



**Pontificia Universidad  
Católica del Ecuador**  
Seréis mis testigos

**MANABÍ**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR**

**SEDE MANABÍ**

**CARRERA DE INGENIERÍA HIDRÁULICA**

**PLAN DE INVESTIGACIÓN**

**ESTUDIO DE LA PRECIPITACIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA  
DE COSECHA DE AGUA LLUVIA PARA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN EL SITIO  
MANANTIALES, CANTÓN MONTECRISTI**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

**GESTION DISPONIBLE Y APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS NATURALES**

**SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

**HIDROLOGÍA**

**ESTUDIANTE**

**HÉCTOR LEONARDO ALAVA MORA**

**JESÚS ANDREÉ ARROYO ESPINOZA**

**TUTOR**

**JOSÉ RAMÓN ALARCÓN LOOR, MG.**

**PORTOVIEJO, AGOSTO 2023**

## **Declaración de Originalidad**

Este manuscrito, no contiene ningún tipo de material que ha sido aceptado para la obtención de un título universitario en otra institución, excepto en la información de soporte que ha sido debidamente citada en mi trabajo. Este trabajo es de total responsabilidad del autor, quien declarabajo juramento que ninguna sección de este trabajo de integración curricular infringe los derechos sde autor de nadie.

Autor:

F. \_\_\_\_\_

Alava Mora Héctor Leonardo

C.I.:1316307386

Dirección: Portoviejo, Calle Paraíso entre 15 de abril y 26 de septiembre

E-mail: [halava7386@pucesm.edu.ec](mailto:halava7386@pucesm.edu.ec)

Celular: 0981220085

## Declaración de Originalidad

Este manuscrito, no contiene ningún tipo de material que ha sido aceptado para la obtención de un título universitario en otra institución, excepto en la información de soporte que ha sido debidamente citada en mi trabajo. Este trabajo es de total responsabilidad del autor, quien declarabajo juramento que ninguna sección de este trabajo de integración curricular infringe los derechos sde autor de nadie.

Autor:

F. \_\_\_\_\_

Arroyo Espinoza Jesús André

C.I.:1315586188

Dirección: Portoviejo, Calle Paulo Emilio Macias y Ricaurte

E-mail: [jarroyo6188@pucesm.edu.ec](mailto:jarroyo6188@pucesm.edu.ec)

Celular: 0990863353

## Declaración de Derecho del Autor

Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, a distribuir este manuscrito de investigación en medios físicos y electrónicos, con el fin de promover la divulgación de mis resultados a la comunidad científica y a la sociedad en general. Adicionalmente autorizo el uso de los contenidos de esta investigación como bibliografía para fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, citando como fuente de información al autor de este trabajo.

Autor:

F. \_\_\_\_\_

Alava Mora Héctor Leonardo  
C.I.:1316307386

Dirección: Portoviejo, Calle Paraíso entre 15 de abril y 26 de septiembre

E-mail: [halava7386@pucesm.edu.ec](mailto:halava7386@pucesm.edu.ec)

Celular: 0981220085

### **Declaración de Derecho del Autor**

Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, a distribuir este manuscrito de investigación en medios físicos y electrónicos, con el fin de promover la divulgación de mis resultados a la comunidad científica y a la sociedad en general. Adicionalmente autorizo el uso de los contenidos de esta investigación como bibliografía para fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, citando como fuente de información al autor de este trabajo.

Autor:

F. \_\_\_\_\_

Arroyo Espinoza Jesús Andree  
C.I.:1315586188

Dirección: Portoviejo, Calle Paulo Emilio Macias y Ricaurte

E-mail: [jarroyo6188@pucesm.edu.ec](mailto:jarroyo6188@pucesm.edu.ec)

Celular: 0990863353

### **Dedicatoria y agradecimiento.**

Todo mi proceso de aprendizaje que me ha conducido hasta este trabajo está dedicado a mi familia, a mis padres Leonardo y Rocío, mis hermanos Sebastián y Victoria y mi abuela materna Flor María. Que cada día fueron mi inspiración y sostén para seguir adelante.

Agradezco de todo corazón a Dios, que me ha permitido seguir adelante aun existiendo problemas. A mi familia que siempre me ha apoyado, a mis amigos y compañeros de carrera que me han acompañado hasta este punto y a mis mascotas que me han acompañado en las noches en vela de estudio e investigación. Agradezco a mi tutor de tesis, el Ing. José Ramón Alarcón por ser un faro de sabiduría en este proceso de aprendizaje y titulación, a mis lectores por ser parte de mi formación académica y profesional, y al Ing. Jimmy Reyes por aportar ideas y tendencias actuales en el manejo de la cosecha de agua lluvia.

Héctor Leonardo Alava Mora

Agosto 2023

### **Dedicatoria y agradecimiento.**

En este momento de culminación, quiero expresar mi agradecimiento a todas las personas que han sido parte fundamental de mi trayectoria académica y personal.

A mis queridos abuelos, Estrella y Guido por su amor incondicional, sabiduría y constante apoyo a lo largo de todos mis años con vida. Sus valores y consejos han sido un faro que me ha guiado en este camino y principalmente, la verdadera razón de mi ser a día de hoy.

A mi querida madre Andrea, fuente de inspiración, amor incondicional y por siempre darme una extensa fuente de valores y consejos que han logrado pulir mi persona hasta el punto de hoy. A mis tías y tíos por siempre brindarme el apoyo necesario para seguir adelante y a mis primos y primas, compañeros de risas y de buenos momentos que atesoraré por siempre.

A mi tutor de tesis, el Ing. José Ramon, por ser fundamental y crucial en mi carrera, y por brindarme los conocimientos necesarios para ella y al Ing. Jimmy por darnos ese último empujón importante de sabiduría en la carrera.

Y no puedo olvidar a mis leales compañeros de cuatro patas, mis dos perros, que con su cariño incondicional me han recordado la importancia de la conexión y la gratitud en cada pequeño detalle.

Este logro no hubiera sido posible sin el amor y el apoyo de cada persona descrita. Gracias por formar parte de mi vida y por compartir este emocionante desenlace conmigo.

Jesús Andreé Arroyo Espinoza

Agosto 2023

## Resumen

En esta investigación mixta se desarrolló el estudio de la precipitación en el sitio Manantiales, cantón Montecristi, para la implementación de un sistema de cosecha de agua lluvia destinado a una vivienda unifamiliar. De esta forma, en este estudio de alcance exploratorio realizado en julio de 2023, se utilizó un enfoque de síntesis y análisis de datos de precipitación de la estación M0169 Julcuy por un periodo de 20 años, para el análisis de frecuencia de lluvias a través de una distribución de Tipo I-*Gumbel*; se identificó la oferta pluvial de la zona, así como la demanda existente en una vivienda unifamiliar de tres habitantes; y se seleccionaron tres tratamientos estándares para potabilizar el agua lluvia cosechada. Los resultados de los datos de precipitación de la estación M0169 Julcuy indican que en la zona Manantiales existe una probabilidad teórica de 11.63 mm de agua lluvia para un periodo de retorno de 2 años, lo cual abre la posibilidad de captar anualmente 339.45 m<sup>3</sup> en los 40 m<sup>2</sup> de la vivienda, incluyendo pérdidas por el tipo de material del techo de captación. La demanda de agua corresponde a 109.5 m<sup>3</sup> anuales por habitante, y los métodos de potabilización de agua se resumen en cloración, filtrado de polipropileno y carbón activo. Se concluye entonces, que el sistema es óptimo debido a que tanto la precipitación como el volumen estimado satisfacen la demanda de agua requerida en el hogar, por lo que la implementación del sistema es factible.

