

FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería Civil

“DISEÑO DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN,
ALMACENAMIENTO Y TRATAMIENTO DE
AGUAS DE LLUVIAS, COMO ALTERNATIVA DE
AHORRO DE AGUA POTABLE DE LA IE
MARIAVILCA 82096, CAJAMARCA, 2021”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniera Civil

Autora:

Erika Marcela Ramirez Guerra

Asesor:

Ing. German Sagastegui Vásquez

Cajamarca - Perú

2021

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a mi madre Dora Guerra y a mis hijas Dora y Lucía, ya que sin ellas este logro no sería posible para mí.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme cada día la oportunidad de luchar por mis sueños otorgándome salud y tranquilidad de ver a mi familia progresar, así mismo agradezco a mi madre quien me apoya incondicionalmente, por último, a mis hijas que son el aliciente en cada una de mis esfuerzos.

Tabla de contenidos

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
RESUMEN.....	7
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	8
1.1. Realidad Problemática.....	8
1.2. Formulación del problema	20
1.3. Objetivos	21
1.4. Hipótesis	21
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	23
2.1. Tipo de investigación	23
2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)	25
2.4. Técnicas e instrumentos, materiales	28
2.5. Procedimiento de recolección de datos.....	33
2.6. Procedimiento de tratamiento y análisis de datos.....	34
2.7. Aspectos éticos.....	35
CAPÍTULO III. RESULTADOS	36
CAPÍTULO IV. DISCUSION Y CONCLUSIONES.....	56
CONCLUSIONES:.....	59
REFERENCIAS	60
ANEXOS.....	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Coeficiente de escurrimiento de diferentes materiales	29
Tabla 2: Precipitación promedio mensual en el distrito de Pedro Gálvez – San Marcos	40
Tabla 3: Resumen de precipitación promedio mensual de la estación Pedro Gálvez – San Marcos.....	41
Tabla 4: Abastecimiento proveniente de la superficie de captación por mes	42
Tabla 5: Demanda de agua en la institución educativa por mes.....	44
Tabla 6: Balance hídrico por mes en metros cúbicos.....	45
Tabla 7: Resultados de análisis físico químico y bacteriológico de la muestra de agua de lluvia.....	51
Tabla 8: Componentes del sistema de captación, almacenamiento y tratamiento de agua de lluvia	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Vista en planta de la I.E Mariavilca 82096 ;Error! Marcador no definido.	
Figura 2: Ubicación de la I.E Mariavilca 82096	26
Figura 3: Detalle de canaletas colectoras del agua de lluvia	29
Figura 4: Detalle de filtro de malla	30
Figura 5: Detalle de filtro de malla (tipo esfera)	30
Figura 6: Detalle de filtro de malla (cubriendo toda la longitud de la canaleta)....	31
Figura 7: Detalle de cisterna enterrada	31
Figura 8: Detalle de bombba eléctrica	326
Figura 10: Detalle de filtro entre el embudo de ingreso y tubería bajante	39
Figura 11: Precipitaciones mensuales en milímetros	41
Figura 12: Volumen de almacenamiento de metros cúbicos	42
Figura 13: Demanda de agua en la institución educativa por mes	45
Figura 14: Balance hídrico por mes en metros cúbicos	46
Figura 15: Detalle de las medidas del tanque cisterna en metros	46
Figura 16: Sistema de bombeo	47
Figura 17: Filtro de arena.....	53

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo realizar el diseño de un sistema de captación, almacenamiento y tratamiento de aguas de lluvias, como alternativa de ahorro de agua potable en la Institución Educativa Mariavilca; para ello se calculó el área apta para captación de agua lluvia de la infraestructura de la Institución Educativa Mariavilca, la cual es una proyección horizontal del techo a dos aguas de la institución educativa, también se calculó la oferta de agua pluvial a partir de la información reportada en la estación pluviométrica del SENAMHI localizada en el distrito de Pedro Gálvez, región Cajamarca; información de precipitación mensual expresada en milímetros, la cual fue sumada para obtener la precipitación anual y expresada en metros que al ser multiplicada por el área de captación de agua de lluvia y por un factor de absorción nos brinda el volumen de agua de lluvia ofertado para finalmente dimensionar el SCALL de la Institución Educativa Mariavilca 82096 – Pedro Gálvez – San Marcos, definiendo el volumen de almacenamiento requerido, así como la dotación diaria para el cálculo del volumen del tanque elevado que distribuye el agua de lluvia captada.

