

## FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“DISEÑO DE UN SISTEMA ÓPTIMO DE TRATAMIENTO DE AGUA PLUVIAL  
PARA USO DE LA POBLACIÓN DE LA ZONA RURAL DE CAJABAMBA-2021”

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniera Ambiental**

**Autora:**

Merly Yesenia Cuno Chuquez

**Asesor:**

Mg. Ing. Elifio Gustavo Castillo Gomero

<https://orcid.org/0000-0002-5474-545X>

Trujillo - Perú

**JURADO EVALUADOR**

Jurado 1 Presidente(a)	<b>Luis Enrique Alva Diaz</b>	<b>43679478</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	<b>Ronald Antonio Alvarado Obeso</b>	<b>44562630</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	<b>Carlos Alberto Alva Huapaya</b>	<b>06672420</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

## INFORME DE SIMILITUD

### DISEÑO DE UN SISTEMA ÓPTIMO DE TRATAMIENTO DE AGUA PLUVIAL PARA USO DE LA POBLACIÓN DE LA ZONA RURAL DE CAJABAMBA-2021

---

ORIGINALITY REPORT

---

**14%**

SIMILARITY INDEX

**14%**

INTERNET SOURCES

**4%**

PUBLICATIONS

**8%**

STUDENT PAPERS

---

MATCH ALL SOURCES (ONLY SELECTED SOURCE PRINTED)

---

2%

★ Anzo Martínez Daniel Alejandro. "Impacto urbano  
producido por el desabasto de agua potable en el  
centro de Cuautitlán Izcalli", TESIUNAM, 2011

Publication

---

## **DEDICATORIA**

A Dios que me dio la oportunidad de vivir y llegar a dar un gran paso en esta etapa, y darme la fuerza necesaria para poder salir adelante en cada tropiezo de mi carrera.

A mi familia que estuvo apoyándome con amor, cariño y respeto, y el gran esfuerzo y sacrificio que hicieron para que yo llegue a cumplir mis metas.

## **AGRADECIMIENTO**

Primero agradecer a Dios por darme vida y salud, y la oportunidad de crecer profesionalmente.

A mi familia que día a día estuvo para darme fuerzas y su apoyo incondicional.

A mis profesores por sus enseñanzas y brindarme todo para ser un gran profesional.

A mi asesor de tesis que me instruyó en este proyecto en base a su experiencia y sabiduría.

**TABLA DE CONTENIDO**

JURADO EVALUADOR	2
INFORME DE SIMILITUD	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS	8
TABLA DE FIGURAS	9
RESUMEN	10
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	11
1.1.    Realidad problemática	11
1.2.    Marco teórico	17
1.3.    Formulación del problema	22
1.4.    Objetivos	23
1.4.1    Objetivo general	23
1.4.2    Objetivos específicos	23
1.5.    Hipótesis	23
1.5.1    Hipótesis general:	23
1.5.2.    Hipótesis Específicas:	23
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	24
2.1.    POBLACION Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN	24
2.1.1. Población	24
2.1.2. Muestra	24

2.2.	TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACION	24
2.3.	CARACTERISTICAS GENERALES DEL AMBITO DE ESTUDIO	24
2.3.1.	Descripción de la zona de estudio	24
2.3.1.1	Ubicación y extensión del área de estudio	24
2.3.1.2.	Vías de comunicación y acceso	25
2.3.1.3.	Climatología	26
2.4.1.	Equipos de campo	27
2.5.	METODOLOGIA PARA LA EVALUACIÓN Y DISEÑO DE CAPTACIÓN DE AGUA PLUVIAL EN VIVIENDAS DE CAJABAMBA	27
2.5.1.	Información básica	28
2.5.1.1.	Información meteorológica	28
2.5.2	Diseño del sistema de captación y tratamiento de agua pluvial	29
3.5.2.1.	Datos para el diseño	31
	<b>CAPÍTULO III: RESULTADOS</b>	<b>32</b>
3.1	Demanda de agua de la población de la provincia de Cajabamba	32
3	.2 Propuesta de sistema de captación y aprovechamiento pluvial	32
3.3.	Determinación de los meses lluviosos del año	33
3.4	Cálculos para el diseño de sistema de captación	34
3.4.1.	Cálculo del volumen de la captación anual	34
3.4.2.	Cálculo del volumen del interceptor de primeras aguas de lluvia	35
3.4.3.	Sistema de conducción - canaleta.	35
3.4.4.	Dosificación de cloro para la potabilización del agua.	37
3.4.5.	Resultados del análisis para especificar los parámetros físicos y químicos a evaluar la calidad de agua.	38
3.4.6.	Identificar el tipo de material adecuado para la construcción del sistema de captación pluvial.	39
	<b>CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES</b>	<b>42</b>
	<b>REFERENCIAS</b>	<b>46</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>50</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Vías de acceso a la localidad de investigación .....	25
Tabla 2 Promedio de precipitación anual y mensual en mm de los años 2017 al 2021 .	26
Tabla 3 Promedio de precipitaciones de los años 2017 - 2021 .....	26
Tabla 4 Estación meteorológica.....	28
Tabla 5 Dotación de agua según la forma de disposición de excretas .....	31
Tabla 6 Promedio de precipitación anual y mensual en mm de los años 2017 al 2021 .	33
Tabla 7 Coeficiente de rugosidad "n" de Manning.....	35
Tabla 8 Dosificación de hipoclorito de sodio para agua.....	38
Tabla 9 Requisitos Físicos y Químicos para agua potable .....	39
Tabla 10 Materiales para la construcción del sistema de captación.....	39
Tabla 11 Estimación de costo para la instalación del sistema de captación pluvial.....	41

**TABLA DE FIGURAS**

Figura 1 Ubicación de la zona de estudio.....	25
Figura 2 Área de estudio y estaciones meteorológicas .....	28
Figura 3 Estructura general del sistema de captación de agua.....	29
Figura 4 Componentes del sistema de captación y conducción.....	29
Figura 5 Componentes de almacenamiento y distribución .....	30
Figura 6 Tren de tratamiento general del sistema de captación de agua pluvial .....	32
Figura 7 Precipitaciones mensuales en la provincia de Cajabamba de los años 2017- 2021 .....	33

## RESUMEN

El agua es la fuente de vida para el ser humano; sin embargo, se está viendo afectada por diversos factores, teniendo como consecuencia la escasez de agua potable. Por ello, se está buscando diversas soluciones para el abastecimiento de agua potable y una de ellas es la captación de agua de lluvia, por tales condiciones, el objetivo de la presente investigación es el diseño de un sistema óptimo de tratamiento de agua pluvial; tipo y nivel de investigación aplicada descriptiva transversal de diseño no experimental y por conveniencia ; siendo el tamaño de muestra, 107 viviendas, los datos fueron obtenidos mediante observación y revisión de artículos de investigación con relación al tema para luego ser procesados mediante fórmulas y softwares; obteniendo como resultado que para abastecer a una vivienda con 4 habitantes es de 220 l/s por día , donde un tanque de 600 l/s es suficiente para poder abastecer hasta por 2 días y medio, concluyendo que el sistema de captación pluvial es eficiente en épocas de lluvia y brinda ahorro económico; ya que el agua de lluvia es gratuita y no cuenta con medidores a diferencia del agua municipal.

**PALABRAS CLAVES:** Agua, captación pluvial, precipitación.

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

El agua es uno de los recursos naturales más importante a nivel mundial sobre todo el agua dulce; ya que es indispensable para la supervivencia de los seres vivos y que tras el pasar de los años se ha visto afectado por diversos factores. Uno de ellos es la sobrepoblación que tiene como consecuencia que los recursos naturales se vean sobreexplotados por el ser humano para cubrir sus necesidades; por otro lado, la minería es una de las industrias más contaminantes para el agua por su drenaje ácido de mina, volviendo a este recurso un peligro para los seres vivos. Como resultado de las diversas problemáticas, diferentes países del mundo sufren de estrés hídrico, corriendo el riesgo de tener problemas de escasez de agua.

En África la situación de abastecimiento de agua potable es muy crítica, debido a la escasez de fuentes apropiadas en términos de calidad y seguridad, falta de recursos económicos, tecnología inapropiada y altos niveles de pobreza. Por ello el aprovechamiento de agua lluvia se ha constituido en una alternativa en países como Botswana, Togo, Malí, Malawi, Namibia, Zimbabue, entre otros; así de este modo se pueda aprovechar y abastecer con agua de lluvia a las poblaciones, dándole solución al problema de escasez hídrica. (Rosa, Gonzáles y Aceves, 2013).

En España los años secos han causado problemas hídricos debidos al aumento de temperaturas, incrementando la evaporación. Por ello es que el estado español debe enfrentarse a la escasez crónica, ya que la demanda de agua para el abastecimiento poblacional supera la disponibilidad del recurso. Además, las aguas subterráneas se encuentran en estado crítico por la sobreexplotación y contaminación antropológica e industrial afectando que estas estén en disposición para el uso y consumo humano. (Iagua, 2017).

Perú es uno de los países que viene afrontando la escasez hídrica desde años atrás, por ello un gran porcentaje de las poblaciones peruanas no cuentan con agua potable y otras no cuentan con agua las 24 horas; ya que la sobrepoblación en las ciudades ha

tenido como consecuencia que la demanda de agua potable sea mayor a la disponibilidad de este recurso. En el caso de las zonas rurales, las poblaciones son abastecidas de fuentes naturales que no cuentan con un tratamiento de potabilización; adicionando que gran parte de estas fuentes están contaminadas por las actividades mineras, concluyendo que este recurso no apto para el consumo de los seres vivos.

Atencio (2017) menciona que en la región de Puno, el abastecimiento de agua potable es un problema cada vez mayor debido al aumento de la población y la no valoración del recurso vital, por lo tanto, está empezando a ser insuficiente para abastecer algunas viviendas y en muchas partes no se tiene la disponibilidad y todo esto ha llevado a las enfermedades asociadas con la calidad de agua, es por eso que se plantea implementar sistemas de captación de agua de lluvia , para así aprovechar este recurso y abastecer a las familias de Puno.