*Palabras clave:* precipitación, cosecha, agua, lluvia, datos



### Abstrac

This mixed research paper was carried out to measure precipitation at the *Manantiales* community, in the Canton of *Montecristi*, in order to install a rainwater harvesting system in a single-family home. Thus, this exploratory research study was carried out in July 2023; it used a synthesis analysis approach of rainfall data from the *M0169 Julcuy* Station for a period of 20 years, as well as Type I-*Gumbel* distribution for rainfall analysis; the rainfall pattern of this area was identified along with the water consumption demand for a single-family home holding three residents; and three standard treatments were selected to purify collected rainwater. The findings of the precipitation data from the *M0169 Julcuy* Station reveal that there is a theoretical probability of 11.63 mm of rainfall for a return period of 2 years in *Manantiales*, which makes it possible to collect 339.45 m<sup>3</sup> per year in this 40-square-meter house, including losses due to the type of material of rooftop catchment. The demand of water corresponds to 109.5 m<sup>3</sup> each year per inhabitant, and the main methods of water purification are chlorination, polypropylene filtration and activated carbon. It is concluded that this system is optimal because both precipitation and the calculated volume satisfy water demands in this house, so that the implementation of this rainwater harvesting system is feasible.

*Keywords:* precipitation, harvest, water, rain, data

## Índice

Declaración de Originalidad.....	ii
Declaración de Originalidad.....	iii
Declaración de Derecho del Autor .....	iv
Declaración de Derecho del Autor .....	v
Dedicatoria y agradecimiento.....	vi
Dedicatoria y agradecimiento.....	vii
Resumen .....	viii
Abstrac .....	ix
Introducción. ....	13
Objetivos .....	16
Objetivo General .....	16
Objetivo Especifico .....	16
Metodología .....	17
Tipo de investigación .....	17
Características del Lugar .....	17
Ubicación Geográfica de la vivienda .....	18
Condiciones climáticas.....	18
Estudio de la precipitación .....	21
Dimensionamiento del sistema de cosecha de agua.....	25
Composición del sistema de cosecha de agua.....	28
Trazado de prototipo .....	30

Implementación del sistema.....	30
Resultados .....	31
Estudio de la precipitación .....	31
Dimensionamiento del sistema de cosecha de agua.....	32
Trazado de prototipo .....	33
Implementación del sistema.....	33
Discusión.....	34
Conclusión.....	36
Recomendaciones.....	37
Bibliografía.....	38
Anexos.....	43

## Índice de Tabla

<b>Tabla 1.</b> Localización de la estación meteorológica M0169, Julcuy. ....	18
<b>Tabla 2.</b> Precipitación máxima en 24 horas (1994-2013).....	19
<b>Tabla 3.</b> Precipitación máxima en 24 horas (1994-2013) con datos faltantes .....	20
<b>Tabla 4. Tabla de coeficientes de escorrentía.</b> .....	26
<b>Tabla 5.</b> Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excretas y residuos líquidos.....	26
<b>Tabla 6.</b> Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio (Secretaría del Agua, s.f). .....	27
<b>Tabla 7.</b> Valores de precipitación máxima en 24 horas (mm) interpolados.....	31
<b>Tabla 8.</b> Resultados de estudio de precipitación en la zona Manantiales para un periodo de 2 años.....	32
<b>Tabla 9.</b> .....	32
<b>Tabla 10.</b> Resultado de demanda de Agua.....	33
<b>Tabla 11.</b> Presupuesto de sistema de cosecha de agua.....	47

### Índice de Ilustraciones.

<b>Ilustración 1.</b> Mapa de la zona de estudio.....	17
<b>Ilustración 2.</b> Instalación de filtros purificadores de carbón activado (derecha) y polipropileno (izquierda) .....	43
Ilustración 3 .....	43
Ilustración 4. Implementación de bomba de 0,5 hp, sistema de conducción con tuberías de 3/8" y válvula de cierre de bola. ....	44
Ilustración 5. Implementación y conexión del tanque de almacenamiento de 1100 litros al sistema de conducción.....	44
Ilustración 6. Sistema de cosecha y almacenamiento de agua lluvia .....	45
Ilustración 7. Manual de operaciones de la bomba .....	46

### Índice de Ecuaciones

Ecuación 1. Interpolación lineal de Newton (1b).....	20
Ecuación 2. Media estadística. ....	22
Ecuación 3. Desviación estándar. ....	22
Ecuación 4. Ecuación para los parámetros en términos de los momentos de la muestra 1 .....	23
Ecuación 5. Moda de la distribución .....	23
Ecuación 6. Variable reducida $y_T$ del periodo de retorno. ....	24
Ecuación 7. Variable reducida en relación con $y_T$ .....	24
Ecuación 8. Modelo de probabilidad para distribución Tipo I-Gumbel.....	24
Ecuación 9. Corrección de precipitación en relación a intervalo fijo. ....	25
Ecuación 10 Ecuación de volumen de captación de agua lluvia .....	25
Ecuación 11. Demanda de agua en el Hogar .....	28

## **Introducción.**

La cosecha de agua lluvia no es una práctica reciente, esta ha sido empleada desde épocas antiguas. Los sistemas elaborados de cosecha de aguas lluvias, transporte y almacenamiento, han sido documentados desde la Edad del Bronce en la civilización minoica en Grecia, la civilización del Valle del Indo, los mayas en Centroamérica o posteriormente los Incas en Perú. Muchas partes del mundo enfrentan la escasez de agua.

Entre estos, muchas islas, por sus pequeñas áreas de captación y reducción estacional de la precipitación. Para ellos, las aguas lluvias siempre han sido un recurso valioso (Global Water Partnership Organization, 2016). Para aprovechar bien el agua de lluvia en la agricultura, es indispensable estimar el potencial de cosecha de lluvia considerando el área a captar y el espacio disponible. Rahman (2017) menciona que desarrollar modelos y metodologías para implementar la cosecha es cada día más relevante.

Todo lo anterior determina que el tema del agua y su manejo adecuado y eficiente, sea una prioridad para la población rural, principalmente en aquellas situaciones donde las lluvias no son suficientes para cubrir las necesidades requeridas de forma continuada. Dile et al (2016) explican que los sistemas de cosecha de agua pueden aumentar la resiliencia y provocar la intensificación de la producción sostenible.

De esta manera, las técnicas enfocadas en la cosecha de agua crean alternativas que permiten a los productores, incluidos los países en vía de desarrollo que luchan por adaptarse al cambio climático (Howden et al, 2007). Tomando en consideración que en Ecuador se aprovecha muy poco el potencial de captación de agua lluvia, la cosecha de agua es una gran propuesta a investigar, desarrollar e implementar, a nivel agrícola, familiar e incluso cotidiano, para contribuir a satisfacer las necesidades humanas, productivas y ecosistémicas.

La implementación de cosecha de agua como una práctica efectiva de un buen manejo de los recursos naturales parte desde un principio de desarrollo en las propias capacidades y potencialidades de los actores locales. Con un sistema adecuado de cosecha de agua, en épocas de sequía, los agricultores, disponen de agua para cultivos, animales, quehaceres domésticos y en general, vida cotidiana.

Si el agua no es captada y tampoco es aprovechada inmediatamente o almacenada para uso posterior, fluye hacia fuera de la zona de interés y alcance del agricultor y su familia ¿y pasa a otras fases y componentes del ciclo hidrológico. Así, se pueden optimizar los recursos hídricos de la zona y una mejor productividad en el cultivo (Vargas-Pineda, Trujillo-González, & González-García, 2018).

Existen diferentes técnicas para la cosecha de agua, que resultan sencillas pero eficaces al implementarlas para captar y consumo humano. El Gobierno de México (2016) explica que las técnicas más usadas en esta práctica son la micro captación, macro captación, derivación de manantiales y cursos de agua, cosecha de agua de techos de viviendas y otras estructuras impermeables, captación de aguas subterráneas y freáticas, y por último captación de aguas atmosféricas.

La micro captación consiste en captar la escorrentía del agua lluvia generada dentro de un espacio o terreno propio, con el objetivo de infiltrarla y utilizarla para consumo humano. Mongil Manso & Martínez de Azagra Paredes (2007) en su obra "*Técnicas de recolección de agua y de oasisificación para el desarrollo de la agricultura y la restauración forestal en regiones desfavorecidas*" realizan un repaso sobre los antecedentes históricos que involucra la cosecha de agua, exponiendo avances tecnológicos dentro de este campo como el modelo hidrológico de Modificación De Precipitaciones (MODIPÉ); utilizado para el diseño de repoblaciones forestales en Zonas secas y cosechas de agua.