Palabras clave: Agua de lluvia, captación de agua de lluvia, usos del agua de lluvia.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

La problemática del déficit de agua en el planeta, cada vez se agudiza más, generando el interés en implementar nuevas fuentes de agua, las cuales incluyen la reutilización de aguas grises y el uso de agua proveniente de las precipitaciones, cada vez escasean mas las fuentes de agua que garanticen la calidad de agua necesaria para el consumo humano.

La escasez de agua en la localidad de Mariavilca se agudiza entre los meses de abril a noviembre, meses en los que se realizan las labores escolares, por lo que se evidencia la necesidad de captar y almacenar agua que será utilizada para consumo humano, descarga de inodoros, limpieza y riego de áreas verdes, sobre todo en los meses de estiaje.

El aprovechamiento del agua de lluvia para satisfacer las necesidades de las localidades rurales es un objetivo a nivel mundial, el Manual de uso, operación, mantenimiento y construcción de un Sistema Doméstico de Cosecha de Agua de Lluvia, indica que:

Existen tres tipos de fuentes de agua: aguas superficiales, aguas subterráneas y agua de lluvia. En las comunidades rurales es muy común encontrar que las viviendas cuentan con sistemas sencillos para canalizar el agua pluvial de los techos hacia piletas o cisternas, especialmente en aquellos lugares donde no se cuenta con una fuente de abastecimiento cercana o no se tiene agua de buena calidad. La cosecha de agua de lluvia (captación de agua de lluvia) es una muy buena alternativa para el abastecimiento de agua de buena calidad in situ, a nivel

doméstico durante la temporada de lluvia y más allá de este si se cuenta con tanques de almacenamiento (cisternas). Además, permite aliviar la pesada tarea acarrear el agua o entubarla por grandes distancias. La captación agua de lluvia disminuye la demanda de agua de otras fuentes como ríos, cuerpos de agua, pozos y manantiales durante al menos la temporada de lluvia. Guterrez & Bulnes (2016)

Los diversos intentos de mejorar la situación del abastecimiento de agua para la realización de diversas actividades de la población en el Perú llevan a investigaciones como: Rumbo a un Programa Nacional de Siembra y Cosecha de Agua: Aportes y reflexiones desde la práctica, en la cual se indica lo siguiente:

Por supuesto que no siempre tiene sentido interceptar más aguas de lluvia en aquellas zonas del Perú que ya cuentan con abundantes volúmenes de agua, como es el caso de gran parte de la Amazonía (donde debería trabajarse sobre todo en el acceso y calidad del agua potable). Pero en otras partes, la “ganancia de agua” que se pudiera obtener por incorporar el concepto de gestión de aguas de lluvia podría ser absolutamente sustancial, más aún considerando la creciente variabilidad climática y cambio climático, y relacionado con ello, el alarmante retroceso de los glaciares en 20 cordilleras nevadas del país, muchas de ellas ubicadas en la sierra central y sur del país, a excepción de la Cordillera Blanca. Los glaciares cumplen una importante función de regulación hídrica entre las estaciones del año, al retener en forma de nieve y hielo las precipitaciones que caen sobre ellas, y soltar una parte de este volumen cuando se descongela en época seca. MINAGRI (2016)

En la misma investigación refiriéndose a la realidad de la variabilidad de precipitaciones en diferentes estaciones según la región natural en el Perú, se describe lo siguiente:

La percepción que se tiene sobre la escasez de agua en las distintas partes del Perú y en determinados periodos del año podría cambiar sustancialmente, si se amplía la visión hacia una gestión de aguas de lluvia, no limitada a la gestión de caudales. Si el porcentaje de uso de las aguas que precipitan sobre territorio peruano se incrementase, del actual promedio de 1% a 2%, la escasez (temporal) de agua en muchas partes del país estaría resuelta por largo tiempo.

