnicas para eliminar turbidez y patógenos.(Ross et al., 2025)

Finalmente, se elaborará un presupuesto referencial que contemple materiales, equipos y mano de obra, acompañado de un análisis de viabilidad económica y ambiental. Este paso permitirá evaluar la sostenibilidad del sistema y su potencial replicabilidad en otras viviendas de la parroquia. La combinación de análisis pluviométrico, simulaciones hidráulicas, pruebas de laboratorio y evaluación económica asegura una metodología integral que responde de manera efectiva al problema planteado.(Carpio & Sarmiento, 2025; García-Ávila et al., 2023)

3.5 Captación

2.5.1 Aportación

La captación de agua lluvia se realizará principalmente en las superficies impermeables de la vivienda, como techos y cubiertas, que funcionan como áreas de aportación. El volumen potencial de agua recolectada dependerá del área efectiva de captación, del coeficiente de escorrentía del material de la cubierta y de la intensidad de las precipitaciones en la zona. Para garantizar un diseño eficiente, se calculará el caudal de aporte mediante la relación entre precipitación, área de techo y coeficiente de escorrentía, siguiendo metodologías validadas en estudios previos. En caso de que la vivienda disponga de áreas permeables diseñadas para este fin, estas podrán integrarse

como puntos adicionales de captación, siempre que se asegure la calidad del agua recolectada. Si la vivienda no cuenta con estructura usable en el diseño, se puede diseñar una estructura simple para lograr obtener un área de captación en el predio en cuestión.(Liaw & Tsai, 2004)

2.5.2 Conducción

El agua captada será transportada desde las superficies de aportación hacia el sistema de almacenamiento mediante canaletas, bajantes y tuberías. La conducción debe diseñarse con pendientes adecuadas que permitan el flujo por gravedad, evitando estancamientos y acumulación de sólidos. Se incluirán dispositivos de primer lavado para separar las primeras escorrentías, que suelen contener mayores niveles de contaminantes atmosféricos y partículas provenientes de la cubierta.(Ross et al., 2025) De acuerdo con la Norma Hidrosanitaria NEC-11 (Cap. 16), los sistemas de conducción deben cumplir con parámetros mínimos de diseño que garanticen la seguridad sanitaria y el buen desempeño de las instalaciones interiores de agua potable. Los materiales recomendados incluyen PVC rígido para presión (NTE INEN 1372, 1373, 2497), polietileno (NTE INEN 1744) y acero galvanizado (NTE INEN 2470), todos certificados para conducción de agua potable.

Asimismo, la norma establece que el diámetro interno (DI) de las tuberías es el valor que debe usarse en los cálculos hidráulicos, ya que es el que está en contacto directo con el fluido. Para el diseño de pendientes y caudales, se recomienda aplicar la ecuación de continuidad:

$$Q = A \cdot V \quad (1)$$

donde:

Q = caudal (m³/s)

A = área de la sección interna de la tubería (m²)

V = velocidad del flujo (m/s)

Además, para verificar pérdidas de carga en la conducción, la NEC-11 remite al cálculo mediante la fórmula de Darcy–Weisbach:

$$h_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

(2)

donde:

h_f = pérdida de carga (m)

f = coeficiente de fricción

L = longitud de la tubería (m)

D = diámetro interno de la tubería (m)

V = velocidad del flujo (m/s)

g = aceleración de la gravedad (9.81 m/s²)

Los materiales de conducción deberán ser resistentes a la intemperie y cumplir con normas sanitarias, garantizando que el agua llegue al tanque de almacenamiento en condiciones óptimas. Además, se evaluará la incorporación de rejillas y filtros en puntos estratégicos para reducir la entrada de hojas, polvo y otros sólidos que puedan afectar la calidad del agua.

2.5.3 Tanque de captación

El almacenamiento de agua lluvia se realiza en tanques diseñados o adquiridos según las necesidades de la vivienda y las condiciones locales. Estos depósitos pueden ser cisternas enterradas, tanques elevados o prefabricados de polietileno, PVC o PRFV, siempre que cumplan con las normas sanitarias y de materiales establecidas en la NTE INEN 1372, 1373 y 2497 para tuberías y accesorios de PVC rígido, y en la NTE INEN 1744 para polietileno. La Norma Hidrosanitaria NEC-11 (Cap. 16) establece que los depósitos deben garantizar seguridad sanitaria y resistencia estructural, con materiales certificados para conducción y almacenamiento de agua potable.

El dimensionamiento del tanque se fundamenta en el balance hídrico entre la oferta pluviométrica y la demanda doméstica. Para ello se aplica la ecuación:

$$V_t = \frac{Q_d \cdot N}{C_r \cdot P \cdot A} \quad (3)$$

donde:

V_t = volumen del tanque (m³)

Q_d = demanda diaria de agua (m³/día)

N = número de días de autonomía deseada
 C_r = coeficiente de escurrimiento de la cubierta
P = precipitación media diaria (m)
A = área de captación (m^2)

Estudios como los de Liaw y Tsai y Campisano y Modica recomiendan optimizar el tamaño del tanque para evitar sobredimensionamientos, asegurando eficiencia hidráulica y costos razonables. En el contexto ecuatoriano, proyectos académicos de la UDLA, UTA y UPS han demostrado que tanques prefabricados de polietileno y cisternas de hormigón armado son opciones viables y replicables en viviendas rurales y urbanas. Además, se recomienda incorporar rejillas, filtros y dispositivos de primer lavado en la entrada del tanque, así como tapas herméticas y válvulas de limpieza en la base, para garantizar la calidad del agua y facilitar el mantenimiento.

3.6 Potabilización

El sistema de potabilización a desarrollarse es en base a la cloración, debido a su bajo costo de mantenimiento, y fácil acceso en países en vías de desarrollo.

2.6.1 Prefiltrado

Consiste en varios métodos para retirar elementos grandes como hojas, ramas, entre otros. Un método consiste en realizar una bifurcación de la conducción del agua con una malla en el interior, para retirar por esta bifurcación los residuos captados. También, se requiere un método de captación de las primeras descargas, varía según diseño.

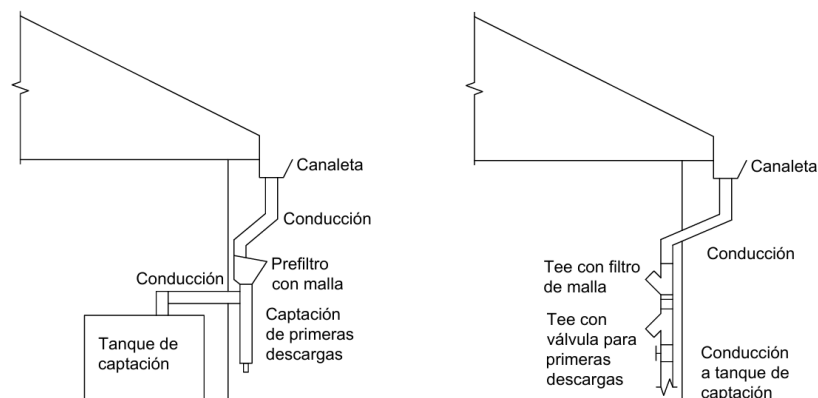


Figura 4: Métodos de prefiltrado

Fuente: Propia autoría.

Por ejemplo, la figura de la izquierda requiere de la remoción manual de elementos flotantes mientras que la segunda cuenta con una válvula que al cerrar los flotantes son eliminados sin intervención humana hasta que se decida abrir la válvula para dejar pasar el agua al elemento de reserva.

2.6.2 Filtro de sedimentos

Los filtros más simples son de arena y grava, los más completos, cuentan también con carbón activado, aunque, para este estudio se optará por el método más simple, ya que se trata de agua sin mayor cantidad de elementos químicos, considerada un agua clara. Según la disposición del filtro se pueden dividir en filtros horizontales y verticales.