Las técnicas para la cosecha de agua buscan aprovechar las fuentes hídricas del medio ambiente, principalmente en zonas donde la captación de este recurso no se puede realizar de manera tradicional, resultado en la creación e innovación de nuevos y diversos métodos. La cantidad de agua que se puede captar a través de estos sistemas dependerá del modelo de cosecha de agua utilizado, siendo los más comunes, la captación de agua lluvia.

Entre los factores que dependen la cantidad cosecha se encuentran la intensidad de la lluvia, la duración, el área de captación, el grado (en porcentaje de la pendiente), el tipo de suelo, las condiciones de vegetación, entre otros factores (Agencia de Cooperación Internacional del Japón, 2015). Es conocido que en las zonas montañosas las principales fuentes de abastecimiento provienen de la precipitación, aunque estas solo se presentan durante un periodo del año.

Bolivia, donde desde hace más de una década se han construido reservorios de 100 a 600 m<sup>3</sup> (Gobierno Regional de Cajamarca., 2011). Así, la zona montañosa es un sector apto para la cosecha de agua con precipitaciones. Así es nace la necesidad de generar un estudio que permita el aprovechamiento de la precipitación en la zona propuesta de estudio.

En Ecuador, la cosecha de agua se realizó durante muchas generaciones de manera empírica, para aprovechar el agua de las precipitaciones. Estas prácticas son bastante comunes en las localidades rurales del país, en donde no existe un acceso a servicios básicos estables como el agua potable (Vázquez, J, 2023). Actualmente dentro del Ecuador, no existe un mercado que se haya enfocado en la tecnificación de estos sistemas de aprovechamiento de agua lluvia en vivienda ubicadas en la ruralidad.



## **Objetivos**

### **Objetivo General**

- Estudiar la precipitación con el fin de implementar un sistema de cosecha de agua lluvia para vivienda unifamiliar en el sitio Manantiales, cantón Montecristi.

### **Objetivo Especifico**

- Identificar la cantidad de agua posible que pudiese ser recolectada mediante el sistema de cosecha de agua lluvia en la vivienda unifamiliar, aplicando metodologías para cálculos de precipitaciones en la zona, considerando la superficie de recolección de agua, la intensidad de las lluvias y registros históricos.
- Estimar el volumen de agua necesario para el consumo diario de la vivienda unifamiliar y compararlo con el que puede recolectarse mediante el sistema de cosecha de agua de lluvia.
- Determinar prototipo de vivienda en la cual se va a aplicar el diseño del sistema de cosecha de agua de lluvia en la vivienda unifamiliar.

## Metodología

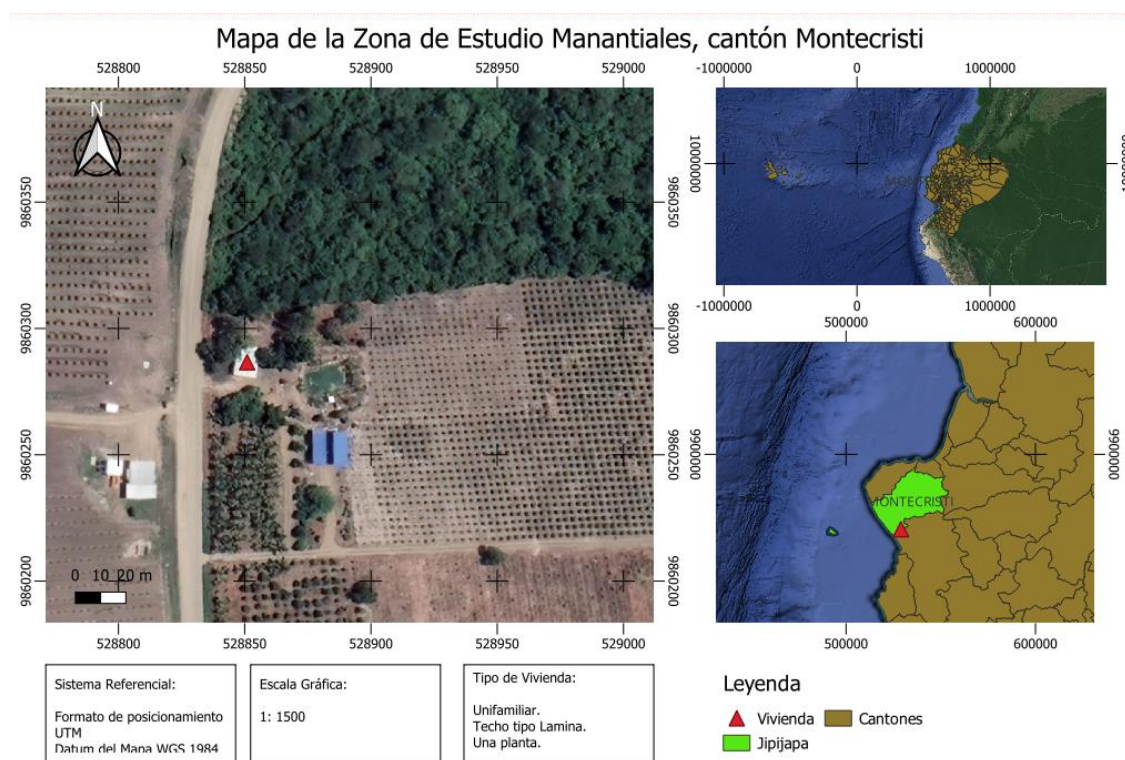
### Tipo de investigación

La investigación fue desarrollada siguiendo metodología cuantitativas y cualitativas de síntesis y análisis de datos. Se aplicó como punto de partida conocimientos base aceptados.

### Características del Lugar

El desarrollo del estudio se ubicó en el sitio Manantiales, cantón Montecristi, provincia de Manabí, con un área ubicada en la granja de producción frutícola “Manantiales Fruits”. El tipo de vivienda corresponde a un modelo vivienda tipo unifamiliar con un área de 40m<sup>2</sup> de construcción y techo tipo lamina.

*Ilustración 1. Mapa de la zona de estudio.*



Fuente: Elaboración propia.

## Ubicación Geográfica de la vivienda

Datum: WGS 1984 UTM 17 SUR.

Coordenada X: 528850

Coordenada Y: 9860287

## Condiciones climáticas

“Según la Universidad de Murcia (s.f.), las condiciones climáticas se ven condicionadas, en ciertos lugares determinados por ciertos factores, que dan lugar a lo que se designa como condiciones de micro climática, la cuales en bastantes casos generan lo que se conoce como microambientes específicos. El Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (2015), menciona que el rasgo climático más importante que caracteriza un lugar o zona es el régimen pluviométrico, debido a muchos actores que influyen en el ámbito meteorológico, hidrológico y de ingeniería civil.”

Concordancia con estos conceptos, se concluye que el procesamiento de datos de precipitación es importante en la generación del estudio de precipitación para implementar un sistema de cosecha de agua lluvia.

*Tabla 1. Localización de la estación meteorológica M0169, Julcuy.*

Código	Nombre	Coordenada	Coordenada
		X (m)	Y (m)
M0169	Julcuy.	540911,18	9836411,78

Fuente: INAMHI,2023

Para obtener la cantidad de agua a recolectar en la zona, se busca utilizar las mediciones anuales de precipitaciones máximas en 24 horas durante 20 años.



<b>MA</b>	552,	758,		178,								29,	
<b>X</b>	0	0	196,0	0	52,0	49,0	10,2	20,0	9,8	28,2	51,0	8	758,0

Fuente: INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología), 2023

Para rellenar los datos en blanco, en los cuales no hay estudios anteriores, se utilizó interpolación lineal de Newton, por medio de la ecuación (1b). Para las variables  $X_0$ ;  $X_1$  y  $Y_0$ ;  $Y_1$  Se emplearon valores máximos y mínimos mensuales de cada año, y para la variable X, se utilizó el promedio de las variables  $X_0$  y  $X_1$  (Universidad Nacional Autónoma de México, 2020).