El elemento central de la siembra y cosecha de agua consiste en incrementar la interceptación, retención, almacenamiento (superficial o subsuperficial) y regulación de aguas de lluvias; cuando las precipitaciones son suficientemente intensas para producir (momentáneamente) esorrentía superficial (diciembre a marzo en ámbitos de la sierra). Ello, para luego usarlas en periodos de déficit de agua (entre los meses de abril hasta noviembre, en la mayor parte de la sierra). Aún en zonas de escasa precipitación anual (en el orden de 300 mm/año en las estribaciones occidentales de la sierra), prácticas de siembra y cosecha de agua pueden ser muy efectivas para acumular volúmenes de agua, siempre y cuando se presenten cortos periodos de lluvia de suficiente intensidad. MINAGRI (2016)

A nivel mundial el problema de escasez de agua es motivo de muchas investigaciones y debates como el generado en el seminario Captación y aprovechamiento de agua de lluvia en América Latina, en el que el Ing. Jorge Carrasco, del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), señaló que las

precipitaciones en el secano de la Región de O’Higgins durante los últimos cinco años se han mantenido por debajo de los 600 mm, lo que está generando serios problemas en el abastecimiento de agua, y hace necesario emprender acciones de adaptación, como la instalación de sistemas de captación de agua de lluvias. Acevedo (2016).

La problemática del agua nos enfrenta a una difícil realidad y a un desalentador futuro, en ese contexto las soluciones propuestas en soluciones más drásticas incluyen la reutilización de aguas negras en la investigación: Reutilización de Aguas Grises: Seminario Agua, propone:

Es importante destacar que la reutilización planificada ha alcanzado un gran desarrollo no sólo en países con una escasez tradicional de recursos hídricos, sino especialmente en países con grandes recursos hidráulicos y con un elevado nivel de vida. Los altos incrementos de la demanda de agua, con frecuencia en lugares donde son escasos los recursos hídricos, han motivado a dirigirse hacia los efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) como una fuente alternativa de recursos hídricos. Una vez sometidos a un proceso adecuado de regeneración, estos efluentes son reutilizados para riego agrícola y de jardinería, para refrigeración industrial, para recuperación ambiental y para recarga de acuíferos, entre otros reúsos. D’Elmar, García, Hequilén , & Rossi, (2008)

A parte del problema de sequía, existen otros motivos por los que se ha considerado la importancia de implementar sistemas de aprovechamiento de aguas de lluvia, como por ejemplo territorios donde se cuenta con cantidad suficiente de

recurso hídrico sin embargo la calidad del mismo no permite su consumo, un caso interesante es el que se describe en la investigación: Sistemas de Captación de Agua de Lluvia para Consumo Humano, Sinónimo de Agua Segura. Basán, Sánchez, Tosolini, Tejerina, & Jordan (2018), donde se describe la siguiente situación:

En el norte de la Provincia de Santa Fe, Argentina, el agua subterránea presenta condicionantes por exceso de sales y/o elementos tóxicos para el consumo humano y el riego de huertas, por lo que se considera estratégico la utilización del agua de lluvia como seguridad hídrica para satisfacer la demanda de la dieta de las familias.

Para ello el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) de la República Argentina investiga generando, adaptando, validando y transfiriendo alternativas de Sistemas de Captación y Aprovechamiento de agua de Lluvia (SCALL) utilizando tecnologías apropiadas y apropiables.

El objetivo prioritario es dar respuesta a la demanda de agua para consumo humano y de autoconsumo teniendo en cuenta la calidad físico-química y microbiológica garantizando que el agua sea segura, libre de gérmenes patógenos y que no contenga elementos tóxicos.