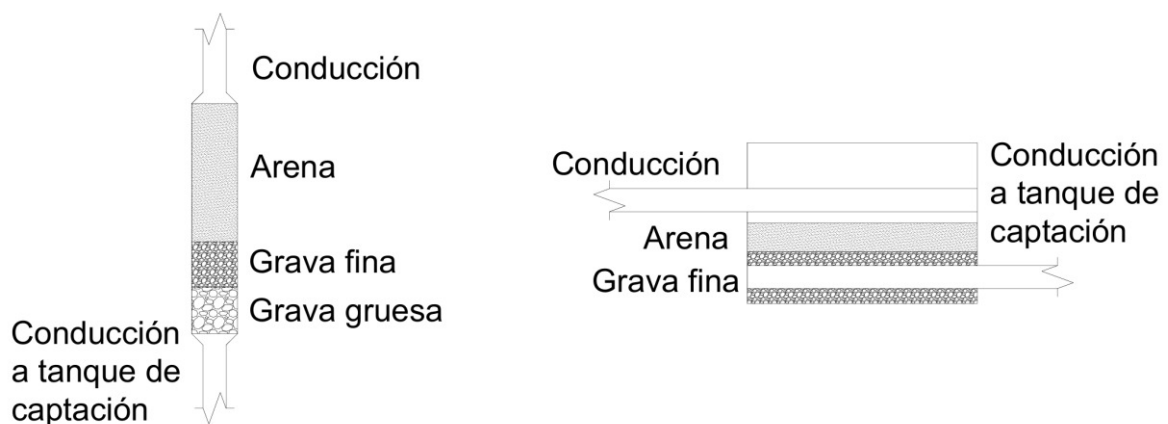


Figura 5: Métodos de filtrado.

Fuente: Propia autoría.

2.6.3 Cloración

La concentración del cloro en el agua no debe superar 1.5 mg/l, según la OMS debe ser de al menos 0,5 mg/l, para proporcionar una desinfección debida manteniéndola apta para consumo humano. La NTE INEN 1108 indica un rango apto para consumo humano un 0,3 a 1,5 mg/l de cloro residual.

2.6.3.1 Cloro en solución – Hipoclorito de sodio

También llamado lejía o lavandina, en su forma comercial, cloro disuelto en agua, la cual varía en la concentración de cloro por litro de solución, la ecuación recomendada por (Méndez, 2002) para el cálculo del volumen de agua requerida:

$$V_o = \frac{V_d}{(C_o/C_f) - 1}$$

(4)

Donde:

Vo= Volumen de la solución de cloro matriz. (L)

Vd= Volumen de agua de disolución (L)

Co= Concentración inicial de la solución de cloro matriz (g/L)

Cf= Concentración esperada de la solución diluida (g/L)

2.6.3.2 Cloro sólido – Hipoclorito de calcio

Comercialmente encontrado como polvo, gránulos y tabletas. La ecuación recomendada por (Méndez, 2002) para el cálculo del volumen de agua requerida:

$$P = \frac{Vd \cdot Cf}{\%}$$

(5)

Donde:

P= Peso del sólido de cloro matriz. (Kg)

Vd= Volumen de agua de disolución (L)

%= Porcentaje de cloro activo en el producto.

Cf= Concentración esperada de la solución diluida (g/L)

2.6.4 Métodos de dosificación

En base al método de cloración, presupuesto, y automatización, se pueden proponer varios métodos según la presentación de cloro a ser dosificado. Se limitarán a métodos de bajo costo y bajos requisitos de capacitación.

2.6.4.1 *Cloro en solución – Hipoclorito de sodio*

2.6.4.1.1 Manual

El cloro es vertido manualmente en dosis previamente calculadas para un volumen de agua ya recolectado, el proceso de desinfección tarda de 4 a 24 horas dependiendo del volumen de agua y si el cloro fue vertido o vertido y mezclado.



Figura 6: Cloración manual en tanque.

Fuente: Imagen generada por IA, Copilot

2.6.4.1.2 En vaso

Desarrollado en Argentina por la década de los 70 para un manual de solicitud de la Organización Panamericana de la Salud (OPS), es descrito como un sistema preciso, económico y fácil de construir y operar, debido a que su rango de dosificación es de 2 a 10 litros por hora es mejor aplicable a comunidades pequeñas. Un limitante de este sistema es que el tanque de reserva debe instalarse 1 metro o más por encima del nivel del elemento de dosificación y requiere monitoreo constante para que la solución madre no se seque y al llenarse nuevamente se desacomode. (Méndez, 2002)

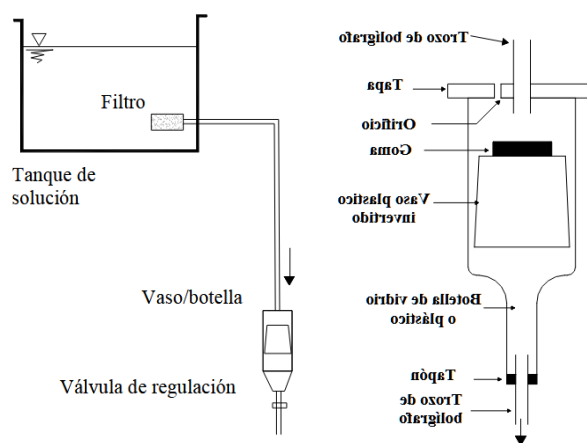


Figura 7: Cloración en vaso.

Fuente: Méndez, s. f.

2.6.4.2 Cloro sólido– Hipoclorito de calcio

Para caudales pequeños se usan sistemas dosificadores por medio de erosión de tabletas o píldoras. La limitación de estos métodos es que se recomiendan únicamente cuando la operación es continua. (Méndez, 2002)

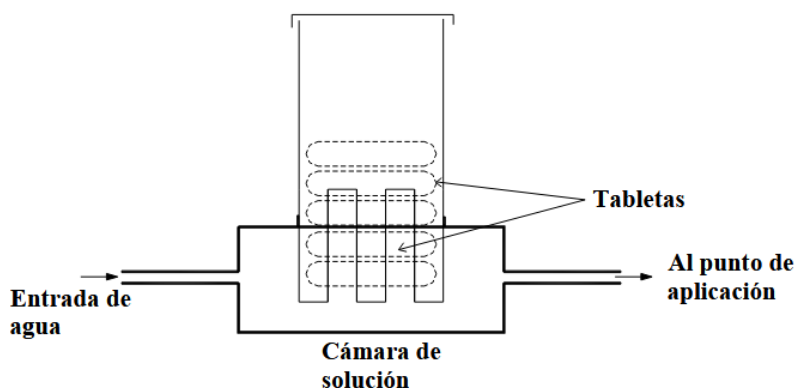


Figura 8: Cloración por erosión.

Fuente: Méndez, s. f.

2.6.5 Normativa en cuanto a diseño y potabilización

El diseño y ejecución del sistema de captación, conducción, almacenamiento y potabilización de agua lluvia debe cumplir con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11, Capítulo 16 – Norma Hidrosanitaria NHE Agua, que establece parámetros mínimos para garantizar la seguridad sanitaria y el buen desempeño de las instalaciones interiores de agua potable en edificaciones. En particular, se exige que los materiales de conducción y almacenamiento correspondan a tuberías y accesorios certificados bajo las normas NTE INEN 1372, 1373 y 2497 (PVC rígido para presión y uso sanitario), asegurando resistencia mecánica y aptitud para agua potable. Asimismo, la calidad del agua almacenada debe ajustarse a los parámetros de la NTE INEN 1108:2011 – Agua Potable. Requisitos, que define límites microbiológicos y fisicoquímicos para consumo humano.