La población de Cajabamba, no está exenta a la problemática mundial, ya que esta zona es abastecida de agua proveniente de fuentes naturales, como lagunas, manantiales, ríos y puquios. Fuentes que son desabastecidas en tiempos de sequía en tiempos de sequía obligando al corte de agua por horarios establecidos para que el agua logre abastecer el resto del año hasta el próximo ciclo de precipitación. Además, en los últimos años estas fuentes se han visto afectadas por la contaminación de las actividades mineras por el drenaje ácido que contiene una gran cantidad de sólidos en suspensión con un alto contenido en sulfato y metales (Fe, Al, Mn, Zn, Cu, Pb, Hg, Cd, Ni), que vuelve al agua no apta para el uso y consumo de los seres humanos, animales y plantas, tal y como se menciona en Zambrano R. (2016). Por ello, tendremos en cuenta las investigaciones de los siguientes autores para analizar diversas alternativas para realizar un diseño óptimo de captación pluvial para uso y consumo humano:

Alí,,Suhardjono y Hendrawan, (2017) tuvieron como propósito determinar la cantidad de lluvia potencial que se puede cosechar y determinar la cantidad de captación de la instalación de HAP. En su metodología se aplicó distintos métodos: aritmético, promedio, simulación y el método racional. Obteniendo, que las técnicas de almacenamiento de agua de lluvia se llevan a cabo usando las instalaciones de HAP, esta

agua recolectada es para satisfacer las necesidades de cada familia y así pueda circular agua todos los meses del año.

Chalco(2016) evaluó la cobertura de las viviendas y proponer un diseño de captación del agua de lluvia para el consumo doméstico, evaluó los techos de las viviendas con el objetivo de fomentar una cultura de aprovechamiento del recurso hídrico a través de la captación y el aprovechamiento eficiente del agua de lluvia para el consumo doméstico. Obteniendo que la captación de agua de lluvia en los techos es de 120 m<sup>2</sup> y una cisterna de 50.5 m<sup>3</sup>, lo cual tiene una demanda anual para una familia de 4 personas es de 73 m<sup>3</sup>/anual, y la oferta de la precipitación neta durante los meses de lluvias alcanza 721.44 mm. Concluyendo que el agua de lluvia es apta para el consumo humano.

Chino, Velarde, y Espinoza (2016) trabajaron en evaluar la cobertura de las viviendas rurales para la captación de agua de lluvia con fines de consumo doméstico y diseñar un sistema de captación, almacenamiento y bombeo del agua de lluvia para el consumo humano, en las viviendas rurales de la comunidad campesina de Vilca Maquera-Pilcuyo. Dentro de su metodología se realizó 82 encuestas de una población total de 209 viviendas, durante el año del 2013, además se realizó cálculos de la demanda de agua por familia, precipitación pluvial neta, cobertura de captación, almacenamiento y bombeo del agua captada, lo cual se obtuvo para un promedio de cuatro integrantes de familia, un volumen de 73 m<sup>3</sup>, con una cobertura de 120 m<sup>2</sup>, consumiéndose 24.2 m<sup>3</sup> en los meses de diciembre a marzo y el resto es almacenado en una cisterna. La oferta de la precipitación neta durante los meses de lluvia alcanza 721.44 milímetros, siendo la sección transversal de la canaleta rectangular de 0.016 m<sup>2</sup> y la potencia de la bomba de 0.5 Hp.

Despins, Farahbakhsh, y Leidl,(2009) evaluó la calidad del agua de lluvia de los sistemas RWH ubicados en la región del sur de Canadá; e investigar el impacto de factores como el contacto con una superficie de captación, el almacenamiento en una cisterna de agua de lluvia, Dentro de su metodología, se evaluó siete hogares con sistemas de RWH ubicados en un radio de 30 km, los cuales se recogieron y analizaron 360 muestras. Obteniendo un resultado de coliformes totales y fecales en el 31% y el 13% de las

muestras respectivas, además las propiedades fisicoquímicas del agua de lluvia fueron más influenciadas por las materias de captación, almacenamiento y el ambiente del sitio. Concluyendo que la calidad del agua de lluvia recolectada parece depender de la ubicación en la que operan los sistemas de RWH.

Gonzaga,(2015) diseñó un sistema de recolección de aguas lluvias para uso doméstico en la isla Jambelí, del cantón Santa Rosa, provincia de El Oro, lo cual propuso que el funcionamiento del sistema estaba enfocado en la recolección de aguas lluvias mediante una superficie de captación a la que se le adaptó los componentes de conducción para su posterior almacenamiento y tratamiento. Durante la precipitación el agua será recogida desde un área de captación, que para este caso será la cubierta de las viviendas; obteniendo que el sistema de recolección producirá un volumen anual de agua lluvia de 34.76m<sup>3</sup> que será destinado a actividades de alimentación y cocina, lavado de utensilios, aseo corporal menor. Se consideraron únicamente estas actividades debido a las condiciones climáticas de la isla Jambelí, además el sistema será un Complemento al suministro actual de agua potable.

Según Hernández, (2014) determinó que el nivel de abastecimiento de agua potable anual con la implementación de un sistema de aprovechamiento de agua de lluvia, lo cual se implementó un modelo de sistema de captación que tenga y analice los parámetros físicos-químicos, así reducir el riesgo de contraer enfermedades de origen hídrico y tener un abastecimiento en tiempo de sequía. Obteniendo abastecer de agua potable durante todos los meses del año a las 15 familias del caserío La Florida con dotaciones que se encuentran dentro de los parámetros de diseño de infraestructura de agua y saneamiento para centros poblados rurales.

López, Gonzales, y Herrera, (2016) buscó evaluar la implementación de Sistemas de Captación de Agua de Lluvia (SCALL) en pequeña escala (techumbres) en la Zona Metropolitana de Monterrey (ZMM) como medida para prevenir o mitigar los riesgos que se presentan ante los fenómenos adversos a los que está expuesta la ciudad, en su metodología realizó un análisis espacial sobre la implementación de SCALL en las áreas habitacionales de la ZMM, para determinar una distribución en la cantidad de agua que

se puede captar, de acuerdo con la distribución de la precipitación, sobre una representación gráfica (Mapa). Concluyendo, que la Zona Metropolitana de Monterrey, existiría un riesgo mínimo a la implantación de un SCALL, porque es sencillo al captar el agua de lluvia.

López, Palacios, Anaya., Chávez, Rubiños, y García (2017) propuso tres sistemas de captación y aprovechamiento pluvial, uno para destinar el agua a consumo humano en una escuela de 1000 usuarios (as), otro para uso potable en un hogar de cuatro integrantes y; un tercer sistema, para el riego de un invernadero de Stevia revaudiana de media hectárea. Concluyendo que captar agua de lluvia resulta más factible y económico que extraerlo del subsuelo, además con las precipitaciones del lugar estudiado es suficiente para abastecer los tres sistemas de captación.

Pérez, Palacios y Anaya. (2017) Diseñó un sistema de captación del agua de lluvia para dotar con agua de calidad, en cantidad y de manera continua a los habitantes del municipio. En su metodología diseñó un sistema que consistió en: la localización del sistema a nivel macro y micro, calcular la demanda de agua, la precipitación pluvial neta, el área efectiva de captación, los diámetros de las tuberías, el volumen del sedimentador, los almacenamientos y la bomba solar, y finalmente diseño el tren de tratamiento para potabilizar y purificar el agua de lluvia. Obteniendo el cálculo de la tubería de 0.219 m de diámetro (8") y de 0.168 m (6"), y el valor mínimo se realiza con el balance hídrico, que se necesita un contenedor con capacidad para almacenar  $1\ 891\text{m}^3$  de agua. Concluyendo que el agua de lluvia es una fuente alterna y tendrá una calidad adecuada para su consumo.

Ruvalcaba. (2012) tuvo como objetivo determinar las necesidades técnicas y de gestión que contribuyan a facilitar la realización de un sistema de captación de agua de lluvia, demanda de agua por individuo, el área de captación, el sistema de conducción el sistema de conducción y el sistema de almacenamiento, concluyendo que La Candelaria requiere  $810\ \text{m}^3$  de agua durante los tres meses que dura la temporada de estiaje, para cubrir la demanda diaria de agua del ganado sin que este sufra alguna consecuencia o enfermedad causada por la falta del recurso. Teniendo como resultado que las superficies

aprovechables para la cosecha de agua logran captar 943.9 m<sup>3</sup>. Esto indica que si se utiliza la infraestructura existente del rancho y se aprovechan sus techos como áreas de captación del agua de lluvia. Se podría obtener más agua de la que demanda hasta el ganadero durante la temporada de sequía.

Solano, Gonzaga, Espinoza, y Espinoza. (2015) Adaptó posibles soluciones que ayuden a mitigar el problema, utilizando la recolección y almacenamiento de aguas lluvias de una manera sustentable y sostenible. Dentro de su metodología logro identificar los problemas de abastecimiento y uso de agua potable, su influencia dentro de su entorno socioeconómico y analizar las posibles alternativas que permitan mitigar el problema detectado, mediante el desarrollo de un sistema de recolección de AA.LL. concluyendo que el sistema de recolección producirá un volumen de agua lluvia de 15 m<sup>3</sup> que será destinado a actividades de alimentación y cocina, lavado de utensilios, ropa, aseo corporal. Se debe considerar que el sistema será un complemento al suministro actual de agua potable.