Como vemos la problemática de la escasez de agua para consumo humano es una constante mundial, los intentos de aprovechamiento de agua pluvial o aguas grises tratadas son una necesidad para la humanidad.

En diversos países se vienen realizando investigaciones con el objetivo de aprovechar las diversas fuentes de agua alternativas, en la tesis Sistema de

captación de aguas pluviales para consumo doméstico, Fulgencio (2020) concluye que:

La viabilidad de implantar un sistema de recuperación pluvial se debe estudiar desde dos variantes: económica y sostenible. Desde el punto de vista ecológico son indiscutibles los beneficios ambientales que se pueden conseguir. Desde el punto de vista económico se puede llegar a un ahorro anual el 50% del agua que se verá reflejado en la factura en la parte variable del abastecimiento. A pesar de este beneficio la elevada inversión en la instalación y las cuotas fijas en la factura el sistema puede salir rentable a largo plazo en un rango aproximado de 30 años. En este estudio no se han tenido en cuenta las posibles subvenciones que se pueden solicitar y reducirían en torno a un 20-30% el coste de la inversión. Por lo tanto, el periodo de amortización del sistema se vería reducido a 24 años.

En la investigación: Sistema de captación y tratamiento de agua de lluvia por canaletas en coberturas impermeables de viviendas rurales en el Centro Poblado de Inchupalla, se concluye que:

El sistema de captación de agua de lluvia mediante canaletas en coberturas impermeables de viviendas rurales por su diseño garantiza una eficiencia mínimamente del 80%, ya que el material que se sigue para la captación tiene una rugosidad cero, es decir que es completamente lisa, lo que facilita el transporte del agua, además de contar con una pendiente mayor al 5% que favorece la conducción del agua y no provoca derrames o desperdicios. Velásquez (2021).

En el ámbito del sistema educativo también se vienen realizando esfuerzos para aprovechar el agua de lluvia, en la investigación: Propuesta de un Sistema de

Aprovechamiento de Agua Lluvia, como alternativa para el ahorro de agua potable, en la Institución Educativa María Auxiliadora de Caldas, Antioquia se da cuenta que:

El aprovechamiento del agua lluvia para diferentes usos, es una práctica interesante, tanto ambiental como económicamente, si se tiene en cuenta la gran demanda del recurso sobre las cuencas hidrográficas, el alto grado de contaminación de las fuentes superficiales y los elevados costos por el consumo de agua potable en una institución educativa...el aprovechamiento de agua lluvia es una opción técnicamente viable, pero requiere de una inversión inicial que puede ser alta sino se tienen los suficientes recursos que la financien, por lo que puede representar una solución interesante para contribuir a la gestión y el desarrollo sostenible de la Institución Educativa, siempre y cuando haya apoyo externo a la misma para desarrollar éste tipo de proyectos. Palacio (2010)

Dentro de los factores que influyen en el inadecuado aprovechamiento del recurso hídrico, es el uso de agua potable en actividades que no requieren de la calidad de agua potable, por ejemplo, en descarga de inodoros, limpieza de pisos y riego de áreas verdes. Esas actividades se pueden realizar utilizando agua que no tenga las características del agua potable.

En la Tesis, Diseño de un sistema de captación de aguas pluviales, para el uso doméstico en viviendas del barrio La Florida del distrito de Yurimaguas – provincia de Alto Amazonas– región Loreto, se indica que:

El agua se ha gestionado, básicamente, desde el lado de la oferta no dándole atención a la demanda; así tenemos que, en las actividades diarias del hombre,

existen varias de ellas, en las cuales se utiliza agua potable, cuando por su naturaleza, estas pueden realizar con agua que no tenga esta calidad, estimándose que una dotación diaria de 151 litros, aproximadamente tan solo 61 litros requieren que tenga la calidad de potable. Grandez (2017)

Debido a la gran cantidad de investigaciones realizadas en la procura de aprovechar eficientemente las diversas fuentes alternativas de agua, ahora es más fácil obtener información para una correcta selección del sistema de aprovechamiento de agua pluvial. Así mismo los componentes del sistema de aprovechamiento de Agua Pluvial dependerá de la fuente y del uso del agua regenerada.