Complementariamente, la Organización Mundial de la Salud (OMS), en sus Guidelines for Drinking-water Quality, establece que la cloración es el método más confiable y recomendado para garantizar la potabilidad del agua en sistemas comunitarios y domésticos. La OMS señala que el cloro no solo elimina bacterias, virus y protozoos, sino que además proporciona un efecto residual que protege el agua durante su almacenamiento y distribución. Se recomienda mantener un nivel de cloro residual libre entre 0.2 y 0.5 mg/L, suficiente para asegurar la desinfección sin afectar las características organolépticas del agua. Asimismo, se enfatiza que la cloración debe

aplicarse en combinación con un control de turbidez, ya que la presencia de sólidos suspendidos puede reducir la eficacia del desinfectante. Estas directrices garantizan que el agua lluvia tratada cumpla con estándares internacionales de seguridad sanitaria y se convierta en una fuente confiable para consumo humano.

CAPÍTULO 3

3.1 Tratamiento de datos

Los datos fueron obtenidos de la estación P59 de Calacalí, ubicado en WGS84 TMQ X: 498369.85 Y: 10000783.43, mediante la plataforma paramh2o provista por la EPMMAPS. Pero, como los datos provistos por esta estación estaban incompletos se completaron los datos vacíos mediante el uso de la librería climatol en R, una herramienta de homogenización de datos climáticos, en conjunto con los datos completos de la zona provistos por Integrated Multi-satellitE Retrievals for GPM (IMERG) de la NASA. El código de R es visible como anexo A.

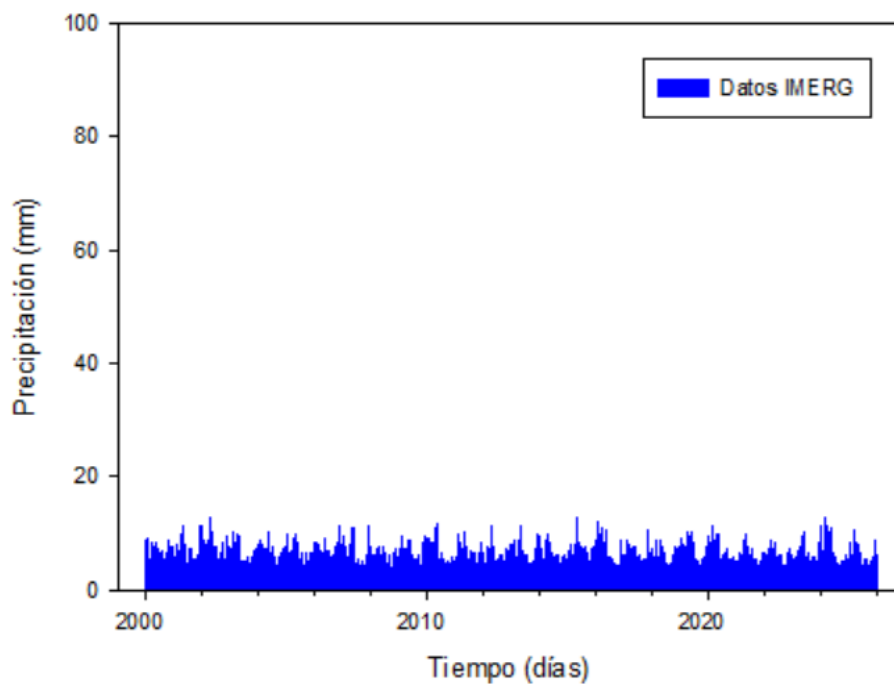


Figura 9: Datos obtenidos de la IMERG.

Fuente: Propia.

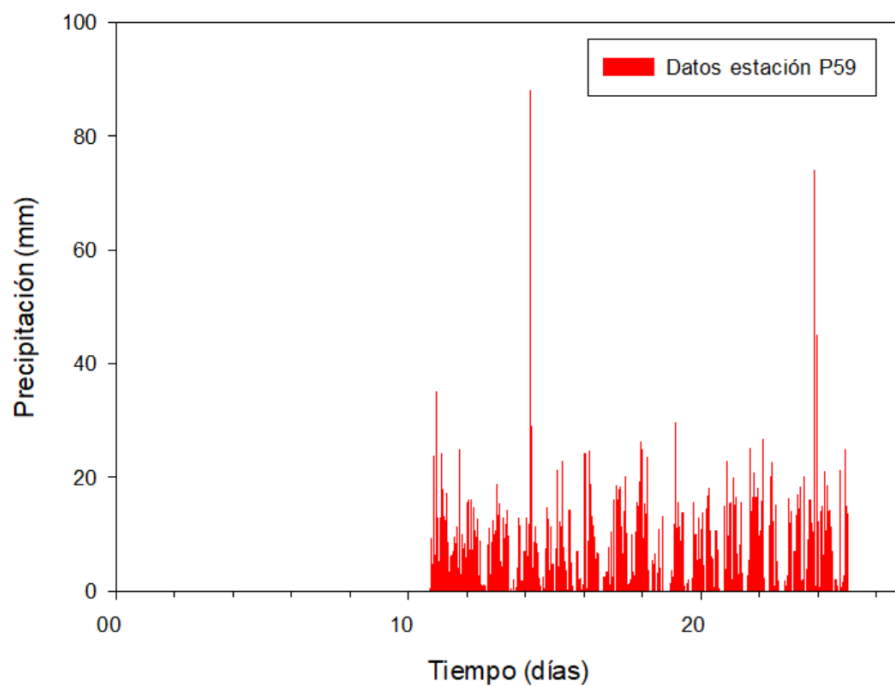


Figura 10: Datos obtenidos de la estación P59.

Fuente: Propia.

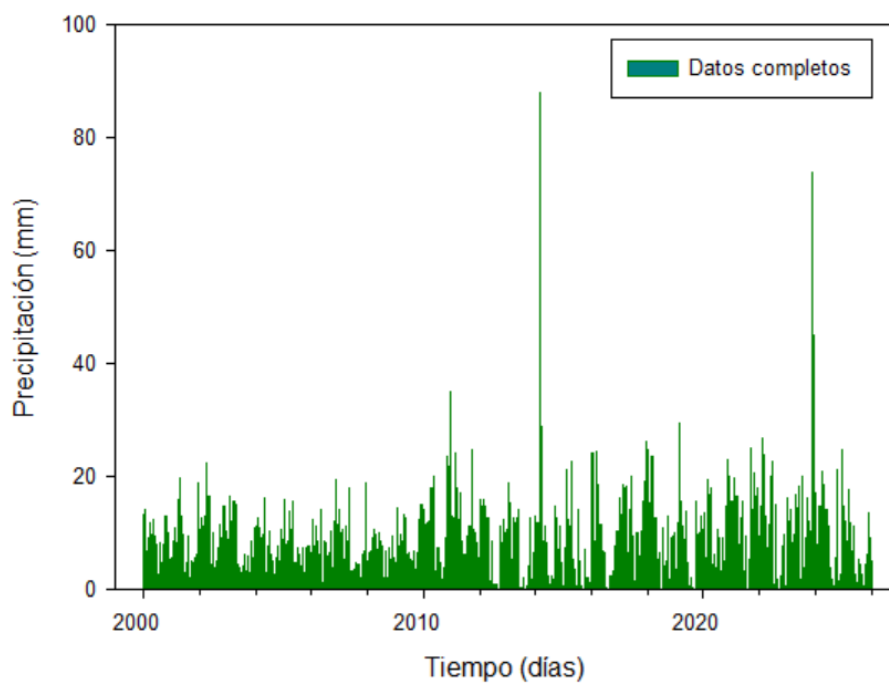


Figura 11: Datos homogeneizados.

Fuente: Propia.

Debido a la gran cantidad de datos faltantes se puede observar que los datos completados son menores a los estimados, aun así, los datos obtenidos pueden usarse para visualizar la dotación por mes o día en comparación con el consumo medio.