Zuñiga y Moyano. (2015) Evaluó el aprovechamiento del agua de lluvia para consumo humano en la ciudad de Ibagué, recolectándola en una microcuenca urbana delimitada en la comuna 2, donde es factible su potabilización y posterior transporte por gravedad a la red de distribución del sistema de acueducto urbano existente, siendo una potencial fuente alternativa a partir de la determinación de sus condiciones fisicoquímicas y microbiológicas. Para ello se tomaron muestras en el sitio de recolección de la microcuenca para su caracterización, que incluyó la medición de turbiedad, color aparente, pH, conductividad, temperatura, nitritos, nitratos, alcalinidad total, cloruros, dureza total, coliformes totales y fecales, obteniéndose que estos parámetros están dentro de los rangos exigidos para agua potable. Concluyendo que la implementación de microcuencas urbanas hace factible su aprovechamiento y como fuente alternativa en Ibagué.

Dicho esto, se busca una solución para afrontar esta problemática que se extiende con el pasar de los años afectando a la población, ya que son abastecidos por agua de mala calidad, generando enfermedades desde niños a adultos. Por ello es necesario poner en marcha nuevas alternativas que ayuden a erradicar esta problemática

de escasez hídrica, una de estas son los sistemas de captación pluvial que promueve el aprovechamiento del agua de lluvia; alternativa que puede llegar a ser la solución para diversas zonas con la misma problemática que si no se pone en marcha la población podría entrar en crisis al desaprovechar un gran recurso gratuito y sobre todo natural; puesto que la población afrontaría enfermedades por deshidratación, gastrointestinales, entre otros; al tener una mala calidad de vida.

## **1.2 Marco teórico**

### **1.2.1 Agua**

El agua es uno de los recursos renovables naturales más importante para el desarrollo de la humanidad. Desde los inicios de la civilización, los seres humanos han establecido sus sociedades en torno a las aguas superficiales disponibles; utilizándose para su consumo, transporte, riego de cultivos, actividades domésticas e industriales. (Henaó, 2016).

### **1.2.2 Importancia del agua**

El agua es esencial para la vida. La cantidad de agua dulce existente en la tierra es limitada, y su calidad está sometida a una presión constante. La conservación de la calidad del agua dulce es importante para el suministro de agua de bebida, la producción de alimentos y el uso recreativo. La calidad del agua puede verse comprometida por la presencia de agentes infecciosos, productos químicos tóxicos o radiaciones. (OMS, 2002)

La creciente demanda de agua apta para el consumo humano, debido al aumento de la población, nos impulsa a aprovechar hasta la última gota que utilizamos. A esto se le suma su utilización en aspectos industriales de una sociedad, que produce a su vez el auge económico de las mismas. (Solano, C., Gonzaga, F., Espinoza, F. & Espinoza, J, 2015)

### **1.2.3 Tipos de fuente de agua**

#### **- Agua de Lluvia**

La captación de agua de lluvia se emplea en aquellos casos en los que no es posible obtener aguas superficiales y subterráneas de buena calidad y cuando el régimen de lluvias es importante. Para ello se utilizan los techos de las casas o algunas superficies impermeables para captar el agua y conducirla a sistemas cuya capacidad depende del gasto requerido y del régimen pluviométrico (Agüero, 2017).

#### - **Agua Superficial**

Las aguas superficiales están constituidas por los arroyos, ríos, lagos, etc. que discurren naturalmente en la superficie terrestre. Estas fuentes no son tan deseables, especialmente si existen zonas habitadas o de pastoreo animal aguas arriba. Sin embargo, a veces no existe otra fuente alternativa en la comunidad, siendo necesario para su utilización, contar con información detallada y completa que permita visualizar su estado sanitario, caudales disponibles y calidad de agua, (Camacho,2017).

#### - **Agua Subterránea**

Parte de la precipitación en la cuenca se infiltra en el suelo hasta la zona de saturación, formando así las aguas subterráneas. La explotación de estas dependerá de las características hidrológicas y de la formación geológica del acuífero.

La captación de aguas subterráneas se puede realizar a través de manantiales, galerías filtrantes y pozos (excavados y tubulares), (Camacho,2017).

### **1.2.4. Precipitación:**

La precipitación es la fuente primaria del agua de la superficie terrestre, se originan en las nubes y llega hasta la superficie del suelo; de acuerdo a esta

definición la precipitación puede ser en forma de lluvias, granizadas y garúas. (Villón, 2002).

### 1.2.5. Formas de precipitación:

Villón considera 5 formas de precipitación que son:

**Llovizna:** Gotas pequeñas de agua, cuyo diámetro varía entre 0.1 y 0.5mm.

**Lluvia:** Gotas de agua con diámetro mayor de 0.5 mm.

**Escarcha:** Capa de hielo, contiene bolsas de aire.

**Nieve:** Compuesta de cristales de hielo.

**Granizo:** Precipitación en forma de bolas, pueden ser esféricos con diámetro de 5 y 125 mm. (Villón, 2002).

### 1.2.6 Medición de la Precipitación

La precipitación se mide en términos de la altura de lámina de agua (hp), y se expresa comúnmente en milímetros. Esta altura de lámina de agua, indica la altura del agua que se acumularía en una superficie horizontal, si la precipitación permaneciera donde cayó.

Los aparatos de medición, se clasifican de acuerdo con el registro de las precipitaciones, en pluviómetros y pluviógrafos.

- **Pluviómetro**

Consiste en un recipiente cilíndrico de lámina, de aproximadamente de 20 cm de diámetro y de 60 cm de alto. La tapa del cilindro es un embudo receptor, el cual se comunica con una probeta de sección 10 veces menor que la de la tapa.

- **Pluviógrafo**

Es un instrumento, que registra la altura de lluvia en función del tiempo, lo cual permite determinar la intensidad de la precipitación. (Villón, 2002).

### **1.2.7 Captación De Agua De Lluvia**

La recolección de agua de lluvia es una tecnología utilizada para recolectar y almacenar agua en los tejados, superficies de tierra, superficies de carreteras o cuencas de roca utilizando técnicas simples como macetas, tanques y cisterna, así como técnicas más complejas como represas subterráneas. El agua de lluvia cosechada es una fuente renovable de agua limpia que es ideal para usos domésticos y paisajísticos. (Abdulla y Shareef, 2008)

### **1.2.8 Aprovechamiento Del Agua De Lluvia**

El aprovechamiento del agua de lluvia es parte de una solución sustentable e integral al complejo abastecimiento de agua potable, potencialmente disminuye la presión sobre el acuífero, reduce la crisis del modelo hidráulico en la Cuenca de la Ciudad de México. Por un lado, ayuda al abastecimiento de agua potable. (García, 2012).

- **Uso del agua pluvial**

La captación de aguas lluvias, reserva y almacenamiento ha sido una alternativa viable y de solución frente al problema de escasez y contaminación que presenta el agua en la localidad al momento de realizar actividades como el riego al cultivo, jardín, especialmente en época de verano, preparación de alimentos y lavado de loza diariamente; a bajo costo que contribuya a que la familia. (Gualdron, 2014).

### **1.2.9 Sistemas De Captación Pluvial**

Los sistemas de cosecha de agua pluvial a nivel doméstico consisten en captar el agua de lluvia en una superficie determinada, generalmente el techo o azotea de la vivienda, siendo conducida a través de canaletas y bajantes, para almacenarse posteriormente en un depósito o cisterna. (Posadas, 2014)

Los sistemas de recolección de agua proporcionan soluciones flexibles que pueden satisfacer efectivamente las necesidades de sitios nuevos y existentes, así como de sitios pequeños y grandes. (Abdulla & Shareef, 2008)

- **Componentes de un sistema de captación**

El sistema de captación de agua de lluvia en techos requiere una serie de componentes de fácil instalación y disposición; los componentes de los sistemas de captación de agua de lluvia están compuesto de: área de captación, recolección y conducción, interceptor y almacenamiento. El área de captación está conformada por el techo de la vivienda, el mismo que debe tener la superficie y pendiente adecuadas para que facilite el escurrimiento del agua de lluvia hacia el sistema de recolección (Calli, Coaquira & Calsin, 2016).

#### 1.2.10 Cálculo de demanda de agua

El cálculo de la demanda de agua para consumo humano se realiza empleando la siguiente expresión:

DUD = Demanda per cápita urbana \* número de habitantes urbanos  
+ Demanda per cápita rural \* número de habitantes rurales.

#### 1.2.11 Sistema de información geográfica

Los Sistemas de Información Geográfica pueden definirse de forma provisional como sistemas que permiten almacenar datos espaciales para su consulta, manipulación y representación. La representación de datos espaciales es el campo de estudio de la Cartografía, por tanto, es necesario comenzar introduciendo algunos conceptos básicos de esta ciencia (Sarría,2014).

- **Funciones de un SIG:**

Un SIG debe tener la capacidad para recibir datos de distintas maneras:

- **Digitalización directa:**

Mapas en papel o más reciente, lo cual se usa en una foto aéreo un plano digitalizado.

- **Entrada de coordenadas en archivos digitales**

Se aplica en casos diversos donde existen tablas que tienen coordenadas, son recibidos de aparatos de GPS.

### 1.2.12 ArcGIS

Es un sistema de información geográfica especializado en el manejo y análisis de información geográfica (geoespacial).

Información geográfica: es una abstracción o representación de la realidad geográfica, (Fundamentos de ArcGis, 2005).

### 1.2.13 Layers o capas de información geográfica

Un Layer es una referencia a un archivo físico existente en algún lugar dentro de la base de datos SIG o archivo separado, sirve para guardar información mediante esquemas de colores, símbolos. (Fundamentos de ArcGis, 2005).

## 1.3 Formulación del problema

### Problema General:

¿Cuál es el diseño de un sistema óptimo de tratamiento del agua pluvial para uso en la población de Cajabamba, Cajamarca -2021?

### Problemas específicos:

- ¿Cuál es la demanda de consumo de agua de la población en la población de Cajabamba, Cajamarca -2021?
- ¿Cuál es el tipo de material adecuado para el sistema de tratamiento del agua pluvial para uso en la población de Cajabamba, Cajamarca -2021?
- ¿Cuáles son los parámetros físicos-químicos que caracterizan la calidad del agua pluvial tratada para uso en la población de Cajabamba, Cajamarca -2021?
- ¿Cuál es el volumen de almacenamiento del tanque para el abastecimiento de una vivienda de la población de Cajabamba, Cajamarca -2021?