*Ecuación 1. Interpolación lineal de Newton (1b).*

$$y_x = y_0 + \frac{x-x_0}{x_1-x_0} * (y_1 - y_0)$$

*Tabla 3. Precipitación máxima en 24 horas (1994-2013) con datos faltantes*

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1994	39,20	<b>58,00</b>	51,50	15,20	52,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	29,80	58,0
1995	<b>35,90</b>	22,00	6,20	13,50	16,00	0,00	6,80	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	35,9
<b>1996</b>	<b>65,00</b>	43,55	36,20	6,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	65,0
1997	32,50	31,00	32,60	25,50	9,00	49,00	10,20	5,00	9,80	28,20	<b>51,00</b>	14,9	51,0
1998	552,0	<b>758,0</b>	196,0	178,0	40,0	16,8	6,8	3,5	0,6	0,0	0,0	3,2	758,0
1999	13,20	<b>55,00</b>	47,00	51,30	5,80	2,20	1,80	2,70	1,80	0,00	2,90	3,00	55,0
2000	4,20	<b>41,50</b>	27,70	29,70	8,00	1,80	0,00	1,00	0,00	0,00	0,20	7,20	41,5
2001	21,90	64,40	<b>67,90</b>	22,00	6,10	0,00	0,80	0,00	0,00	0,00	0,90	3,50	67,9
2002	31,50	53,60	<b>61,60</b>	24,40	7,00	0,00	4,50	0,00	0,00	0,00	5,10	18,20	61,6
2003	21,80	<b>82,70</b>	9,80	32,80	11,80	1,20	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00	6,20	82,7
2004	16,90	<b>43,60</b>	8,60	6,80	5,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	43,6
2005	3,50	26,40	22,80	<b>45,30</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	45,3

2006	<b>155,00</b>	43,55	36,20	4,20	3,90	0,00	0,00	1,80	5,90	0,00	0,00	7,50	155,0
2007	15,60	7,10	53,80	<b>68,40</b>	9,80	1,90	0,00	0,00	4,9	0,00	0,00	2,00	68,4
<b>2008</b>	24,00	43,55	<b>32,80</b>	8,20	7,80	2,20	0,00	0,00	0,00	2,60	0,00	0,00	43,6
<b>2009</b>	79,25	<b>21,70</b>	36,2	7,20	5,10	0,60	1,20	0,00	0,00	0,00	0,00	1,20	79,3
2010	19,00	32,50	<b>37,40</b>	8,90	8,00	0,00	1,00	20,00	1,60	0,00	1,90	7,50	37,4
2011	24,20	<b>34,20</b>	20,50	32,20	0,00	24,5	5,1	0,00	4,80	0,00	0,00	10,70	34,2
2012	<b>20,00</b>	6,10	4,50	10,50	1,30	7,50	0,00	0,30	0,00	0,00	25,5	12,20	25,5
<b>2013</b>	12,20	4,40	<b>29,80</b>	21,60	6,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14,9	29,8
<b>MAX</b>	552,0	758,0	196,0	178,0	52,0	49,0	10,2	20,0	9,8	28,2	51,0	29,8	758,0

Fuente: Elaboración Propia.

## Estudio de la precipitación

### *Métodos empleados*

#### **Lluvias Máximas.**

Se define como precipitación máxima en 24 horas al valor más elevado en un día de un año. Las lluvias máximas horarias normalmente se ajustan satisfactoriamente a la distribución de valores extremo tipo Gumbel, al tipo Log-Pearson tipo III y a la Gamma (Chow et al, 1994). A continuación, se describen brevemente cada tipo de distribución.

La distribución tipo Gumbel utiliza los datos de precipitación máxima en intensidad de precipitación máxima, se calcula la media y la desviación estándar de las intensidades para cada muestra (Ramírez et al, 2006).

La distribución tipo log-Pearson tipo III es una de las distribuciones más utilizadas para los análisis de frecuencia hidrológica. En su aplicación para diferentes duraciones, a cada valor de intensidad de precipitación se les determina el algoritmo y la muestra determinada por la media, la desviación estándar y el coeficiente de asimetría. Para el valor  $K$ , dependiente del valor del periodo de retorno se seleccionan valores explicados por autores (Ramírez et al, 2006).

En esta investigación se utilizaron datos de precipitaciones máximas de una estación cercana a la zona de estudio, para su posterior análisis mediante las fórmulas descritas por Chúa (2017) y a la distribución de valores tipo I o Gumbel.

### **Media estadística**

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

*Ecuación 2. Media estadística.*

$\bar{x}$ = Media estadística.

$\sum x_i$ = Conjunto de observaciones.

$n$ =Número de observaciones.

### **Desviación estándar**

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} =$$

*Ecuación 3. Desviación estándar.*

$S$ = Desviación estándar

$X_i$ = Observación número  $i$  de la variable  $x$ .

$\bar{x}$ =Media estadística.

**Ecuaciones para los parámetros en términos de los momentos de la muestra.**

*Ecuación 4. Ecuación para los parámetros en términos de los momentos de la muestra 1*

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * S =$$

$\alpha$  = Ecuación para los parámetros en términos de los momentos de la muestra 1

$S$  = Desviación estándar

$\pi$  = Variable Pi.

**Moda de la distribución**

$$u = \bar{x} - 0.5772 * \alpha =$$

*Ecuación 5. Moda de la distribución*

$u$  = Moda de la distribución.

$\alpha$  = Ecuación para los parámetros en términos de los momentos de la muestra 1

$\bar{x}$  = Media estadística.

**Cálculo de disponibilidad teórica disponible**



Con base en valores obtenidos, se calcularon las láminas de precipitación para un periodo de retorno de 2 años. Se utilizaron las siguientes ecuaciones descritas por Chow et al (1994):

### **Variable reducida**

*Ecuación 6. Variable reducida  $y_T$  del periodo de retorno.*

$$y_T = -\ln \left[ \ln \left( \frac{T}{T-1} \right) \right]$$

$y_T$  = Variable reducida del periodo de retorno

$T$  = Periodo de retorno

### **Variable reducida en relación con $Y_t$**

*Ecuación 7. Variable reducida en relación con  $y_T$*

$$x_T = u + \alpha y_T$$

$x_T$  = Variable reducida en relación con  $y_T$ , precipitación en mm.

$u$  = Media de la distribución en mm.

$\alpha$  = Ecuación para los parámetros en términos de los momentos de la muestra 1

$y_T$  = Variable reducida del periodo de retorno

### **Probabilidad de ocurrencia.**

*Ecuación 8. Modelo de probabilidad para distribución Tipo I-Gumbel*

$$F(x) = \exp\left[-\exp\left(-\frac{x-u}{\alpha}\right)\right]$$

$X$ = Variable  $xT$  reducida en relación con  $yT$ , *precipitación en mm*

$u$ = Media de la distribución en mm.

$\alpha$ = *Ecuación para los parámetros en términos de los momentos de la muestra 1*

### **Precipitación corregida**

Según Weiss (1964), es necesario aplicar un factor correctivo del 14 % al cálculo de las lluvias máximas anuales. Esto para aproximar los resultados a lluvias máximas verdaderas. Por esta razón se ha optado por usar el valor representativo de 1.14 para ajustar el intervalo fijo de observación.

*Ecuación 9. Corrección de precipitación en relación a intervalo fijo.*

$$xT \text{ corregido} = xT * 1.14$$

$xT$ = Variable reducida en relación con  $yT$ , *precipitación en mm.*

### **Dimensionamiento del sistema de cosecha de agua**

#### ***Cálculo de volumen de captación a anual teórica***

Para el cálculo del volumen de captación teórica, se procedió a utilizar la fórmula citada por Medina & Vento (2022), elaborada por Lasprilla et al (2021) para Ruvival (2021).

Para los valores de esta fórmula, se necesitó el valor de la lámina anual de caída calculada anteriormente. Dentro de esta fórmula se relaciona el área tributaria, el coeficiente de escorrentía correspondiente a la materia del techo y la precipitación.

*Ecuación 10. Ecuación de volumen de captación de agua lluvia*

$$V = A * C * P$$

$V$ =Volumen de captación de agua lluvia (m<sup>3</sup>/año)

$A$ =Área tributaria (m<sup>2</sup>)

$C^*$ = Coeficiente de escorrentía en techos (adimensional)

$P$ =Precipitación (mm/año)

**Tabla 4. Tabla de coeficientes de escorrentía.**

Característica de la superficie	Periodo de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
<b>Áreas desarrolladas</b>							
Asfáltico	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto/techo	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
Zonas verdes (jardines, parques, etc.)							