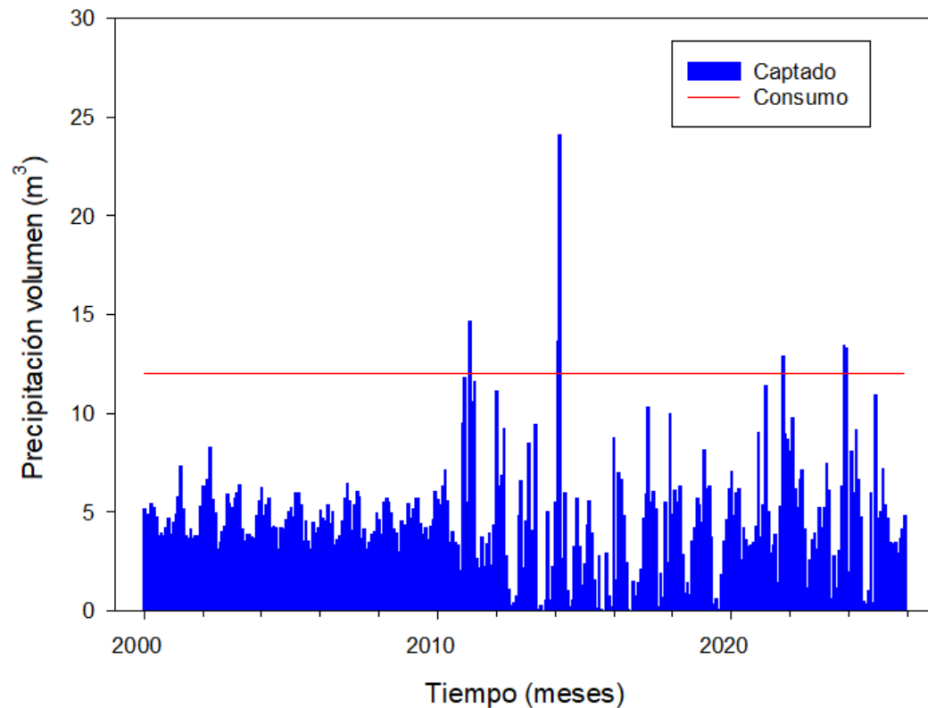


Figura 12: Datos homogeneizados vs consumo medio.

Fuente: Propia.

En la figura 12 se puede apreciar que únicamente la captación no satisface la demanda media, 12 m^3 , al mes en la mayoría de los meses. Por lo cual, es necesario la implementación de un sistema mixto de captación, como puede ser agua potable de la empresa de agua potable de Quito y este sistema, ya que, según los moradores tienen acceso a éste hasta medio día. Otra opción sería aumentar el área de captación.

3.2 Captación, conducción y almacenaje

El área de captación es la terraza, en este estudio se usarán las medidas del área de construcción del predio, ya que se ocupa el techo para recolectar el agua.

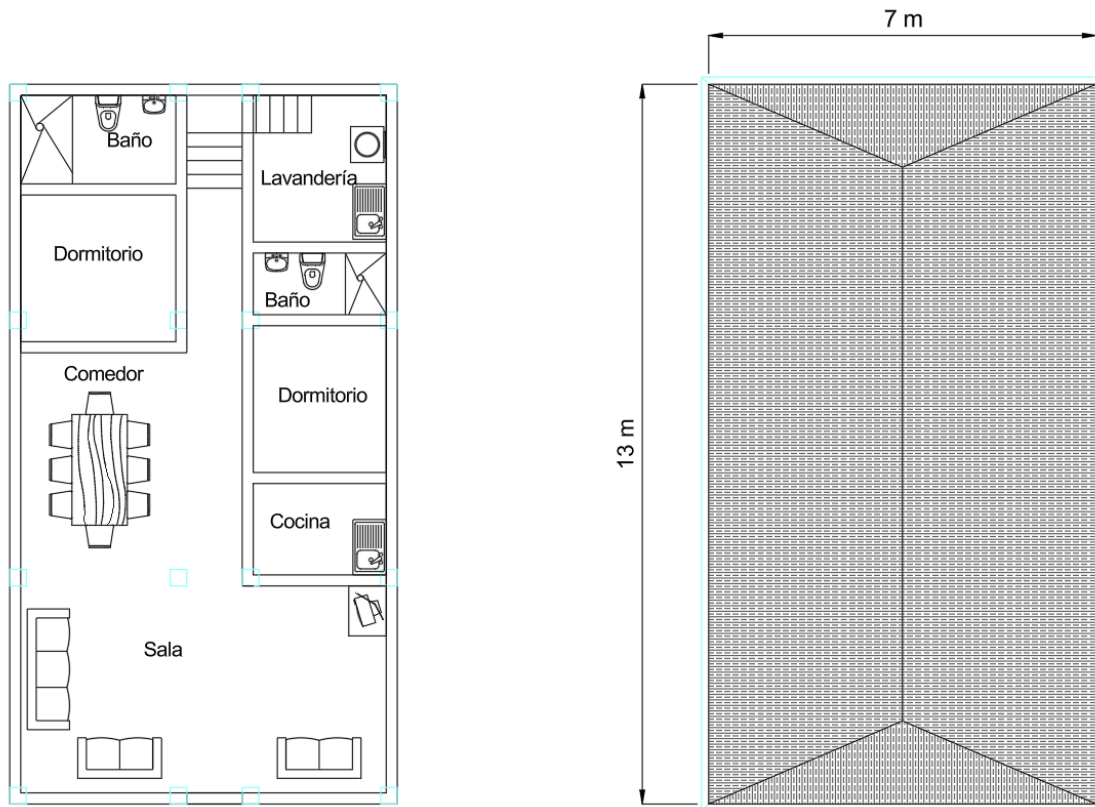


Figura 13: Vivienda tipo.

Fuente: Propia.

La conducción desde el techo (zona de captación) al tanque de almacenaje está compuesto de 3 partes principales:

3.2.1 Canaleta

Se sabe que el flujo diario máximo registrado de precipitación es de aproximadamente 8 m³/día, pero, al no tener datos exactos de la duración del evento climático, se usa la fórmula IDF propuesta por la INHAMI mediante el uso de datos de la estación M0024 que es la más cercana a la zona de estudio, con un tiempo de retorno de 1,5 años y una duración de 1 hora, ya que es la duración media de las lluvias en la zona.

$$I = 418,754 \cdot 1.5^{0.2196} \cdot 60^{-0.721}$$

$$I = 23.91 \text{ mm/h}$$
(6)

Para el área de captación:

$$Q = 23.91 \frac{\text{mm}}{\text{h}} \cdot \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}} \cdot 91 \text{ m}^2$$

$$Q = 2.18 \text{ m}^3/\text{h}$$
(7)

Para calcular las dimensiones de la canaleta:

$$Q = \frac{Am}{N} * Rh^{2/3} * S^{1/2}$$

$$Q = \frac{72.14}{0.01} * 0.03^{2/3} * 0.005^{1/2}$$

$$Q = 0.0049 \text{ m}^3/\text{s} \approx 17.65 \text{ m}^3/\text{h}$$
(8)

En base a datos de una canaleta comercial se obtuvo que esta soportaba un caudal de 17.65 m3/h lo cual es suficiente para la vivienda tipo.