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general**

Diseñar un sistema óptimo de tratamiento del agua pluvial para uso en la población de Cajabamba, Cajamarca -2021.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Determinar la demanda de consumo de agua de la población de Cajabamba -Cajamarca 2021
- Especificar los parámetros físicos y químicos a evaluar en un análisis de calidad de agua.
- Identificar el tipo de material adecuado para la construcción del sistema de captación pluvial.
- Determinar el volumen de almacenamiento del tanque para el abastecimiento de una vivienda de la población de Cajabamba, Cajamarca -2021.

## **1.5 Hipótesis**

### **1.5.1 Hipótesis general:**

El sistema tiene un óptimo tratamiento del agua pluvial para uso en la población de Cajabamba, Cajamarca -2021,

### **1.5.2. Hipótesis Específicas:**

- La demanda de consumo de agua por vivienda es satisfactoriamente cubierta por el sistema de captación de agua pluvial.
- Los parámetros físicos y químicos permiten conocer la calidad de agua de lluvia que se recolectara.
- El tipo de material del sistema de captación de agua pluvial, influye en la calidad de agua.
- El volumen del tanque abastece satisfactoriamente a una vivienda de la población de Cajabamba.

## **CAPÍTULO II: METODOLOGÍA**

### **2.1 POBLACION Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **2.1.1. Población**

La población tomada para el estudio fue la del centro poblado de Pampa Grande de la Provincia de Cajabamba, donde los beneficiados son los miembros de familia en un promedio de 4 habitantes; sin embargo, el diseño es por vivienda y se debe conocer las viviendas totales, la cual es de 4699 viviendas y se obtuvo del censo de INEI.

#### **2.1.2. Muestra**

Para la elaboración del diseño se decidió realizar un muestreo no probabilístico de conveniencia, así se pueda trabajar en base a 107 viviendas que pertenecen al centro poblado Pampa grande, de esta manera poder obtener un diseño que se adecue al modelo de las casas de la provincia de Cajabamba.

### **2.2. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACION**

Esta investigación es aplicada de nivel descriptivo según Rodríguez (2005), mencionan que una investigación descriptiva es la que comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, composición o procesos de los fenómenos.

### **2.3. CARACTERISTICAS GENERALES DEL AMBITO DE ESTUDIO**

#### **2.3.1. Descripción de la zona de estudio**

##### **2.3.1.1 Ubicación y extensión del área de estudio**

El área de estudio se encuentra ubicada:

#### **A. Ubicación política**

DISTRITO: Cajabamba

PROVINCIA: Cajabamba

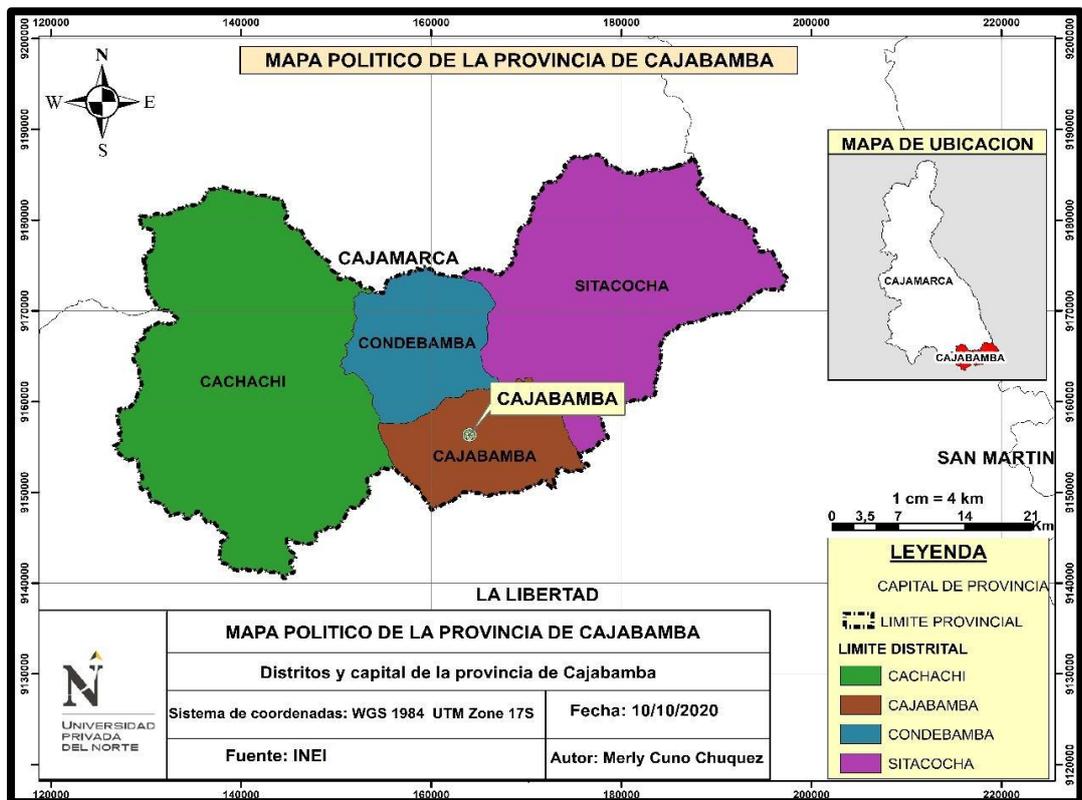
REGIÓN: Cajamarca

#### **B. Ubicación geográfica**

La provincia de Cajabamba que está ubicada en la sierra septentrional, al Sur del departamento de Cajamarca, a una altura de 2650 m.s.n.m entre los paralelos 7 40` 10` y 7 7`30” de latitud al Sur del departamento de Cajamarca y los meridianos 78 20` 05” y 77 42` 35” de longitud Oeste de Greenwich. La extensión territorial de la provincia de Cajabamba alcanza los 1,926.19 Km<sup>2</sup>, según datos oficiales del Ministerio de Agricultura.

Figura 1

*Ubicación de la zona de estudio*



Nota. Mapa político de la ubicación de la provincia de Cajabamba

### 2.3.1.2. Vías de comunicación y acceso

Desde la Ciudad de Cajamarca se puede llegar al lugar del proyecto por la siguiente vía Cajamarca-Cajabamba a 121 Km, en un tiempo aproximado de 3 horas y Trujillo-Cajabamba a 223.2 Km en un tiempo aproximado de 6 horas por carretera, en un tiempo aproximado de 35 minutos, con una distancia de 25.15 Km.

Tabla 1

*Vías de acceso a la localidad de investigación*

ACCESO	DISTANCIA KM	TIEMPO	CARRETERA	ESTADO
Cajamarca-Cajabamba	127.3 km	3h 30 min	Asfaltada	Bueno
Trujillo-Cajabamba	223.2 km	5h 30 min	Asfaltada	Bueno

*Nota.* Vías de acceso al lugar del proyecto.

### 2.3.1.3. Climatología

#### A. Estaciones meteorológicas de Cajabamba – SENAMHI

Una estación meteorológica es un centro de registro de diversos datos, tales como: cambios de temperatura a través del cual se pueden conocer las temperaturas máximas y mínimas, la humedad relativa, la velocidad del viento, la evaporación y la precipitación

#### B. Precipitación

El registro de los datos meteorológicos por SENAMHI. De la estación de Cajabamba se tiene que la precipitación promedio mensual

Tabla 2

*Promedio de precipitación anual y mensual en mm de los años 2017 al 2021*

AÑO	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2017	102.5	132.2	166	90.1	157	3	0	18.7	26	127.4	28.4	255.7
2018	124.6	138.3	125.9	58.7	52.8	2.1	0	8.4	53.2	127.6	149.5	52.4
2019	69	209.3	198.3	114.6	19.6	1.1	5.9	0	45.3	77.8	141.3	185.8
2020	109.6	50.8	146.4	110	23	0	50.1	0	19.5	27.6	127	173
2021	170.6	63.5	213.8	51.4	42.9	16.9	1.1	35.7	26	146.9	220	132.2
<b>PROMEDIO</b>	115.26	118.82	170.08	84.96	59.06	4.62	11.42	12.56	34	101.46	133.24	159.82

*Nota.* Datos recopilados de SENAMHI

Tabla 3

*Promedio de precipitaciones de los años 2017 - 2021*

Mes	Precipitación (mm)
Enero	115.26

---

Febrero	118.82
Marzo	170.08
Abril	84.96
Mayo	59.06
Junio	4.62
Julio	11.42
Agosto	12.56
Setiembre	34
Octubre	101.46
Noviembre	133.24
Diciembre	159.82
<b>Promedio</b>	<b>1005.3</b>
<b>Anual</b>	
<b>Promedio</b>	<b>83.78</b>
<b>Mensual</b>	

---

*Nota.* Datos de precipitación mensual y anual

La precipitación anual promedio es de 34.02 mm, resultado que se obtiene al sumar los promedios de cada mes. Donde los meses más secos son desde mayo a septiembre.

## **2.4. Materiales y equipo**

### **2.4.1. Equipos de campo**

- Flexómetro de 10m
- Libreta de campo
- Cámara

### **2.4.2. Instrumentos**

- ArcGIS
- Sketchup

## **2.5. METODOLOGIA PARA LA EVALUACIÓN Y DISEÑO DE CAPTACIÓN DE AGUA PLUVIAL EN VIVIENDAS DE CAJABAMBA**

Para el aspecto técnico de la propuesta, se considera importante el siguiente procedimiento.