Fuente: Hidrología Aplicada (Chow et al, 1994)

\*El coeficiente de escorrentía fue seleccionado según lo descrito por Chow et al (1994) en el libro “Hidrología Aplicada”. En la misma obra se explica que el coeficiente de escorrentía depende de las características y las condiciones de la superficie.

### ***Demanda de agua.***

El cálculo de la demanda de agua dentro de la vivienda se ejecutó siguiendo valores indicados por la Norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural.

**Tabla 5. Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excretas y residuos líquidos.**

Nivel	Sistema	Descripción
0	AP (Agua Potable) EE	Sistemas individuales. Diseñar de acuerdo a las disponibilidades técnicas, usos previstos del agua, preferencias y capacidad económica del usuario
la	AP EE	Grifos públicos Letrinas sin arrastre de agua
lb	AP EE	Grifos públicos más unidades de agua para lavado de ropa y baño Letrinas sin arrastre de agua
lla	AP EE	Conexiones domiciliarias, con un grifo por casa Letrinas con o sin arrastre de agua
llb	AP ERL	Conexiones domiciliarias, con más de un grifo por casa Sistema de alcantarillado sanitario

Simbología utilizada:

AP: Agua potable

EE: Eliminación de excretas

ERL: Eliminación de residuos líquidos

Fuente: (Secretaría del Agua, s.f.).

**Tabla 6.** Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio (Secretaría del Agua, s.f.).

Nivel de servicio	Clima Frio (l/hab*día)	Clima cálido (l/hab*día)
la	25	30
lb	50	65
lla	60	85
llb	75	100

Fuente: (Secretaría del Agua, s.f.).

La ecuación para el cálculo de la demanda de agua se formuló de en base a la cantidad de personas que habitan la vivienda en el caso de estudio. Se describe la ecuación a continuación:

### ***Ecuación 11.***

*Demanda de agua en el Hogar*

$$Dem = Dphab * 365 * Nhab$$

Dem: Demanda de agua en la vivienda.

Dphab: Demanda por habitante.

365: Días del año

Nhab: Número de habitantes.

### **Composición del sistema de cosecha de agua.**

#### ***Selección de depósito.***

Se utilizó una cisterna tipo botella de PVC con capacidad de 1100 litros para optimizar costos en el diseño y, además, más eficiente.

#### ***Método de tratamiento de agua***

Para la potabilización del agua se optó por escoger métodos tradicionales para cumplir con los estándares de calidad de consumo. Para esto se realizó revisión de literatura y se seleccionaron los siguientes métodos de tratamiento:

- Purificación con filtro de propileno: El polipropileno es un termoplástico obtenido a través de un proceso de polimerización del propileno y puede ser modificado para diferentes usos a través de distintas técnicas de aditivación. Para implementar filtros compuestos con materiales filtrantes como polipropileno o tapas de botellas plásticas hay que considerar las propiedades físicas y químicas del agua, enfatizando los materiales y cuerpos extraños que puedan estar presentes y la demanda bioquímica de oxígeno (Manzanares Palacios, F. C., & Ricaldi Arias, A. F., 2017). El sistema de filtración propuesto, utilizando principalmente materiales sintéticos, es eficiente en la remoción de materia orgánica del agua, pero se debe llevar un monitoreo constante del sistema, de su capacidad de filtración, del afluente y efluente del agua, para monitorear la remoción y tiempo que el sistema puede sobrellevar.
- Purificación con filtro de carbón activado: La implementación de equipos de filtración lenta con carbón activado está orientado a la purificación de agua, para uso y consumo humano, siendo en gran parte una medida accesible para potabilizar el agua en zonas o familias de escasos recursos, siendo así, una tecnología económica y socialmente aceptada (Meléndez Vargas, 2020). Meléndez Vargas (2020) menciona que para ello se necesita la evaluación del sistema, conocer sus características y, sobre todo, para que tipo de uso está ambientado. Otro parámetro importante a tomar en cuenta es la evaluación de los parámetros físicos y químicos del agua, antes de la implementación del sistema, para un óptimo diseño y rendimiento del mismo.
- Cloración del agua: Se debe considerar que la implementación del sistema de filtración y purificación de agua está conformada por distintas etapas entre las que se incluyen primeramente la cloración, realizada por pastillas o material líquido del mismo, la captación, control del nivel de agua, conducción y finalmente filtrado (Villota Herrera, 2021). Después de esta etapa, Villota Herrera (2021) menciona que la

calidad del agua se encuentra en un punto óptimo para uso humano, tomando en cuenta que siempre debe estar presente un control del nivel del agua y de todas las variables utilizadas para la purificación del agua.

### ***Selección de bomba.***

Se selecciona la bomba en concordancia a las especificaciones de los filtros escogidos para el prototipo,

### **Trazado de prototipo**

Se generó el prototipo utilizando la herramienta de dibujo técnico AutoCAD, en él se propone el modelo a utilizar para el tipo de vivienda seleccionado. Este prototipo se piensa para adaptarlo en cualquier edificio con similitudes a la estudiada.

### **Implementación del sistema.**

Se realizó la implementación del sistema en la vivienda escogida, siguiendo las indicaciones del plano de prototipo realizado en AutoCAD.

## Resultados

### Estudio de la precipitación

#### *Métodos empleados*

#### **Completación de datos faltantes.**

Haciendo uso de la interpolación polinómica lineal establecida por Newton, se logró completar los datos faltantes en las precipitaciones máximas en 24 horas (mm). Dentro de la tabla 7 se describen los datos hallados.

*Tabla 7. Valores de precipitación máxima en 24 horas (mm) interpolados*

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1996		43,55										
1997												14,9
2006		43,55										
2007									4,9			
2008		43,55										
2009	79,25		36,2									
2011						24,5	5,1					
2012											25,5	
2013												14,9

#### **Lluvias Máximas.**

Se obtuvieron los valores correspondientes a la media estadística, desviación estándar, media de la distribución, parámetros correspondientes a momentos de la muestra y la lámina de precipitación teórica en la zona. Se tomó en consideración un periodo de retorno de 2 años



para el cálculo del estudio de precipitaciones. En la tabla 8 se expresan los resultados encontrados.

**Tabla 8.** Resultados de estudio de precipitación en la zona Manantiales para un periodo de 2 años

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Resultado</b>
Media estadística ( $\bar{x}$ )	mm	37,9
Desviación estándar ( $S$ )	mm	168,64
$\alpha$	mm	131,46
Media de la distribución ( $u$ )	mm	-37,99
Variable reducida del periodo de retorno		0,3665
Variable reducida en relación a $yT$ ( $xT$ , precipitación)	mm	10,1975
Probabilidad de ocurrencia ( $F(x)$ )	Probabilidad	0,5
Precipitación corregida ( $xT$ corregida)	mm	11,6251

#### **Dimensionamiento del sistema de cosecha de agua**

##### **Volumen de captación anual teórica**

Los valores resultantes en concordancia a la superficie de captación, el material del techo y la cantidad en de precipitación anual se expresan en la tabla 9.

**Tabla 9.**

*Resultado de volumen de captación anual teórica*

<b>Área tributaria</b>	<b>Coefficiente de escorrentía</b>	<b>Precipitación</b>	<b>Volumen de captación</b>
(m <sup>2</sup> )	(Adimensional)	(mm/año)	(m <sup>3</sup> /año)
40	0,73	11,63	339,45
Para TR = 2 años			

##### **Demanda de agua.**

Se contemplan 3 habitantes dentro de la vivienda estudiada, los datos reflejados en la tabla 10 corresponden a los resultados basados en normas de abastecimiento rural descrito por la secretaria del Agua.