3.2.2 Tubería

Bajo los parámetros anteriores, la dimensión mínima de la tubería:

$$D(\text{mm}) = \sqrt{\frac{4 \cdot 2.18}{\pi \cdot 1.5}} \cdot 1000$$

$$D_{\text{calculado}} = 42.98 \text{ mm}$$

$$D_{\text{comercial}} = 50 \text{ mm} \approx 2"$$
(9)

3.2.3 Filtro

El sistema de filtrado elegido consiste en filtrado por gravedad rápido, el cual consiste en capas de arena fina, arena gruesa, grava fina y grava gruesa, sostenidos en una tela tipo mosquitero de poliéster, aunque también puede ser de plástico o similares, y un tapón ahuecado para permitir el paso de agua, con reducciones de 2" a 4" en los extremos, las medidas y especificaciones a continuación:

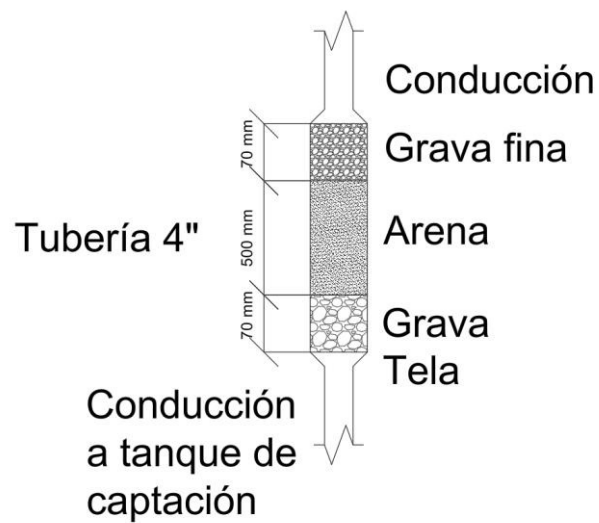


Figura 14: Filtro vertical básico.

Fuente: Propia.

El diseño se enfoca en la facilidad por las personas de la comunidad de hacerlo, su precio accesible y tiempo de vida promedio aceptable.

3.2.4 Almacenaje

Para el tanque de almacenaje se calcula para al menos 2 días de dotación continuos, el volumen mínimo calculado:

$$V = 0.1 \frac{m^3}{hab \cdot día} \cdot 4 hab \cdot 2 días$$

$$V = 0.8 m^3$$
(10)

Tomando en cuenta datos de precipitación, coeficiente de escorrentía y precipitación media diaria:

$$V_t = \frac{Q_d \cdot N}{C_r \cdot P \cdot A}$$

$$V_t = \frac{0.4 m^3/d \cdot 2 d}{0.95 \cdot 0.00213 m/d \cdot 91 m^2}$$

$$V_t = 4.34 m^3$$

Volumen comercial:

Debido a que la precipitación media diaria no es muy alta y al tomarse en cuenta el precio elevado de conseguir un tanque de almacenamiento de las dimensiones indicadas, se considera que se puede usar 1 tanque de 1,1 m³ o 2 tanques de 600 litros cada uno, así pudiendo mover el agua filtrada de un tanque de recogida y potabilización a uno únicamente de almacenaje.

En su totalidad:

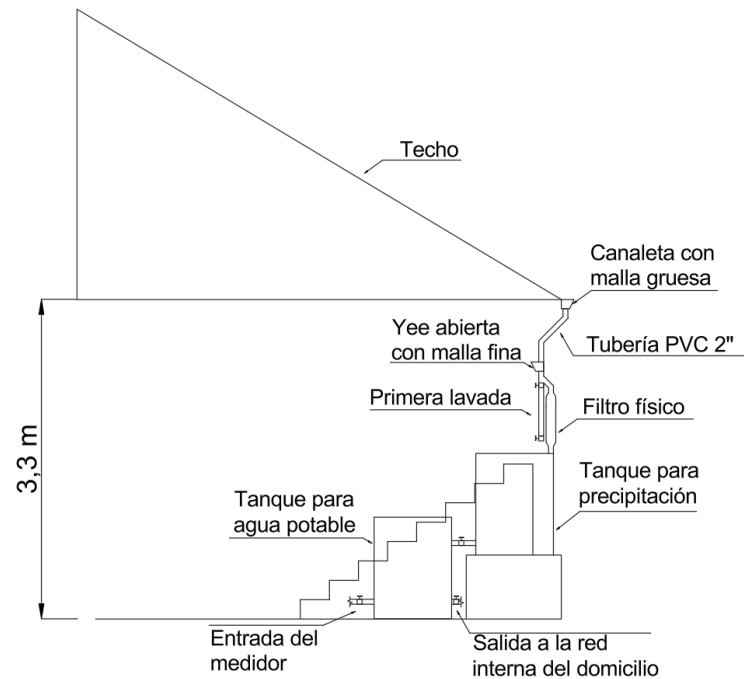


Figura 15: Diseño vivienda tipo.

Fuente: Propia.

3.3 Potabilización

El proceso que se realizó consistió en prefiltro de elementos flotantes, filtrado con material granular y desinfección con cloro.

El cloro comercial comúnmente suele tener una concentración de entre 5.5% y 6%.

$$Vo = \frac{600 \text{ l}}{(1100 \text{ g/l} * 5.5\% / 0.0003 \text{ g/l}) - 1}$$

$$Vo = 29.75 \text{ ml}$$

Por otro lado, ministerio de salud pública recomienda usar 1 gota por cada litro de agua, por lo cual:

$$V_o = 1 \frac{\text{gota}}{\text{litro}} \cdot 600 \text{ l} \cdot \frac{0.05 \text{ ml}}{1 \text{ gota}}$$

$$V_o = 30 \text{ ml}$$

(11)

Tanto la ecuación provista por la bibliografía, como la dosificación recomendada por el ministerio de salud proveen una dosificación similar.

Comparación entre agua bruta y filtrada:

La muestra de agua bruta se tomó el 26 de enero del 2026 mientras que la muestra de la prueba filtrada fue tomada el 4 de mayo del 2026, la información completa se encuentran en los anexos B y C.

Tabla 2: Resultados de las pruebas de calidad de agua.

Calidad del agua			
	Bruta	Filtrada	Normativa
	Resultados	Resultados	Máximo
Arsenico	<0,005	<0,005	0,01
Cobre	< 0,1	< 0,1	2
Color aparente	63	14	15
Cromo total	< 0,005	< 0,005	0,05
Fluoruros	< 0,5	< 0,5	1,5
Mercurio	< 0,003	< 0,003	0,006
Nitratos	< 5	< 5	50
Nitritos	< 0,1	< 0,1	3
Plomo	< 0,005	< 0,005	0,01
Turbidez	2,15	2,15	5
PH	6,7	6,6	6,5 - 8,5
Coliformes fecales	2,2	0,5	< 1,1

Fuente: Propia

Los resultados de la prueba realizados cumplen con los requisitos de la NTE INEN 1108, por lo cual es un agua apta para consumo humano, eso sí, el ministerio de salud pública ecuatoriano recomienda hervir el agua antes de consumirla.

3.4 Presupuesto

A continuación, se presentan los rubros con valores referenciales para la vivienda tipo sin tomar en cuenta valores de transporte de materiales ni equipo.

Conforme al ACUERDO MINISTERIAL NRO.-MDT-2025-195 el salario mínimo es de \$482, para el análisis de los rubros se tomarán datos de salarios para personal conforme a la norma.

Los rubros a continuación con su respectivo valor y unidad:

Tabla 3: Presupuesto referencial en vivienda tipo.

Rubros necesarios				
Descripción	Unidad	Costo U.	Cantidad	Costo T.
Canal agua lluvia Kanalum M 5" Kubiec	m	8,18	40	327,2
Tubería PVC Drenaje 50mm	m	5,66	4	22,64
Filtro por gravedad vertical	u	6,34	1	6,34
Tanque de agua 600 l, incluye instalación	u	89,16	2	178,32
Σ				534,5
Si no cuenta con techo				
Estilpanel/techos galvalume AR-2 e=0.40mm	m2	25,48	91	2318,68
Σ				2853,18

Fuente: Propia

CONCLUSIONES

1. Tras analizar los registros pluviométricos históricos de Calacalí completados con datos homogeneizados provistos por satélites y la estación meteorológica de Calacalí, se pudo observar que la variabilidad de las precipitaciones de los últimos 25 años es muy grande, los valores fluctúan entre 0 y 80mm, y la disponibilidad del agua es muy baja, ya que satisface únicamente 6 meses en 25 años. Por lo cual, es necesario que el sistema de almacenamiento de agua de la vivienda sea mixto.
2. Posterior a la evaluación la calidad del agua lluvia de la zona y seleccionar la cloración como el método de tratamiento de agua adecuado, se pudo confirmar que el agua sometida a este proceso cumple con los parámetros sanitarios establecidos por NTE INEN 1108:2011 – Agua Potable. Requisitos.
3. El diseño del sistema de captación, conducción, almacenamiento y purificación del agua lluvia, considera las lluvias más intensas posibles en la zona, para la conducción se consideró el caudal máximo, 2.18 m³/h, posible para asegurarse que, tanto las canaletas como los tubos no colapsen por exceso de caudal, y en cuanto al almacenamiento se consideró usar 2 tanques, para asegurar la dotación de al menos 2 días de agua potable y permitir un almacenamiento mixto de agua, provista por el sistema público y el de captación.
4. El presupuesto referencial del sistema propuesto contempla materiales nacionales accesibles para la comunidad, el equipamiento es de libre acceso y la mano de obra valorada según el estándar nacional 2026. El precio de la obra de captación de agua en la vivienda tipo que incluye el techo puede considerarse elevada \$2853.18; en comparación con una vivienda que ya cuente con techo con las características necesarias para servir de área de captación es \$534,5.