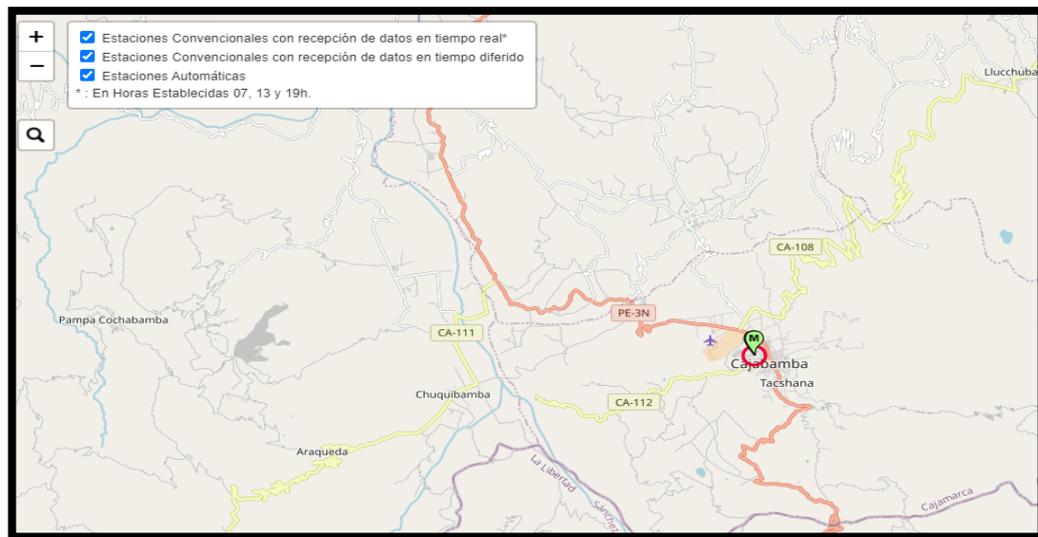
## 2.5.1. Información básica

### 2.5.1.1. Información meteorológica

La información meteorológica se obtuvo de la estación meteorológica, la cual fue elegida con respecto a la ubicación de la provincia de Cajabamba y la cuenca de estudio. Por ello se procedió a ubicar el área de estudio y del mismo modo ubicar todas las estaciones cercanas a este.

Figura 2

*Área de estudio y estaciones meteorológicas*



Las estaciones cercanas a la provincia de Cajabamba son: Estación Cajabamba automática y la Estación Cajabamba convencional. De esta manera se procedió a identificar con que estación se trabajara y posteriormente se delimitó el área de estudio.

Conociendo la ubicación del área de estudio se decidió usar los datos meteorológicos de la estación meteorológica de Cajabamba convencional.

Tabla 4

*Estación meteorológica*

ESTACION: CAJABAMBA _ CO-107008			
Latitud	7°37'17.99"	Región	Cajamarca
Longitud	78°3'4.71"	Provincia	Cajabamba

---

Altitud	2625 msnm	Distrito	Cajabamba
---------	-----------	----------	-----------

---

*Nota.* La tabla muestra datos de la estación meteorológica de Cajabamba

### 2.5.2 Diseño del sistema de captación y tratamiento de agua pluvial

Se ha desarrollado un sistema con componentes y etapas escalables; pudiendo adaptar a cada caso, es decir se puede adaptar el sistema a los distintos diseños de casas.

En la figura 3, se aprecia la estructura general del sistema de captación de agua pluvial, evidenciando los componentes del sistema instalados.

Figura 3

*Estructura general del sistema de captación de agua*

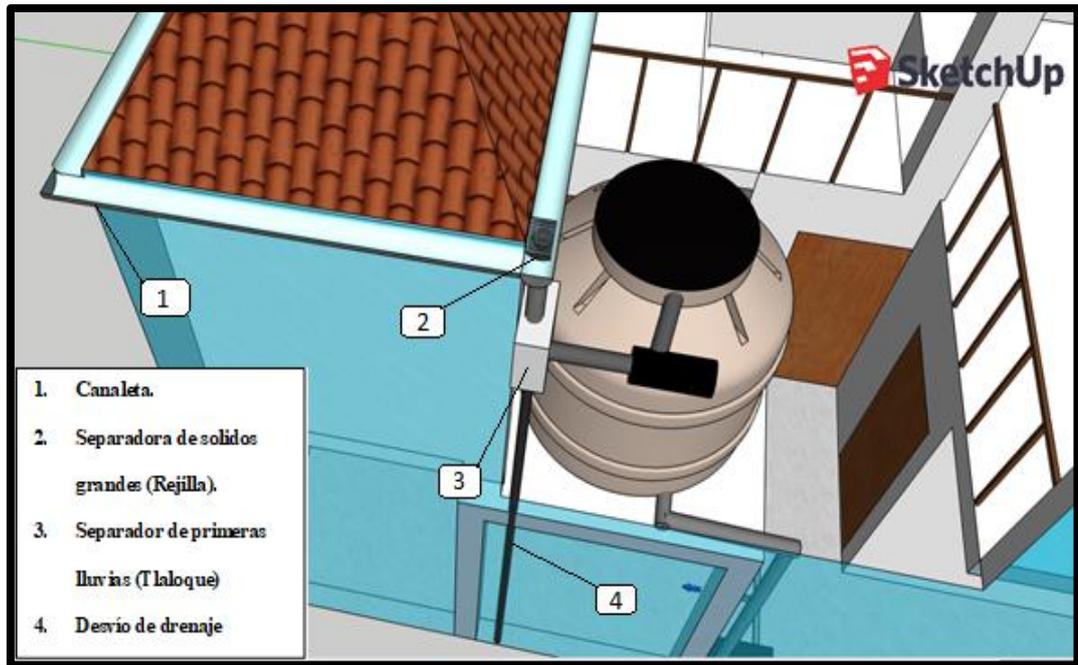


*Nota.* En la figura se muestra la estructura general del sistema de captación de pluvial

En la figura 4, se muestran los componentes de captación y conducción de agua pluvial, como las canaletas, rejilla separadora de sólidos grandes, separador de primera lluvia y desvío de drenaje.

Figura 4

*Componentes del sistema de captación y conducción*

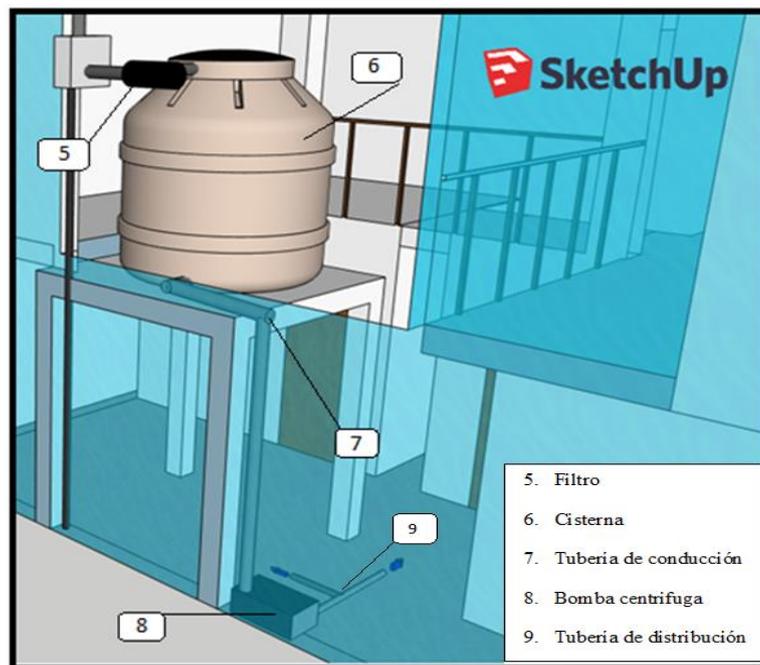


*Nota.* En la figura se muestra los componentes de captación y conducción.

En la figura 5, se realiza el acercamiento para mostrar los componentes de almacenamiento y distribución, como el filtro, la cisterna, tubería de conducción y bomba centrífuga.

Figura 5

*Componentes de almacenamiento y distribución*



*Nota.* En la figura se muestra los componentes de almacenamiento y distribución.

### 3.5.2.1. Datos para el diseño

#### a) Cobertura de techos

El material de la cobertura de los techos de las viviendas en la provincia de Cajabamba varía, ya que unas son de tejas y otras de calamina

#### b) Precipitación pluvial

La precipitación pluvial es un dato esencial para el desarrollo del diseño de captación de agua pluvial, datos que son extraídos de la estación meteorológica Cajabamba, los cuales son proporcionados por SENAMHI de los años 2017 al 2021.

#### c) Al Población

De acuerdo a los censos nos indica que los miembros por cada vivienda son un promedio de 4 personas

### 3.5.2.2. Dotación de agua

De acuerdo con la RM. N° 192-2018-VIVIENDA la dotación en la sierra para cada habitante de una vivienda es de 50 l/hab\*d.

Tabla 5

*Dotación de agua según la forma de disposición de excretas*

<b>Región Geográfica</b>	<b>Dotación- Ubs Sin arrastre hidráulica (l/hab/día)</b>	<b>Dotación - Ubs con arrastre hidráulico (l/hab/día)</b>
Costa	60	90
Sierra	50	80
Selva	70	100

*Nota.* Datos extraídos de la Norma técnica de Diseño, RM N° 192-2018-VIVIENDA (2018)

### CAPÍTULO III: RESULTADOS

Dentro de nuestros resultados relacionados con nuestros objetivos consideramos los siguientes puntos a tratar:

#### 3.1 Demanda de agua de la población de la provincia de Cajabamba

- **Calculo del consumo de agua**

La demanda de agua por persona, se calcularía en base a la dotación que es de 50 l/seg, según nos menciona la OMS.