*Tabla 10. Resultado de demanda de Agua*

<b>Dotación por habitante</b>	<b>Consumo anual</b>	<b>N° Habitantes</b>	<b>Total</b>	
l/hab/día	l/hab/año	cantidad	Litros	m3
100	36500	3	109500	109,5

**Composición del sistema de cosecha de agua.**

Se considero que los elementos del sistema de cosecha de agua, enfocado en una vivienda unifamiliar rural, sean optimizados en una relación costo-calidad-eficiencia. En base a esto se optó por las siguientes opciones:

- Deposito: Tanque tipo botella de PVC con capacidad de 1300 litros.
- Sistema de tratamiento del agua: Filtros de polipropileno y carbón activado. Cloración del agua.
- Sistema de bombeo: Se seleccionó una bomba de 0.5 hp basado en las características de los filtros.
- Canaleta: Se utilizó tuberías de PVC con un diámetro de 4 pulgadas.

**Trazado de prototipo**

Se realizo un prototipo estándar para este tipo de viviendas. El material se encuentra adjunto en la sección de anexos (ilustración)

**Implementación del sistema.**

Revisar anexo (ilustración)

## Discusión

Según los resultados obtenidos, se pueden definir variables relacionadas a la implementación, funcionamiento del sistema propuesto y factibilidad, así como variables que tuvieron un papel fundamental en la investigación y en los resultados finales de esta.

En contraste con las técnicas de captación de agua más utilizadas, mencionadas por el Gobierno de México (2016), se consiguió el camino más eficiente en la implementación del sistema de cosecha de agua en techos de viviendas, sobre todo, a la hora de generar el estudio y análisis de todas las variables climatológicas y físicas en la zona de estudio.

Con ello, se consiguió ejecutar el proyecto de forma eficiente, con el objetivo que se planteó desde el inicio. A la hora de realizar el estudio se consiguió una correcta interpretación de los datos de precipitación de la estación meteorológica M169 Julcuy, cercana a la zona de estudio, datos utilizados en las fórmulas descritas por Chúa (2017) y en la distribución de valores tipo I y Gumbel.

Con estos parámetros, se consigue interpretar que el sistema es viable en la zona, por lo que se realizó el cálculo de volumen de captación anual teórico, utilizando la fórmula citada por Medina & Vento (2022), elaborada por Lasprilla et al (2021) y los coeficientes de escorrentía descritos por Chow et al (1994). Con el volumen teórico calculado, se define la demanda de agua para un correcto abastecimiento del sistema a la vivienda, para ello se utilizaron valores indicados en la Norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural, con la que se definieron los datos que se necesitan para formular la expresión para el cálculo de demanda de agua en el hogar.

Teniendo en cuenta estos resultados, se optó por elegir métodos convencionales para cumplir con los estándares en la calidad de uso y consumo de agua, para lo cual se utilizaron métodos de cloración, purificación con filtro de polipropileno y carbón activado

Así, se procedió a la zona de estudio para implementar el sistema descrito antes, con los datos propuestos y la viabilidad medida. El seguimiento en los pasos de desarrollo de la investigación contrastados con la información bibliográfica recopilada ha sido vital para obtener los resultados esperados, que tuvieron relación con los obtenidos.

## Conclusión

Según el estudio de precipitación en la Zona Manantiales, el volumen de captación posible en zona es de 11.52 mm, así se puede almacenar 339.45 m<sup>3</sup> al año en una superficie de captación de 40 m<sup>2</sup>.

Esto es en relación al coeficiente de escorrentía correspondiente al techo tipo lamina de 0.73 proyectado a un periodo de retorno de 2 años.

La demanda de agua correspondiente a los 3 habitantes de la vivienda es de 109.5 m<sup>3</sup> al año. En base a esto se planteó si es posible satisfacer esta demanda con la oferta de precipitación de la zona.

Para el sistema de cosecha de agua se planteó utilizar un modelo compuesto por filtros de propileno y carbón activado, bomba de agua de 0.5 HP, y un tanque tipo botella con capacidad de 1100 litros. Dentro de los anexos se puede encontrar el diseño del sistema aplicado a la vivienda unifamiliar, así como evidencia de su aplicación en campo.

De esta forma los resultados obtenidos dentro del análisis de precipitación han logrado satisfacer la demanda de agua planteada para una familia de 3 integrantes en la zona rural de Manantiales.

### **Recomendaciones**

Se sugiere estandarizar el modelo en concordancia con diferentes tipos de vivienda, y se recomienda generar presupuestos enfocados en la máxima eficiencia-precio-calidad. En el análisis de precipitación se recomienda poseer varias fuentes de datos para generar la menor cantidad de incertidumbre en los resultados. Además, se enfatiza en realizar un seguimiento de estudio al sistema elaborado con el fin de conseguir información actualizada de la zona.

Otra recomendación importante es la elaboración del estudio utilizando otras metodologías cuando exista la disponibilidad de datos históricos completos. Entre los métodos de estudio recomendado se encuentra el estudio de la precipitación promedio mediante método de distribución normal y uso de campana de Gauss, o el estudio de intensidad de lluvia por método logarítmico.

## Bibliografía

- Agencia de Cooperación Internacional del Japón. (2015, marzo). *Guía Técnica para cosechar el agua de lluvia*. Jica.go.jp.  
[https://www.jica.go.jp/project/ecuador/001/materials/ku57pq000011cym2-att/water\\_harvest\\_sp.pdf](https://www.jica.go.jp/project/ecuador/001/materials/ku57pq000011cym2-att/water_harvest_sp.pdf)
- Campos Aranda, D. F. (2016). *Modelo probabilístico simple para análisis de frecuencias en registros hidrológicos extremos con tendencia*. www.scielo.org.mx.  
[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-24222016000300171](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222016000300171)
- Chow, Te, V., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1994). *Hidrología aplicada*. McGRAW-HILL INTERAMERICANA, S.A.
- Chúa, A. A. (2017). *DESARROLLO Y CALIBRACIÓN DE UN SISTEMA INFORMÁTICO PARA EL ANÁLISIS DE TORMENTAS, MÁXIMAS AVENIDAS Y GENERACIÓN DE LLUVIA ESCORRENTÍA* [UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA].  
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/2947/P40-C28-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Dile, Y. T., Karlberg, L., Daggupati, P., Srinivasan, R., Wiberg, D., & Rockström, J. (2016). Assessing the implications of water harvesting intensification on upstream-downstream ecosystem services: A case study in the Lake Tana basin. *The Science of the Total Environment*, 542(Pt A), 22–35.  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.10.065>

- Global Water Partnership Organization. (2016, abril 8). *Cosecha de agua lluvia: sustento para la vida*. Gwp.org. [https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cam\\_files/ea\\_cosecha-aguas-lluvias\\_fin.pdf](https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cam_files/ea_cosecha-aguas-lluvias_fin.pdf)
- Gobierno de México. (2016, invierno 6). *Técnicas de cosecha de agua*. gob.mx. <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/tecnicas-de-cosecha-de-agua>
- Gobierno Regional de Cajamarca. (2011). *Sistemas de riego predial regulados por micro reservorios*. Giacomotti Comunicación Gráfica SAC. [https://issuu.com/luismedina404/docs/manual\\_tecnico\\_para\\_cosecha\\_de\\_ag](https://issuu.com/luismedina404/docs/manual_tecnico_para_cosecha_de_ag)
- Howden, S. M., Soussana, J.-F., Tubiello, F. N., Chhetri, N., Dunlop, M., & Meinke, H. (2007). Adapting agriculture to climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104(50), 19691–19696. <https://doi.org/10.1073/pnas.0701890104>
- INAMHI. (2015). *DETERMINACIÓN DE ECUACIONES PARA EL CÁLCULO DE INTENSIDADES MÁXIMAS DE PRECIPITACIÓN*. [https://www.inamhi.gob.ec/Publicaciones/Hidrologia/ESTUDIO\\_DE\\_INTENSIDAD ES\\_V\\_FINAL.pdf](https://www.inamhi.gob.ec/Publicaciones/Hidrologia/ESTUDIO_DE_INTENSIDAD_ES_V_FINAL.pdf)
- Lasprilla Pina, C., Riabchynskyi, M., Birhanu Kassaye, R., & Schaldach, R. (2021). *Calculadora de Recolección de Agua de Lluvia*. <https://www.ruvival.de>. <https://www.ruvival.de/es/calculadora-recoleccion-de-agua-de-lluvia/>
- Manzanares Palacios, F. C., & Ricaldi Arias, A. F. (2017). *REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE AGUA RESIDUAL SINTÉTICA CON FILTROS AEROBIOS EN MEDIO SINTÉTICO RECICLABLE A ESCALA PILOTO* [UNIVERSIDAD



NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ].