RECOMENDACIONES

1. Usar otros métodos de procesamiento de datos, los cuales puedan ser: numéricos, llenando según guías de Organización Meteorológica Mundial, etc. Para estimar los datos pluviométricos de la zona con el fin de realizar una comparación de las distintas metodologías aplicadas para completar los varios años con datos pluviométricos no únicamente con los datos provistos por la estación.
2. Comparar distintos métodos de potabilización como uso de luz UV, cloración con pastillas, floculación, etc. Para identificar las diferencias en presupuesto y calidad de agua final obtenida.
3. Replicar el proceso en distintos lugares del país con características de precipitación similares para comparar la viabilidad y los resultados.

REFERENCIAS

- Bravo Valencia, H. N., & Vizuite Salazar, W. I. (2015). *DISEÑO DE UN SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y TRATAMIENTO BÁSICO DE AGUA LLUVIA PARA UNA CASA UNIFAMILIAR*. <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/3657>
- Campisano, A., & Modica, C. (2012). Optimal sizing of storage tanks for domestic rainwater harvesting in Sicily. *Resources, Conservation and Recycling*, 63, 9-16. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.03.007>
- Carpio, J., & Sarmiento, J. (2025). *Diseño de un sistema de captación de agua pluvial para abastecimiento urbano sostenible*. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/30996/1/UPS-CT012228.pdf>
- El Comercio. (2023, marzo 8). *500 000 personas tienen problemas de abastecimiento de agua en Quito—El Comercio*. <https://www.elcomercio.com/actualidad/500-000-personas-problemas-abastecimiento-agua-quito/>
- García-Ávila, F., Guanoquiza-Suárez, M., Guzmán-Galarza, J., Cabello-Torres, R., & Valdiviezo-Gonzales, L. (2023). Rainwater harvesting and storage systems for domestic supply: An overview of research for water scarcity management in rural areas. *Results in Engineering*, 18, 101153. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2023.101153>
- Liaw, C., & Tsai, Y. (2004). OPTIMUM STORAGE VOLUME OF ROOFTOP RAIN WATER HARVESTING SYSTEMS FOR DOMESTIC USE¹. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 40(4), 901-912. <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.2004.tb01054.x>
- Méndez, J. P. (2002). *Desinfección del agua* (OPS/CEPIS/PUB/O2 .83). Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.
- Nguyen, D. C., & Han, M. Y. (2017). Proposal of simple and reasonable method for design of rainwater harvesting system from limited rainfall data. *Resources*,

Conservation and Recycling, 126, 219-227.

<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.07.033>

Ross, T. T., Alim, M. A., & Rahman, A. (2025). Simple and effective filtration system for drinking water production from harvested rainwater in rural areas. *Journal of Environmental Management*, 373, 123887. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.123887>

Saavedra Callata, I. D., & Chérrez Gavilanes, D. S. (2025). *Diseño de un Sistema de Captación de Agua de Lluvia (SCALL), para el abastecimiento de equipos sanitarios en el edificio del laboratorio de la Facultad de Contabilidad y Auditoría de la Universidad Técnica de Ambato campus Huachi Chico*. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/45144>

Simbaña, I., Quitiaquez, W., Ramírez, L., & Saquina, D. (2022). *Estudio de viabilidad de un sistema de captación de agua lluvia en Guamaní – Quito*. 1(1).

Soria Pugo, M. G., Sarango Jumbo, W. P., Yépez Martínez, V. V., & Andrade Sandoval, D. A. (2025). Diseño y evaluación de un sistema de recolección de agua pluvial mediante techos verdes en edificaciones urbanas. *Esprint Investigación*, 4(1), 477-497. <https://doi.org/10.61347/ei.v4i1.124>

ANEXOS

ANEXO A: Código de R completa

```
clc <- function() cat("\014")
clc()
rm(list=ls())
dev.off()

ipak <- function(pkg){
  new.pkg <- pkg[!(pkg %in% installed.packages()[, "Package"])]
  if (length(new.pkg))
    install.packages(new.pkg, dependencies = TRUE)
  sapply(pkg, require, character.only = TRUE)
}

packages <- c("climatol", "maps", "mapdata", "readxl", "tidyverse", "lubridate",
             "dplyr", "tidyr", "sp", "gstat", "raster", "ncdf4", "devtools", "terra",
             "Rcpp")
ipak(packages)

setwd("C:/Users/frank/Desktop/Tesis/DATOS")

excel <- read_excel("Datos para R.xlsx", sheet = "Hoja1")

Estaciones <- excel
Estaciones <- Estaciones %>%
  distinct(longitud, latitud, altura, estacion, .keep_all= TRUE)

Estaciones <- cbind(Estaciones, Cod=rep("Est"))
Estaciones <- cbind(Estaciones, ext=rep("csv"))
n <- length(Estaciones[,4])
n <- c(1001:(1000+n))
Estaciones <- cbind(Estaciones, n)
Estaciones <- Estaciones %>%
  unite(Cod, n, col=codigo, sep="-", remove=TRUE)%>%
```

```

unite(codigo,ext, col=file_name, sep=".", remove = FALSE)

Estaciones <- Estaciones[,c(11,5:7,12,4)]
Estaciones.est <- Estaciones[,-1]
write.table(Estaciones.est,stdout(),row.names=FALSE,col.names=FALSE)

Codexcel <- left_join(excel,Estaciones,by="estacion")
DatosClimaticos <- Codexcel[,c(1:3,15,8:10)]

Fechas <- excel[,c(1,2,3)] %>%
  mutate(date=paste(gestion,mes,dia,sep="-")) %>%
  transform(date=ymd(date)) %>%
  distinct(date, .keep_all = TRUE) %>%
  complete(date =seq.Date(min(date), max(date), by="day"))
Fechas <- Fechas[,c(1)]

EstVertical <- as.matrix(Estaciones.est[,4])
lista <- as.matrix(Estaciones.est[,4])
EstVertical <- matrix(EstVertical,ncol = (max(n)+1-min(n)))
EstVertical <- as.data.frame(EstVertical)
EstVertical <- EstVertical[-c(1),]
A <- matrix(NA, nrow = max(count(Fechas)), ncol = max(length(EstVertical)))
EstVertical <- as.data.frame(A,EstVertical)
colnames(EstVertical) <- lista
EstVertical$date <- Fechas$date
EstVertical <- left_join(Fechas,EstVertical, by = "date")

#Filtro#
#ESTACION 1#
Estacion01 <- DatosClimaticos %>% filter(codigo == lista[1,])
Estacion01 <- Estacion01 %>% mutate(date= paste(gestion,mes,dia,sep= "-"))
Estacion01 <- Estacion01 %>% transform(date = ymd(date))
Estacion01 <- Estacion01 %>%
  complete(date = seq.Date(min(date),max(date), by="day"))