- **Consumo total de agua por día**

$$Cd = 4 \text{ personas} \times 50 \text{ litros/persona/día}$$

$$Cd = 220 \text{ litros/día}$$

- **Consumo de agua por mes**

$$Cm = 220 \text{ litros/día} \times 30 \text{ días}$$

$$Cm = 6600 \text{ litros/mes} = m^3 / \text{mes}$$

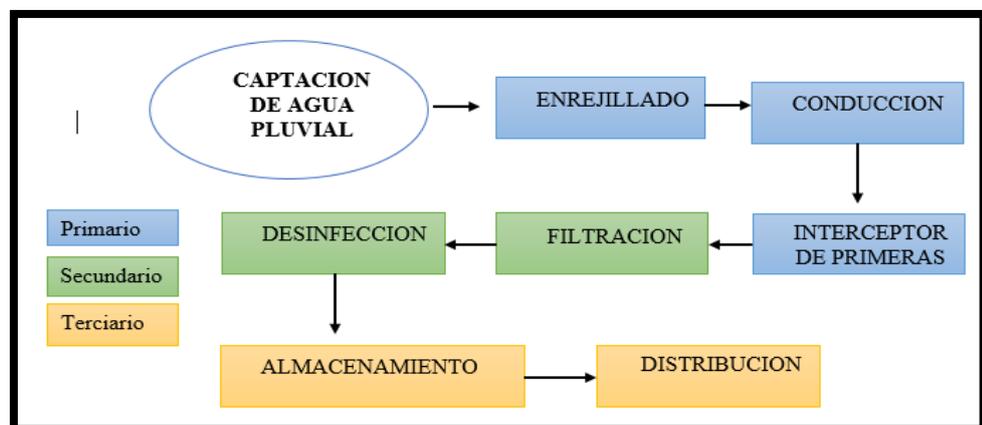
#### 3.2 Propuesta de sistema de captación y aprovechamiento pluvial

Se describe a continuación la propuesta del diseño del sistema de captación de agua pluvial para consumo humano de la población.

- **TREN DE TRATAMIENTO**

Figura 6

*Tren de tratamiento general del sistema de captación de agua pluvial*



*Nota.* En la figura se muestra el proceso de captación de agua pluvial, tratamiento y distribución

● **ALCANCE Y LIMITACIONES**

Esta propuesta tiene como objetivo final la instalación de un sistema de captación de agua pluvial. Teniendo una serie de características que debe tener el sistema, las cuales son:

- Instalación del sistema de captación de agua pluvial
- El terreno destinado cuenta con 48 hectáreas para su construcción.
- Levantamiento topográfico.
- Transporte de materiales y equipos.
- Acondicionamiento de áreas.

El proyecto se limita a realizar un análisis de las propiedades físico y químicos del agua de lluvia.

**3.3. Determinación de los meses lluviosos del año**

Tabla 6

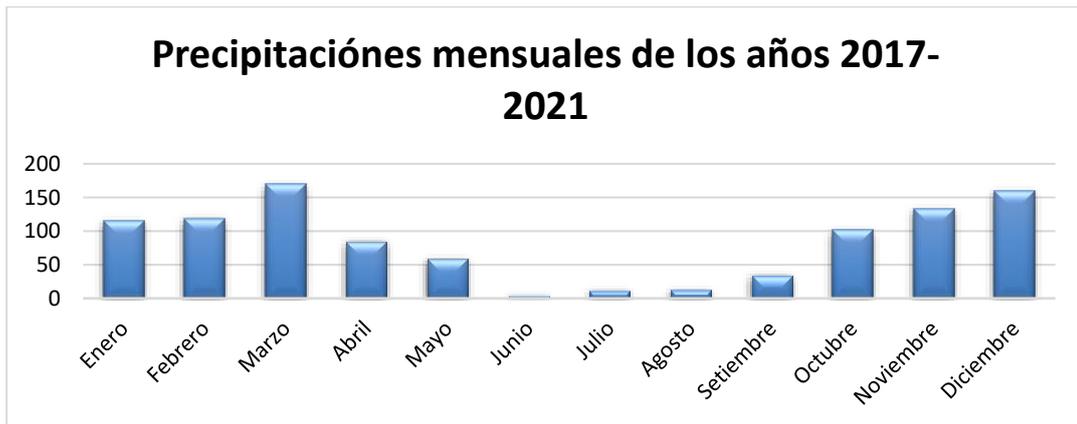
*Promedio de precipitación anual y mensual en mm de los años 2017 al 2021*

AÑO	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2017	102.5	132.2	166	90.1	157	3	0	18.7	26	127.4	28.4	255.7
2018	124.6	138.3	125.9	58.7	52.8	2.1	0	8.4	53.2	127.6	149.5	52.4
2019	69	209.3	198.3	114.6	19.6	1.1	5.9	0	45.3	77.8	141.3	185.8
2020	109.6	50.8	146.4	110	23	0	50.1	0	19.5	27.6	127	173
2021	170.6	63.5	213.8	51.4	42.9	16.9	1.1	35.7	26	146.9	220	132.2
PROMEDIO	115.26	118.82	170.08	84.96	59.06	4.62	11.42	12.56	34	101.46	133.24	159.82

*Nota.* La tabla muestra los datos obtenidos de SENAMHI

*Figura 7*

Precipitaciones mensuales en la provincia de Cajabamba de los años 2017-2021



Nota. En la figura se muestra las precipitaciones promedio mensuales de los años 2017,2018,2019,2020 y 2021

Los meses de mayor precipitación son desde setiembre hasta fines del mes de mayo, 9 meses donde se llevaría a cabo el aprovechamiento de agua pluvial y funcionamiento del sistema de captación para beneficio de los pobladores

### 3.4 Cálculos para el diseño de sistema de captación

#### 3.4.1. Cálculo del volumen de la captación anual

El volumen de captación de agua pluvial anual permitirá determinar el número de meses que el sistema abastecerá a una familia promedio, de acuerdo al consumo mensual establecido anteriormente.

$$V_i = \frac{P_{pi} \times Cr \times Ac}{1000}$$

$V_i$  = volumen de agua captado, m<sup>3</sup>

$P_{pi}$  = precipitación promedio mensual, litro/m<sup>2</sup>

$Cr$  = coeficiente de escorrentía

$Ac$  = Área de captación, m<sup>2</sup>

$$V_i = \frac{P_{pi} \times Cr \times Ac}{1000}$$

$$V_i = \frac{1005.3\text{mm} \times 0.90 \times 112 \text{ m}^2}{1000}$$

$$V_i = 101.33 \text{ m}^3$$

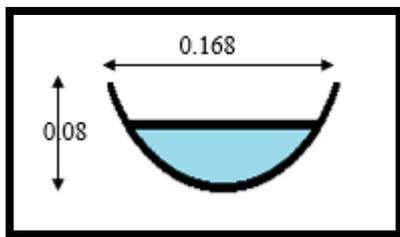
### 3.4.2. Cálculo del volumen del interceptor de primeras aguas de lluvia.

El volumen del separador de primeras aguas se calcula a razón de 1 litro de agua de lluvia por metro cuadrado de área para la captación de agua pluvial, según se menciona en RM. N° 192-2018-VIVIENDA.

Por lo tanto:

$$\text{Área (m}^2\text{)} = \text{Litros.}$$

### 3.4.3. Sistema de conducción - canaleta.



Área de la canaleta= 0.0111 m<sup>2</sup>

Perímetro de la canaleta = 0.2639 m

Tiempo de Precipitación= 24 horas = 86400

El sistema de conducción tiene como función transportar el agua de lluvia captada por los techos y que es depositada a las canaletas de 6 pulgadas, las cuales están ubicadas alrededor del techo y se encargan de conducir el agua hacia el siguiente sistema de separación de primeras aguas. Por ello, se procederá a calcular el caudal de la canaleta.

Tabla 7

Coefficiente de rugosidad "n" de Manning

Material	COEFICIENTE DE RUGOSIDAD "n"
Asbesto cemento y PVC plástico	0.010
Hierro fundido y concreto	0.015

Nota. En la tabla se muestra los coeficientes de rugosidad "n" de Manning

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

Donde:

V= velocidad, m/s

n= coeficiente de rugosidad

R= radio hidráulico, m

S= pendiente de la línea de carga, m/m

### **RADIO HIDRAULICO**

El radio hidráulico se define como:

$$R = \frac{\text{Area de la seccion mojada}}{\text{Perimetro de la seccion mojada}}$$

$$R = \frac{0.0111}{0.2639}$$

$$R = 0.013 \text{ m}^3/\text{s}$$

Para calcular el caudal, es necesario multiplicar por el área de la sección transversal, siendo la nueva fórmula:

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} S^{1/2}$$

$$Q = \frac{1}{0.010} 0.0111 \text{ m}^2 \times 0.042 \text{ m}^{2/3} 0.01^{1/2}$$

$$Q = 0.013 \text{ m}^3/\text{s}$$

### **COMPARACION DE CAUDALES**

Para obtener el caudal de la canaleta y el caudal de la máxima precipitación obtenida de la estación, se realizarán los siguientes cálculos:

Caudal de precipitación:

$$V: P_{\max} \times A_c$$

P<sub>max</sub>: Precipitación máxima = 170.08mm = 0.17008 m

A<sub>c</sub>: Área de captación = 112 m<sup>2</sup>

Tiempo de precipitación 24 horas = 864000 seg

### **Volumen captado en un día de precipitación máxima**

$$V = 0.17008 \text{ m} \times 112 \text{ m}^2$$

$$V = 19 \text{ m}^3$$

Aplicando la formula anterior:

$$Q_p = \frac{V}{t}$$

**Dónde:**

Q= caudal de precipitación, m<sup>3</sup> /s

V= volumen, m<sup>3</sup>

T= tiempo, segundos

$$Qp = \frac{V}{t}$$

$$Qp = \frac{19}{864000}$$

$$Qp = 0.000219 \text{ m}^3/\text{seg}$$

El caudal que será transportado por la canaleta en un día de precipitación máxima es de 0.000219 m<sup>3</sup>/seg y el volumen que puede transportar la canaleta es de 19 m<sup>3</sup>/seg.