<https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/3778/Manzanares%20Palacios.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Medina Correa, E., & Vento Carvabella, J. C. (Eds.). (2022). *La cosecha de agua de lluvia como respuesta a las problemáticas de disponibilidad de agua* (Vol. 12). ECOVIDA.

Meléndez Vargas, W. (2020). *Diseño y evaluación de un filtro lento de arena con carbón activado en la purificación del agua para consumo humano en el distrito de Longar* [Universidad César Vallejo].

[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/70111/Mel%c3%a9ndez\\_VW-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/70111/Mel%c3%a9ndez_VW-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Mongil Manso, J., & Martínez, A. de A. P. (2007). TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE AGUA Y DE OASIFICACIÓN PARA EL DESARROLLO DE LA AGRICULTURA Y LA RESTAURACIÓN FORESTAL EN REGIONES DESFAVORECIDAS. *Cuadernos Geográficos*, 40, 67–80.

<https://www.redalyc.org/pdf/171/17104004.pdf>

Rahman, A. (2017). Recent advances in modelling and implementation of rainwater harvesting systems towards sustainable development. *Water*, 9(12), 959.

<https://doi.org/10.3390/w9120959>

Ruvival. (2021 12). *Calculadora de Recolección de Agua de Lluvia*. RUVIVAL.

<https://www.ruvival.de/es/calculadora-recoleccion-de-agua-de-lluvia/>

Secretaría del Agua. (s. f.). *NORMA DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DISPOSICIÓN DE EXCRETAS Y RESIDUOS LÍQUIDOS EN EL ÁREA RURAL.*

Universidad de Murcia. (s. f.). <https://www.um.es/geograf/clima/tema01.html>. Www.um.es.

Recuperado 22 de julio de 2023, de <https://www.um.es/geograf/clima/tema01.html>

Universidad Nacional Autónoma de México. (2020). *Interpolación*. Unam.mx.

<https://www.aragon.unam.mx/fes->

[aragon/public\\_html/documents/oferta\\_academica/ingenieria/interpolacion-temario.pdf](https://www.aragon.unam.mx/fes-aragon/public_html/documents/oferta_academica/ingenieria/interpolacion-temario.pdf)

Vargas Pineda, O. I., González García, N., & Trujillo González, J. M. (Eds.). (2018). *Análisis de un sistema de cosecha de agua lluvia a pequeña escala con finalidad* (Vol. 46).

Luna Azul. <https://doi.org/10.17151/luaz.2018.46.3>

Vázquez, J. (2023, septiembre 2). Siembra y cosecha de agua.

<https://culturacientifica.utpl.edu.ec/>. <https://culturacientifica.utpl.edu.ec/paramos-donde-nace-la-vida-siembra-y-cosecha-de-agua/>

Villota Herrera, C. A., Camilo Andrés, C. A., Cuaran Guaranguay, D. N., Gómez Meneses, F.

C., & Fabio Camilo, F. C. (2021). *Prototipo automatizado de captación y tratamiento de agua lluvia para consumo y limpieza por filtración, cloración y radiación*

*ultravioleta en San Juan de Pasto*. Researchgate.net.

<https://www.researchgate.net/profile/Natalia-Gallego->

[Eraso/publication/355010771\\_Entrelazando\\_formacion\\_experiencias\\_escenarios\\_y\\_pr](https://www.researchgate.net/publication/355010771_Entrelazando_formacion_experiencias_escenarios_y_pr)

[ocesos\\_vivenciales\\_de\\_investigacion\\_e\\_innovacion/links/6166300a8ad119749b0e1e1](https://www.researchgate.net/publication/355010771_Entrelazando_formacion_experiencias_escenarios_y_pr)

[e/Entrelazando-formacion-experiencias-escenarios-y-procesos-vivenciales-de-](https://www.researchgate.net/publication/355010771_Entrelazando_formacion_experiencias_escenarios_y_pr)

[investigacion-e-innovacion.pdf#page=136](https://www.researchgate.net/publication/355010771_Entrelazando_formacion_experiencias_escenarios_y_pr)

Weiss, L. L. (1964). Ratio of true to fixed-interval maximum rainfall. *Journal of the Hydraulics Division*, 90(1), 77–82. <https://doi.org/10.1061/jyceaj.0001008>

## Anexos

*Ilustración 2. Instalación de filtros purificadores de carbón activado (derecha) y polipropileno (izquierda)*



*Ilustración 3*

*Ilustración 3. Instalación de canaleta de 4" en el techo de la vivienda*



*Ilustración 4. Implementación de bomba de 0,5 hp, sistema de conducción con tuberías de 3/8" y válvula de cierre de bola.*



*Ilustración 5. Implementación y conexión del tanque de almacenamiento de 1100 litros al sistema de conducción.*



*Ilustración 6. Sistema de cosecha y almacenamiento de agua lluvia*



Ilustración 7. Manual de operaciones de la bomba

## IDB|QB|DB|LQ|KF SERIES ELECTRIC WATER PUMP OPERATION MANUAL

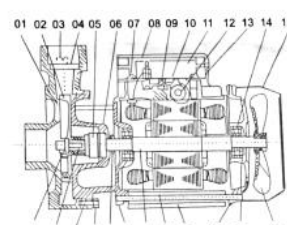
READ OVER THIS OPERATION MANUAL BEFORE THE FIRST OPERATION OF YOUR PUMP FOR THE SAKE OF ITS OPTIMUM EFFICIENCY

### 1. PRECAUTION BEFORE USING THE PUMP

- 1 Connect the earth wire before use. This enable you to prevent an accident caused by electric shock when the electric insulation is not in order. For your safety from the danger of electric shock please be careful not to get power plug straight with water.
- CAUTION IN CONNECTING THE EARTH WIRE**  
Connect the earth wire after turning off the electric power. Never connect with gas pipes, other wire it can be the cause of explosion.
- 2 Avoid operating under the condition of dry running and delivering no water. For it will shorten the service life of pump and also cause the trouble of motor.
- 3 Never wrap the motor or the pump head in a blanket or a cloth for preventing freezing in the cold weather.
- 4 Avoid using the pump under the condition of ambient temperature over 40°C and below 0°C, and also with hot water over 40°C.
- For it will shorten the service life of pump.
- 5 Be careful not to use the pump with other liquids except for water. When this used for solvent such as benzol, acid or flammable liquid such as gasoline and high-viscous liquid there is a risk of the fire and it will cause the trouble of the pump and also shorten the service life of it.
- 6 Avoid using the pump under the condition exposed in the direct rays of ray because it will be the reason of shortening the service life of the pump and also of the danger of electric shock.
- 7 When this pump is set up in the well which is easy to suck in sand above all sand filter is needed. For it will prevent the disengagement of the impeller in the pump head for a short time the decline of pressure and the decrease of pumping water.
- 8 The permitted voltage of this pump is 10% of the rated voltage. Otherwise it will be the reason of shortening the service life of the pump.

### 2. APPEARANCE AND NAME OF PARTS

The pump consists of:



01 Pump body	08 Terminal box cover	15 Fan cover	22 Front cover
02 Impeller	09 Terminal block	16 Fan	23 Drop guard
03 Plug	10 Screw	17 Wave-form washer	24 Screw
04 Gasket	11 Capacitor	18 End cover	25 O-Ring
05 Rotating mechanical seal	12 Gable Gland	19 Tie-rod	26 Key
06 Fixed mechanical seal	13 Terminal box	20 Motor housing with stator	27 Nut
07 Screw	14 Bearing	21 Rotor	

### 3. CHECKING POINTS BEFORE INSTALLATION

Install the pump just over the well as possible as you can. But when the pump must be installed away from the well because of the circumstances the maximum distance of the pipe from the well to the pump is limited according to the suction lift. Decide the suction lift considering the dry seas.