```

```

Estacion01 <- left_join(Fechas, Estacion01, by="date")
Estacion01 <- Estacion01[,-2:-4]
colnames(Estacion01)
names(Estacion01) <- c('date','codigo','Prec','Tmax','Tmin')
filtro <- Estacion01 %>% filter(month(date)==7,day(date)==31)%>%
  mutate(Prec = ifelse(is.na(Prec),0,Prec), Tmax = ifelse(is.na(Tmax),0,Tmax),
    Tmin = ifelse(is.na(Tmin),0,Tmin))
filtro <- filtro %>% filter(month(date)==7,day(date)==31)%>%
  mutate(codigo = ifelse(is.na(codigo),lista[1,],codigo))
Estacion01 <- merge(x=Estacion01, y=filtro, by='date', all.x=TRUE)
Estacion01 <- Estacion01 %>%
  mutate(Prec = ifelse(is.na(Prec.x),Prec.y,Prec.x)) %>%
  mutate(Tmax = ifelse(is.na(Tmax.x),Tmax.y,Tmax.x)) %>%
  mutate(Tmin = ifelse(is.na(Tmin.x),Tmin.y,Tmin.x)) %>%
  mutate(codigo = ifelse(is.na(codigo.x),codigo.y,codigo.x))
Estacion01 <- Estacion01[,-2:-9]
Estacion01 <- Estacion01[c(1,5,2:4)]

```

#ESTACION 2#

```

Estacion02 <- DatosClimaticos %>% filter(codigo == lista[2,])
Estacion02 <- Estacion02 %>% mutate(date= paste(gestion,mes,dia,sep= "-"))
Estacion02 <- Estacion02 %>% transform(date = ymd(date))
Estacion02 <- Estacion02 %>%
  complete(date = seq.Date(min(date),max(date), by="day"))
Estacion02 <- left_join(Fechas, Estacion02, by="date")
Estacion02 <- Estacion02[,-2:-4]
colnames(Estacion02)
names(Estacion02) <- c('date','codigo','Prec','Tmax','Tmin')
filtro <- Estacion02 %>% filter(month(date)==7,day(date)==31)%>%
  mutate(Prec = ifelse(is.na(Prec),0,Prec), Tmax = ifelse(is.na(Tmax),0,Tmax),
    Tmin = ifelse(is.na(Tmin),0,Tmin))
filtro <- filtro %>% filter(month(date)==7,day(date)==31)%>%
  mutate(codigo = ifelse(is.na(codigo),lista[2,],codigo))
Estacion02 <- merge(x=Estacion02, y=filtro, by='date', all.x=TRUE)
Estacion02 <- Estacion02 %>%

```

```

mutate(Prec = ifelse(is.na(Prec.x),Prec.y,Prec.x)) %>%
mutate(Tmax = ifelse(is.na(Tmax.x),Tmax.y,Tmax.x)) %>%
mutate(Tmin = ifelse(is.na(Tmin.x),Tmin.y,Tmin.x)) %>%
mutate(codigo = ifelse(is.na(codigo.x),codigo.y,codigo.x))
Estacion02 <- Estacion02[,-2:-9]
Estacion02 <- Estacion02[c(1,5,2:4)]

```

```

setwd("C:/Users/frank/Desktop/Tesis/DATOS")
EstVertical$'Est-1001' <- Estacion01$Prec
EstVertical$'Est-1002' <- Estacion02$Prec

```

```

anyi <- as.Date('2000-01-01')
anyf <- as.Date('2026-05-01')

```

```

#CREACION DE FICHEROS (.csv)#

```

```

Estacion01 <- Estacion01 %>%
  mutate(Year = year(date)) %>%
  mutate(Month = month(date)) %>%
  mutate(Day = day(date))
Estacion01 <- Estacion01[c(6:8,3:5)]

```

```

Estacion02 <- Estacion02 %>%
  mutate(Year = year(date)) %>%
  mutate(Month = month(date)) %>%
  mutate(Day = day(date))
Estacion02 <- Estacion02[c(6:8,3:5)]

```

```

#CREACION ARCHIVOS csv#
write.table(Estaciones, file = 'Estaciones.csv', sep = ",", row.names = FALSE)
write.table(Estacion01, file = 'Est-1001.csv', sep = ",", row.names = FALSE)
write.table(Estacion02, file = 'Est-1002.csv', sep = ",", row.names = FALSE)

```

```
anyi <- as.Date('2000-01-01')
```

```
anyf <- as.Date('2025-12-31')
```

```
daily2climatol('Estaciones.csv',c(1,2,3,4,5,6),c(1,2,3,4),'Prec',
```

```
    anyi = year(anyi), anyf = year(anyf),
```

```
    mindat = 365, sep = ',', na.strings = '/', header=T)
```

```
homogen('Prec', anyi = year(anyi), anyf = year(anyf), expl = TRUE)
```

```
dd2m(varcli = 'Prec', anyi = year(anyi), anyf = year(anyf), valm = 1)
```

```
homogen('Prec-m', anyi = year(anyi), anyf = year(anyf),std=2,annual='total',expl=TRUE)
```

```
homogen('Prec-m', anyi = year(anyi), anyf = year(anyf), std=2,
```

```
    dz.max = 3, dz.min = -4,
```

```
    snht1 = 25,
```

```
    snht2 = 40,
```

```
    vmin = 0)
```

```
homogen('Prec', anyi = year(anyi), anyf = year(anyf),
```

```
    dz.max = 3, dz.min = -4,
```

```
    snht1 = 16,
```

```
    snht2 = 13,
```

```
    vmin = 0, metad = TRUE)
```

```
load("Prec_2000-2025.rda")
```

```
dahstat("Prec", year(anyi), year(anyf), stat = "series")
```

```
load("Prec-m_2000-2025.rda")
```

```
dahstat("Prec-m", year(anyi), year(anyf), stat = "series")
```

ANEXO B: Informe de resultados agua bruta CICAM



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL
Campus Politécnico "José Rubén Orellana Riquarte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253, Edificio Nro. 11
RUC: 1760005620001 Td.: (+593-2) 2976300 Ext.: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864
Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec • Quito - Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 30 de enero de 2026

No.IRS-26-028

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente: FRANKLIN TADEO ROMAN GALEANO
Nombre del Representante Legal: -
RUC: -
Dirección: -
Teléfono convencional: -
Teléfono celular: 996033933
Correo electrónico: franklinfrg@hotmail.com

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2026-01-26
No. Oferta de Servicio: OF26-09
No. Solicitud de trabajo: ST-26-009
Tipo de servicio: Servicio de ensayo para evaluación de la calidad
Código de la muestra: MS-26-028
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: Del 26 al 28 de enero de 2026
Temperatura de ingreso al laboratorio: 5,0°C

DATOS DE LA MUESTRA: SUMINISTRADOS POR EL CLIENTE

	Tipo de envase:	N° de envases:	Preservante:
Nombre del Proyecto: -	Plástico	1	No
Fecha de muestreo: 2026-01-26	Plástico	5	No
Rotulación de la muestra: -			
Tipo de muestreo: -			
Tipo de muestra: Agua Lluvia			
Lugar de muestreo: Calacali; -0,001245; -78,532694			
Origen de la muestra: Tanque de recolección			
Responsable de muestreo: Cliente			