**3.4.4. Dosificación de cloro para la potabilización del agua.**

Según el DS N° 011-2006-VIVIENDA mediante el Reglamento Nacional de Edificaciones NORMA OS. 020 indica que el cloro residual mínimo en el agua es de 0.5 ppm y no debe sobrepasar 1 ppm.

Producto	Aplicación	Dosificación
Distribuido por el Ministerio de Salud		
	Desinfección de agua para consumo humano	4 gotas por litro de agua
Hipoclorito de Sodio al 0.5%.	Desinfección de frutas y verduras	6 gotas por litro de agua
Otros productos		
Productos comerciales de hipoclorito de sodio en concentraciones de 2%, 3%, 5% y 6%.	Desinfección de agua para consumo humano	1 gota por litro de agua.
	Desinfección de frutas y verduras	3 gota por litro de agua.
		1 comprimid por litro de agua
Pastillas para desinfectar 1 litro de agua	Desinfección de agua para consumo humano	Para lavar frutas y verduras agregar 3 comprimidos por litro de agua.
Pastillas para desinfectar 20 litros de agua	Desinfección de agua para consumo humano	1 pastilla en 20 litros de agua, esperar 2 horas antes de consumir.

*Nota.* En la tabla se muestra la dosificación de hipoclorito de sodio en el agua para el consumo humano, según el producto y su concentración.

El hipoclorito de sodio (NaClO) o “lejía” como se conoce cuando se disuelve en agua, tiene una concentración (%) específica en el producto, además se sabe que

$$1\% = 10\ 000\ ppm \text{ o } 0.1\% = 1\ 000\ ppm.$$

Tabla 8

*Dosificación de hipoclorito de sodio para agua*

Nota. Datos obtenidos de MINSA

### 3.4.5. Resultados del análisis para especificar los parámetros físicos y químicos a evaluar la calidad de agua.

Después de haber indagado los diferentes artículos de investigación y tomando en cuenta la investigación de Despins, Farahbakhsh, y Leidl, se

considera que se debe cumplir con los siguientes parámetros como lo muestra la tabla 9:

Tabla 9

*Requisitos Físicos, químicos y microbiológicos para agua potable*

Parámetros	Características	Max. Deseable	Max. Admisible
Físicas	pH	7.5 – 8.5	6.5 - 9.2
	Color	5 unidades	50 unidades
	Turbidez	5 unidades	25 unidades
	Cloruros	200 mL/l	600 mL/l
	Dureza de Calcio	75 mL/l	200 mL/l
Químicas	Dureza de Magnesio	30 mL/l	150 mL/l
	Magnesio	0.05 mL/l	0.5 mL/l
	Nitratos	10 mL/l	45 mL/l
Microbiológicos	Coliformes totales	4.5- 5.5	3.5- 6.5
	E. Coli	0.05 mL/l	0.6 mL/l

*Nota.* Esta tabla muestra los requisitos físicos y químicos para el agua potable obtenidos del Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano.

### **3.4.6. Identificar el tipo de material adecuado para la construcción del sistema de captación pluvial.**

La captación de agua de lluvia de los techos, proporciona ventajas como: agua de buena calidad para los habitantes que utilizan el sistema, al mismo tiempo eleva su calidad de vida al no tener que sufrir por abastecerse del recurso, recorriendo grandes distancias para conseguir agua para beber y hacer sus labores domésticas, para esto se recomienda utilizar materiales de buen estado, tales como lo muestra la tabla 10:

Tabla 10

*Materiales para la construcción del sistema de captación*

Procesos para la captación	Categoría	Elementos	Función
Sistema de captación	Metálicas	plancha mecánica ondulada	Colectar agua de lluvia
	Cemento y tejas	Azoteas de cemento, tejados de arcilla o madera.	
Sistema de Conducción	Plásticos	Tuberías de PVC	Conducción del agua de lluvia
	Metálico	Canaletas y tubos metálicos	
Sistema de Almacenamiento	Cemento	Cisterna de cemento o ferrocemento subterránea	Almacenar agua de lluvia y conservar su calidad.
	Plásticos y metálicos	Cisterna de plástico subterránea o a nivel del piso	
		Cisterna de acero inoxidable	
Tratamiento	Primario	Separador de hojas Desarenado	Retirar sólidos grandes
	Secundario	Filtros a presión de sólidos	Eliminar y/o inactivar microorganismos, retener materia orgánica (olor y sabor)
		Filtros de carbón activado	
	Terciario	Ozonador	Eliminar microorganismos y virus

*Nota.* En la tabla se muestra los materiales óptimos para la construcción del sistema de captación.

### 3.4.7. Análisis de costo beneficio

La implementación de un sistema de captación de agua de lluvia doméstico tiene beneficios económicos según el volumen de captación y el volumen de almacenamiento.

En la tabla, se estima los costos de los componentes del sistema de canalización, distribución, filtración, almacenamiento y bombeo.

*Tabla 11*

Estimación de costo para la instalación del sistema de captación pluvial

<b>SISTEMA DE CAPTACIÓN PLUVIAL</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO (Soles)</b>	<b>COSTO TOTAL (Soles)</b>
<b>SISTEMA DE ALMACENAMIENTO</b>				
Tanque (600 L)	L	1	653.60	554
<b>SUBTOTAL DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO</b>				<b>554</b>
<b>SISTEMA RECOLECCIÓN Y CONDUCCIÓN</b>				
Tubería ventilación				
PVC 4' para bajantes	ml	13	30,00	390
Codos	glb	1	1.50	1.50
Semicodos	plg	1	1.50	1.50
Uniones	plg	1	1.50	1.50
Rejilla	mtrs	20 cm2	1.50	1.50
Tubería de abastecimiento	ml	3	30,00	90,00
<b>SUBTOTAL SISTEMA RECOLECCIÓN Y CONDUCCIÓN</b>				<b>486</b>
<b>SISTEMA DE FILTRACIÓN</b>				
Filtro de cisterna	L/s	1	400	99
<b>SUBTOTAL DEL SISTEMA DE FILTRACIÓN</b>				<b>99</b>
<b>INTERCEPTOR DE PRIMERAS AGUAS</b>				
Tubo	L	1	30	30
Tapones	L	1	30	30
Uniones	L	1	30	30
Pelota		1	10	10
<b>SUBTOTAL DEL SISTEMA INTERCEPTOR DE PRIMERAS AGUAS</b>				<b>100</b>
<b>COSTO TOTAL DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN PLUVIAL</b>				<b>1239</b>

*Nota.* En la tabla se muestra la estimación de costo para la instalación del sistema de captación pluvial.

## CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 1.1 DISCUSIÓN

En la tabla N°9, se obtuvo como resultado que los parámetros químicos a evaluar en el agua de lluvia, son los cloruros que determinan el sabor del agua de dulce a salado tiene un límite máximo permisible de  $250 \text{ mg Cl}^{-1} \cdot \text{L}^{-1}$ ; la dureza de calcio tiene un límite de  $500 \text{ mg CaCO}_3 \cdot \text{L}^{-1}$ ; la dureza de magnesio entre el rango de  $30 \text{ mL/l} - 150 \text{ mL/l}$  y la concentración de Nitratos debe estar dentro del límite de  $50 \text{ mg NO}_3 \cdot \text{L}^{-1}$  para determinar si el agua es apta para el consumo humano y de esta manera no genere ningún daño en la salud. Los parámetros microbiológicos a evaluar para determinar la calidad del agua son; los coliformes totales y este debe contener 0 UFC/100mL; y E. Coli debe contener 0 UFC/100mL y Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales debe contener 0 UFC/100mL. Los principales parámetros físicos a evaluar son; el pH que debe estar en un rango 6.5 – 8.5, el color tiene un límite máximo permisible de 15 UCV, la concentración de los sólidos totales disueltos tiene un límite máximo permisible de  $1000 \text{ mgL}^{-1}$  y la turbidez tiene un límite máximo permisible de 4 UNT, tal y como está establecido en el DS N° 031-2010-SA- Reglamento de la calidad del agua para consumo humano (2010), dichos parámetros que son necesarios a evaluar para determinar la calidad del agua.

El diseño integra: sistema de captación, conducción, filtrado, almacenamiento y distribución para abastecer de agua potable, mostrando en la tabla N° 10 que el sistema de captación, son los techos de las casas y según la zona de estudio, el material de lo que están hechos son variables, ya que pueden ser de tejas o metálicas; sin embargo, el tipo de material de los techos no afecta los parámetros de la calidad del agua, como lo indica (León, Córdoba y Carreño,2016). Sin embargo, se recomienda que las primeras lluvias no sean recolectadas, ya que estas sirven como lavado de los techos, tal como lo indica Sierra; Madariaga y Camacho (2013) que las primeras aguas de lluvia deben ser eliminadas ya que han lavado la atmósfera y los techos de las casas, arrastrando polvo, tierra,

excrementos de pájaros y otras impurezas que no las hacen seguras para el consumo humano.

En la tabla N° 10 Para el sistema de conducción se obtuvo como resultado que las canaletas deberían ser de material metálico galvanizado, ya que es un material de buena calidad, ligera, menos susceptible a la corrosión y es la versión más económica de un drenaje de metal, cumpliendo con los criterios como indica Chino, Velarde, y Espinoza (2016), el material de las canaletas debe ser liviano, resistente al agua y fácil de unir entre sí, a fin de reducir las fugas de agua. Sin embargo, los tubos de PVC, no necesitan mantenimiento necesariamente porque no se oxida, no se daña, ni se corroe, garantizando muchos años de durabilidad y su precio es el más bajo en comparación con los otros materiales, adicionando que la instalación es fácil y rápida, corroborando con Chalco (2016), que el agua pluvial captada en techos y áreas de escurrimiento debe ser conducida al sistema de almacenamiento, mediante canaletas de lámina galvanizada y tubería de PVC.