### 4. GUIDE FOR INSTALLTION

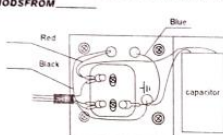
concrete the foundation with cement that the pump may not lean or slant even after many years. Select the place where the pump can be conveniently checked or repaired after its use. For installing the pump in the narrow place because of the circumstances the most good place the figure is needed. install the stop valve on the discharging side of the pump. Minimize the number of the elbows to prevent the water leaking in the piping or to lessen the resistance of water.

### 5. HOW TO OPERATION THE PUMP

**IN CASE THE SUCTION LIFE IS BELOW 3m**

- 1 Exchange the accessory check valve spring in the middle of the check valve if the depth of the well is below 3m.
- It can prevent water leakage (backward flow) in the check valve. But when the suction lift length of water level from the pump is above 3m, never exchange the check valve spring other wise it will cause the decrease of the pumping water.

**CONVERSION METHODS FROM**  
The power convert:



**WHEN THE PUMP IS REUSED AFTER A LONG TIME**

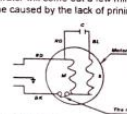
There is a possibility for the motor not to be operated in spite of switching on the electric power because of the sticking and soft off action of the dirt and silt in the water of the pump head. In that case turn off the electric power and then turn the shaft in the back of the motor a few minutes with 20 or something like that. After that you can operate the pump as usual.

### 6. HOW TO START THE PUMP

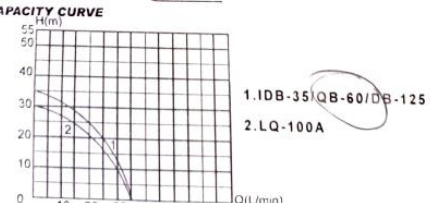
This pump requires a little priming water at the very beginning of operation. Prime it without fail before starting.

- 1 Pour priming water after detaching in the filling plug.
- 2 Set the filling plug and open one hydrant.
- 3 Plug in and operate the pump then water will come out a few minutes later.
- 4 If water does not come out, it may be caused by the lack of priming water. So repeat priming.

### 7. WIRING DIAGRAM



**8. TOTAL HEAD-CAPACITY CURVE**



1. 1.DB-35|QB-60|DB-125  
2. LQ-100A

### 9. SPECIFICATIONS

Model	Max Capacity (L/min)	Max Head (m)	Max Suct. lift (m)	Speed (r.p.m)	Power (HP)	Pump dia (mm)	Net Weight (kg)	Overall Dimension (mm)
IDB-35	35	35	9	2850	0.5	25x25	5.3	280x137x152
QB-60	35	35	9	2850	0.5	25x25	5.7	285x147x160
DB-125	35	35	9	2850	0.5	25x25	5.6	280x137x152
LQ-100A	35	30	9	2850	0.5	25x25	5.8	280x150x163

### 10. TROUBLES AND COUNTER-MEASURES

Troubles	Causes	Counter-Measures (The indication can be done by user)
Motor overheated	Faulty cord connected	Insert the plug securely
	Cord disconnected	Replace the new cord
	Trouble in motor	Repair or replace the motor
	Too low power supply voltage	Consult with the power supply company
Water is not pumped out though motor runs.	Water level of well is lower than standard level.	Check the water level of well.
	Thoubt in check valve	Take off the check valve cover. Then, clean the valve, the valve seat and the valve hole.
	Air drawn into suction pipe.	After checking the joints of piping, shut them perfectly.
Motor overheated	Air drawn into pump from mechanical seal.	Replace the new mechanical seal.
	Too low or high power supply voltage	Consult with the power supply company.
Water does not come out at the first few minutes after switch on.	Impeller is in contact with another part	Repair the defects.
	Short open circuit if the capacitor	Replace the capacitor.
	Air drawn into suction pipe	Repair the defects of piping (To prevent air-leaking)
Pump starge though no water is being used.	Water leaks at piping or pump	Repair piping pump parts and facets etc.
	Water does not come out immediately after switch on.	Water leaks at mechanical seal Check valve does not shut perfectly.
Water does not come out immediately after switch on.	Air drawn into suction pipe	Repair the defects.

*Tabla 11. Presupuesto de sistema de cosecha de agua.*

Presupuesto de sistema de cosecha de agua				
Producto	Unidad	Precio Unitario	IVA	Total
Tanque				
ROTOPLAS tipo botella 1100 lts	1	\$229.00	\$27.48	\$256.48
Cartucho filtro purificador	2	\$35.00	\$4.20	\$74.20
Filtro de polipropileno	1	\$7.00	\$0.84	\$7.84
Filtro de carbón activado	1	\$9.60	\$1.15	\$10.75
Pastilla de cloro	1	\$2.67	\$0.32	\$2.99
Tubería 4 pulg	1	\$4.00	\$0.48	\$4.48
Tubería	2	\$2.00	\$0.24	\$4.24
Bomba 0,5 hp	1	\$30.00	\$3.60	\$33.60
			Total	\$394.58



## Manual de Uso del Sistema de Recolección de Aguas Pluviales

### Introducción

El sistema de recolección de aguas pluviales es una solución sostenible y ecológica que le permite aprovechar el recurso hídrico de la lluvia para usos no potables, como riego de jardines, lavado de vehículos y otras aplicaciones. Este manual le guiará en la instalación y uso adecuado del sistema, compuesto por una bomba de 1/2 HP, un filtro de polipropileno, un filtro de carbón activado y un tanque de PVC de 1100 litros.

### Instalación del Sistema

**Selección del Sitio:** Coloque el tanque de PVC en un lugar elevado y estable, preferiblemente sobre una base de concreto o plataforma sólida, para garantizar un flujo adecuado de agua.

**Conexión de la Bomba:** Instale la bomba de 1/2 HP en la parte inferior del tanque utilizando las conexiones adecuadas. Asegúrese de que la bomba esté sumergida en agua antes de encenderla.

**Conexión del Filtro de Polipropileno:** Conecte el filtro de polipropileno al desagüe del techo o a la fuente de recolección de agua de lluvia. Asegúrese de que el filtro esté limpio y sin que exista alguna obstrucción.

**Conexión del Filtro de Carbón Activado:** Conecte el filtro de carbón activado después del filtro de polipropileno. El filtro de carbón ayudará a purificar aún más el agua de lluvia.

**Mantenimiento Regular:** Revise y limpie los filtros de polipropileno y carbón activado según las recomendaciones del fabricante. Esto garantizará un rendimiento óptimo del sistema.

## **Operación del Sistema**

**Encendido de la Bomba:** Antes de utilizar el agua recolectada, asegúrese de que la bomba esté encendida y funcionando correctamente. Verifique la presión y el caudal de agua en la salida de la bomba.

**Uso del Agua Recolectada:** Utilice el agua recolectada de acuerdo con sus necesidades cotidianas. Evite emplear el agua para consumo humano sin un tratamiento adecuado y óptimo.

**Monitoreo del Nivel de Agua:** Verifique regularmente el nivel de agua en el tanque de PVC. Si el nivel es bajo, asegúrese de que la bomba esté apagada para evitar daños por funcionamiento en seco.

## **Consejos de Mantenimiento**

Limpie los filtros regularmente para evitar obstrucciones y asegurar la calidad del agua.

Verifique las conexiones y mangueras en busca de fugas.

Mantenga el área alrededor del tanque limpio y libre de obstrucciones para facilitar el acceso y la operación.

Se recomienda cambiar los filtros después de 6 meses de uso o cuando se observa que no se está filtrando el agua.

## **Advertencias**

No utilice el agua recolectada para consumo humano sin una filtración y desinfección adecuadas.

Evite el uso excesivo del agua durante períodos de sequía para garantizar un suministro sostenible.

Consulte a un profesional para la instalación y mantenimiento si no está seguro de cómo hacerlo correctamente.

Este manual proporciona instrucciones generales para la instalación y uso de su sistema de recolección de aguas pluviales. Para obtener información específica sobre los componentes y recomendaciones del fabricante, consulte los manuales proporcionados con cada componente del sistema.