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
^(a) Arsénico	PE-V-61 / SM Ed.24, 2023, 3114 B/ Absorción atómica	mg/L	< 0,005
^(a) Cobre	PE-V-32/ Hach Water Analysis Handbook, Ed 7, 2012, 8506/Espectrofotometría VIS	mg/L	< 0,1
^(a) Color aparente	PE-V-24/ SM Ed.24, 2024, 2120 C/ Espectrofotometría VIS	u Pt-Co	63
^(c) Cromo total	PE-V-62/ SM Ed.24, 2023, 3113 B/ Absorción atómica	mg/L	< 0,005
^(a) Fluoruros	PE-V-50/ Hach Water Analysis Handbook, Ed 7, 2012, 8029/Espectrofotometría VIS	mg/L	< 0,5
^(b) Mercurio	PE-V-61/ SM Ed.24, 2023, 3112 B/ Absorción atómica	mg/L	< 0,003
^(a) Nitratos	PE-V-20/ SM Ed. 24, 2023, 4500-NO3-B; Espectrofotometría UV	mg NO3/L	< 5
^(a) Nitritos	PE-V-21/ SM Ed.24, 2023, 4500 - NO2- B / Espectrofotometría VIS	mg NO2/L	< 0,1
^(a) Plomo	PE-V-62/ SM Ed.24, 2023, 3113 B / Absorción atómica	mg/L	< 0,005
^(a) Turbidez	PE-V-12/ SM Ed. 24, 2130 B/ Turbidimetría	NTU	2,15
^(a) pH	PE-V-02/ SM Ed.24, 2023, 4500 - H+ B/ Electrométrico	Unidades de pH	6,7
^(c) Coliformes fecales	PE-V-46/ SM Ed.24, 2023, 9221 B / Fermentación en Tubos múltiples	NMP/100 mL	2,2

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Ed: Edición. PE: Procedimiento de Ensayo interno. N/A: No aplica.

Acreditaciones:

^(a) Acreditación N° SAE LEN 06-012. Alcance específico de la acreditación: www.acreditacion.gob.ec

^(c) Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas

La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera

La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera

El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados

En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa

Prohibida la reproducción parcial de este informe



Revisado y aprobado por:
**LUIS GABRIEL
MONTENEGRO RIVERA**

Revisado y aprobado por: Mgtr. Luis Montenegro

RESPONSABLE TÉCNICO

ANEXO C: Informe de resultados agua filtrada CICAM



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL

Campus Politécnico "José Robín Orfano Ricarte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253, Edificio Nro. 11
RUC: 1760005620001 Tel.: (+593-2) 2976300 Ext.: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864
Aptado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec • Quito - Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

No.IRS-26-028

Fecha: 30 de enero de 2026

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente: FRANKLIN TADEO ROMAN GALEANO
Nombre del Representante Legal: -
RUC: -
Dirección: -
Teléfono convencional: -
Teléfono celular: 996033933
Correo electrónico: franklinfrg@hotmail.com

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2026-05-04
No. Oferta de Servicio: OF26-15
No. Solicitud de trabajo: ST-26-015
Tipo de servicio: Servicio de ensayo para evaluación de la calidad
Código de la muestra: MS-26-042
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: Del 05 al 08 de mayo de 2026
Temperatura de ingreso al laboratorio: 5,0°C

DATOS DE LA MUESTRA: SUMINISTRADOS POR EL CLIENTE

Nombre del Proyecto:	Tipo de envase:	Nº de envases:	Preservante:
Fecha de muestreo: 2026-05-04	Plástico	1	No
Rotulación de la muestra: -	Plástico	5	No
Tipo de muestreo: -			
Tipo de muestra: Agua Lluvia			
Lugar de muestreo: Calacali, -0,001245, -78,532694			
Origen de la muestra: Tanque de recolección			
Responsable de muestreo: Cliente			

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
^(a) Arsénico	PE-V-61 / SM Ed.24, 2023, 3114 B/ Absorción atómica	mg/L	< 0,005
^(a) Cobre	PE-V-32/ Hach Water Analysis Handbook, Ed 7, 2012, 8506/Espectrofotometría VIS	mg/L	< 0,1
^(a) Color aparente	PE-V-24/ SM Ed.24, 2024, 2120 C/ Espectrofotometría VIS	u Pt-Co	15
^(a) Cromo total	PE-V-62/ SM Ed.24, 2023, 3113 B/ Absorción atómica	mg/L	< 0,005
^(a) Fluoruros	PE-V-50/ Hach Water Analysis Handbook, Ed 7, 2012, 8029/Espectrofotometría VIS	mg/L	< 0,5
^(a) Mercurio	PE-V-61/ SM Ed.24, 2023, 3112 B/ Absorción atómica	mg/L	< 0,003
^(a) Nitratos	PE-V-20/ SM Ed. 24, 2023, 4500-NO3-B; Espectrofotometría UV	mg NO3/L	< 5
^(a) Nitritos	PE-V-21/ SM Ed.24, 2023, 4500 - NO2- B / Espectrofotometría VIS	mg NO2/L	< 0,1
^(a) Plomo	PE-V-62/ SM Ed.24, 2023, 3113 B / Absorción atómica	mg/L	< 0,005
^(a) Turbidez	PE-V-12/ SM Ed. 24, 2130 B/ Turbidimetría	NTU	1,15
^(a) pH	PE-V-02/ SM Ed.24, 2023, 4500 - H+ B/ Electrométrico	Unidades de pH	6,7
^(a) Coliformes fecales	PE-V-46/ SM Ed.24, 2023, 9221 B / Fermentación en Tubos múltiples	NMP/100 mL	0,5

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Ed: Edición. PE: Procedimiento de Ensayo interno. N/A: No aplica.

Acreditaciones:

^(a) Acreditación N° SAE LEN 06-012. Alcance específico de la acreditación: www.acreditacion.gub.ec

^(a) Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas

La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera

La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera

El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados

En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa

Prohibida la reproducción parcial de este informe



Firmado electrónicamente por:
**LUIS GABRIEL
MONTENEGRO RIVERA**

Revisado y aprobado por: Mgr. Luis Montenegro

RESPONSABLE TÉCNICO

ANEXO D: Lavado de material filtrante



ANEXO E: Creación de filtro



ANEXO F: Filtrado de muestra



ANEXO G: Clorado de muestra



ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS			
RUBRO:	TECHO METALPOL PT60 + CUBIERTA GALVALUME 0.40MM	UNIDAD:	m2
ESPECIFICACIÓN:	Techo para captación de agua	CÓDIGO:	EX01005
		RENDIM.:	1.00

A) MATERIALES

CÓDIGO	MATERIAL	UNIDAD	CANT.	P.UNIT.	P.TOTAL	% PARC.
01MAT010	Estilpanel/techos galvalume AR-2 e=0.40mm	m2	1,0500	10,68	11,21	44,00%
01MAT011	Cumbrero galval.e=0.30mm Ancho útil =407mm	m	0,1200	2,79	0,33	1,31%
01MAT012	Tornillos LH para estructura	u	3,9000	0,50	1,95	7,65%
01MAT013	Perfil U Galvanizado estructural 60x2440x0,70mm	u	0,2200	3,12	0,69	2,69%
01MAT014	Panel Techo METALPOL® PT60/D15/3PFL41.3/090/1.22x2.44	u	0,3400	15,70	5,34	20,95%
					-	0,00%
					-	0,00%
					-	0,00%
					-	0,00%
SUMA:					19,52	76,61%

B) MANO DE OBRA

CÓDIGO	TRABAJADOR	CATEG.	CANT.	S.N.H.	F.S.R.	S.N.H.	REND.	P.TOTAL	% PARC.
01MOB001	Peon	E2	1,00	0,5425	1,00	4,34	1	4,34	17,03%
01MOB002	Maestro de Obra	C2	1,00	0,58	1,00	4,64	0,3	1,39	5,46%
								-	0,00%
								-	0,00%
								-	0,00%
								-	0,00%
SUMA:								5,73	22,49%

C) MAQUINARIA Y EQUIPO

CÓDIGO	MAQUINARIA / EQUIPO	C.HORA	CANTIDAD	P.TOTAL	% PARC.
01MAQ001	Herramienta menor	0,23	1,00	0,23	0,90%
				-	0,00%
				-	0,00%
				-	0,00%
				-	0,00%
				-	0,00%
SUMA:				0,23	0,90%
D) TOTAL COSTOS DIRECTOS				25,48	100,00%