Además, es necesario que el sistema de captación pluvial cuente con un filtro de sólidos grandes, ya que el agua captada proviene de un área externa como azoteas de cemento o tejados de arcilla que pueden contener elementos no deseados. De acuerdo con Atencio (2016) este dispositivo impide que el material indeseable ingrese al tanque de almacenamiento y de este modo minimizar la contaminación del agua almacenada y de la que vaya a almacenarse posteriormente. El sistema requiere también de un filtro que de preferencia sea de polipropileno para partículas iguales o mayores a 50 micras como mínimo que trate entre 15 a 24 litros por minuto, y el cartucho se debe cambiar entre los 3 a 6 meses, dependiendo su uso.

En la tabla N° 10 se obtuvo como resultado que para el almacenamiento de agua se recomienda un tanque mayor a 220L de volumen, de preferencia un tanque de 600L que lograra abastecer satisfactoriamente a la vivienda. El tanque

debe ser de preferencia de polietileno de alta densidad, puesto que es termoplástico, sólido, incoloro y ligero, presentando una gran resistencia a los golpes y a las sustancias químicas y térmicas, además que debe tener una capa interior antibacterial AB gracias a su exclusiva capa UV, la cual impide el paso de los rayos del sol, tal y como lo menciona Fernández (2009), los depósitos son contruidos con materiales opacos para evitar el contacto directo con la luz del sol y el calor.

## 1.2 CONCLUSIONES

- El sistema de captación puede estar contruido con canaletas metálicas o PVC, para una mayor duración y resistencia a las fluctuaciones de la temperatura, Además, los tubos de conducción deben ser PVC por su alta resistencia al oxido, corrosión y rayos UV, y su bajo costo a diferencia de los de metal. Además de que debe contener un separador de primeras aguas para de esta manera tener una mejor calidad de agua. El sistema debe contener un filtro para los sólidos de gran tamaño y el filtro de solidos pequeños para eliminar la mayor cantidad de materias indeseadas posibles. Para el almacenamiento se aconseja utilizar cisternas o tanques de polietileno que tenga capa contra rayos ultravioleta, antibacterial para evitar la reproducción de bacterias.
- Los parámetros físicos a analizar necesariamente son el pH, color y turbidez; los parámetros químicos a analizar los, cloruros y dureza total; y los parámetros microbiológicos son coliformes totales y E. Coli.
- El volumen de almacenamiento para abastecer a 4 habitantes por vivienda es de 220 l/s, donde un tanque de 600 l/s es suficiente para poder abastecer hasta por 2 días y medio, sin embargo, dependerá del uso y consumo de los habitantes, pero en época de lluvia la precipitación es abundante y el abastecimiento al tanque se volvería constante.

- Durante los meses de precipitación se calculó que el volumen de precipitación anual de agua captada es aproximadamente de 101.33 m<sup>3</sup> y el volumen captado en un día de precipitación máxima es aproximadamente de 19 m<sup>3</sup> con un caudal de 0.013 m<sup>3</sup>/s. Además, las canaletas de 6” transporta agua a un volumen de 19 m<sup>3</sup>/seg y tiene un caudal de 0.000219 m<sup>3</sup>/seg.
- La propuesta de diseño del sistema de captación pluvial se logró adaptar al modelo más común de una vivienda de la provincia; puesto que las casas ya cuenta con canaletas instaladas y tanques para contar con agua durante todo el día; logrando determinar que este sistema es altamente beneficiosa en épocas de lluvia; ya que logra abastecer satisfactoriamente a los integrantes de la vivienda; siendo uno de los mayores beneficios el ahorro económico; ya que el agua de lluvia es gratuita y no cuenta con medidores; sin embargo este sistema podría ser de apoyo, mas no permanente porque durante la época de sequía no habría abastecimiento pluvial.

## REFERENCIAS

Atencio E. (2016) Determinación del sistema de captación de agua de lluvia en viviendas rurales, para uso pecuario en la comunidad de Suquinapi del distrito de Ilave, 2016.

Recuperado: [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4791/Atencio\\_Miranda\\_Elmer.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4791/Atencio_Miranda_Elmer.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Camacho (2017) Tratamiento y Abastecimiento de Agua Cajabamba. *Recuperado de* : <https://es.scribd.com/document/366065249/Proyecto-Final-Cajabamba#download>

Chino, M., Velarde, E., & Espinoza, J. (2016). Capturing rainwater in coverage of rural housing for human consumption in the Community of Vilca Maquera, Puno-Peru. revista investigaciones altoandinas-journal of high andean research, 18(3), 365-373. DOI: 10.18271/ria.2016.226

Cumbal (2013) Diseño del sistema de alcantarillado sanitario proyectado a 30 años para la Parroquia de Malchinguí, Cantón Pedro Moncayo. Recuperado de : <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/2073/1/T-UIDE-1198.pdf>

Esparza, M. (2013) La sequía y la escasez de agua en México. Situación actual y perspectivas futuras. Revista Scielo. Recuperado de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0186-03482014000200008](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-03482014000200008)

Gonzaga, F. (2015). Diseño de un sistema de captación de agua de lluvia para uso doméstico en la isla de Jambelí, Cantón Santa Rosa, Provincia de el Oro (Tesis de Pregrado). Universidad Técnica de Machala, Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/3115/1/SISTEMA%20DE%20CAPTACION%20DE%20AGUA%20LLUVIA.pdf>

García, J. (2012). Sistema de captación y aprovechamiento pluvial para un ecobarrio de la ciudad de México (Tesis de maestría). Universidad nacional autónoma de

México, México. Recuperado de <http://islaurbana.mx/wp-content/uploads/2017/06/Captacion-lluvia-tesisHiram-Garcia.pdf>

Esparza, (2014). La sequía y la escasez de agua en México. Situación actual y perspectivas futuras. Revista Scielo. Recuperado de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0186-03482014000200008](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-03482014000200008).

Henao, J. & Castaño, Y. (2016). Gestión ambiental universitaria a partir del aprovechamiento de agua pluvial (Tesis de pregrado). Universidad tecnológica de Pereira, Colombia. Recuperado de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/6481/3337H493.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Herrera, L. (2010). Estudio de Alternativas, para el USO sustentable Del agua de lluvia (Tesis de Pregrado). Institute Polytechnic National, México. Recuperado de <https://www.academia.edu/4430856/A>

Iagua (2017) El problema no es la sequía sino la escasez y la sobreexplotación del agua en España. Recuperado de <https://www.iagua.es/noticias/seobirdlife/problema-no-es-sequia-sino-escasez-y-sobreexplotacion-agua-espana>

León, A., Córdoba, J., & Carreño Sayago, U. (2016). Revisión del estado de arte en captación y aprovechamiento de aguas lluvias en zonas urbanas y aeropuertos. *Tecnura*, 20(50), 141-153. doi: 10.14483/udistrital.jour.tecnura.2016.4.a10.

MINSA (2010) Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano recuperado de: [http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/Reglamento\\_Calidad\\_Agua.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/Reglamento_Calidad_Agua.pdf)

OPS & CEPIS (2004) Guía de diseño para captación del agua de lluvia recuperado de:

<https://www.itacanet.org/esp/agua/Seccion%204%20Lluvia/Guia%20de%20dise%C3%B1o%20para%20captaci%C3%B3n%20del%20agua%20de%20lluvia.pdf>

RNE (2006) Reglamento Nacional de Edificaciones. Recuperado de:  
[https://www3.vivienda.gob.pe/Direcciones/Documentos/RNE\\_Actualizado\\_Solo\\_Saneamiento.pdf](https://www3.vivienda.gob.pe/Direcciones/Documentos/RNE_Actualizado_Solo_Saneamiento.pdf)

Ruvalcaba F. (2012). Sistema de captacion del agua de lluvia para consumo Animal en el Elejido la Candelaria Municipio de Candelaria, Campeche. Las Agujas, Zapopan: Universidad de Guadalajara. Recuperado de <http://biblioteca.cucba.udg.mx:8080/xmlui/handle/123456789/5585>.

Sarría (2014) Sistemas de Información Geográfica. Recuperado de:  
<https://www.um.es/geograf/sigmur/sigpdf/temario.pdf>

Sierra A; Madariaga F & Camacho, J (2013). Diseño y desarrollo de módulos de almacenamiento para un sistema de captación de agua pluvial para vivienda de interés social. doi: 10.13140/RG.2.1.4555.3366.

Solano, C., Gonzaga, F., Espinoza, F. & Espinoza, J. (2015). Sistema de Captación de agua de lluvia para USO doméstico, Isla Jambelí, cantón Santa Rosa (Tesis de Pregrado). Universidad Técnica de Machala, Ecuador. Recuperado de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/DialnetSistemaDeCaptacionDeAguaDeLluviaParaUsoDomesticoEn-6550736.pdf>

Vargas Z. (2009) La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica. Revista Educación. Recuperado de: Redalyc <https://www.redalyc.org/pdf/440/44015082010.pdf>

Villón M. (2002). Hidrología. Lima: Villón

Miglio, R., (2009) Abastecimiento de agua en el medio rural. Recuperado de  
<https://www.ircwash.org/sites/default/files/221-16989.pdf>

Gobierno del Perú. (2004). Parametros de Diseño de Infraestructura de Agua y  
Saneamiento para Centros Poblados Rurales. MVCS, Pronasar, MIMDES, FONCODES,  
Perú.

UNATSABAR (Unidad de Apoyo Técnico Básico Rural). (2001). Guía de Diseño  
para Captación del Agua de Lluvia. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y  
Ciencias del Ambiente, Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial  
de la Salud.

Zambrano R. (2016) Contaminación de Cajabamba. Recuperado de:  
<https://es.scribd.com/document/334568844/Contaminacion-en-Cajabamba>

## ANEXOS

### Simulación en 3D del sistema de captación de agua pluvial



➤ <https://drive.google.com/file/d/1e7hW1w0Ik4zxYzLKu4adIRS0h5Oy7nuM/view?usp=sharing>