En la investigación, Manejo de aguas pluviales en el Hotel Alejandría Resort, Calderón & Rivera (2019), concluye que el diseño del sistema comprende el arreglo y dimensionamiento de los siguientes componentes: Una captación conformada por las cubiertas de las torres A, B, C, D y el área de infiltración de la piscina, que mediante imbornales y sistemas de tubería conduce el agua pluvial hasta un canal natural noreste, que a su vez la transporta hasta un tanque de lavado de primeras aguas, para posteriormente entrar a un tanque de almacenamiento de agua pluvial primario. Desde allí, por bombeo, se conduce a un tanque de mezcla, y en este punto se realiza una solución 1:5 con agua de fuente fluyente y la adición de 35mg/l de CaCO_3 , para que finalmente, pueda ser conducida hasta la estación de tratamiento.

Por lo que para poder comprender con mayor exactitud los sistemas utilizados para el tratamiento de aguas grises debemos tener claros algunos conceptos:

Agua potable. - Se denomina agua potable o agua para consumo humano la cual se puede consumir sin restricción alguna y preparar alimentos porque no presenta peligro alguno, sus características son de fácil reconocimiento es que no presenta turbiedad es incoloro y no emana olores su PH debe estar entre los 6.5 y 9.5.

Precipitación. - Es una forma de hidrometeoro que cae de la atmosfera y golpea en la superficie de la tierra como lo es la lluvia, llovizna, granizo, nieve, también la cantidad de precipitación sobre un punto de la superficie terrestre es llamada pluviosidad, o monto pluviométrico (Se usa para medir la cantidad de precipitaciones caídas en un lugar durante un tiempo determinado).

Intensidad de precipitación. - Es la cantidad de lluvia caída o precipitada sobre cierta zona geográfica en un rango de tiempo determinado, permitiendo así obtener un valor de referencia aproximado con el cual se logra estimar el caudal y por ende el diámetro de la tubería de conducción del agua lluvia recolectada.

Captación. - El área de recolección de agua lluvia en el cual se debe tener en cuenta el material del tejado para garantizar que el agua captada no tendrá sustancias u olores adicionales que contaminen el agua.

Infraestructuras de almacenamiento y distribución. – conjunto de instalaciones destinadas a almacenar y distribuir el agua regenerada por medio de una red o bien depósitos móviles, públicos y privados.

Bajantes y canaletas. - Son el conjunto de canales y ductos hechos de diferentes materiales y de diferentes formas que conducen el agua lluvia recolectada desde el techo o área de captación hasta el sistema de almacenamiento. Las canaletas deben ser de materiales resistentes al agua, livianos y que permitan un acople fácil

entre sí para reducir al máximo las pérdidas de agua, por lo general suelen ser de metal o de polímeros (siendo el PVC el más usado). Para calcular las dimensiones de las bajantes y los canales debemos conocer la intensidad de precipitación o lluvias para así hallar el caudal de recolección.

Sistemas de reutilización de las aguas. – conjunto de instalaciones que incluye la estación regeneradora de aguas, y las infraestructuras de almacenamiento y distribución de las aguas regeneradas hasta el punto de entrega a los usuarios, con la dotación y calidad definidas según los usos previstos.

Usuario del agua regenerada. – persona física o jurídica, o entidad pública o privada que utiliza el agua regenerada para el uso previsto.

Punto de entrega de las aguas depuradas. – lugar donde el titular de la autorización de vertido de aguas residuales entrega las aguas depuradas en las condiciones de calidad exigidas en la autorización de vertido para su regeneración.

Una visión interesante de la problemática de la escasez de agua es brindada en el artículo: “Depuración y reutilización de aguas residuales regeneradas en las regiones de Murcia y Valencia”: ... “El uso de recursos no convencionales (desalinización, pluviales, residuales depuradas) se presenta como una fuente alternativa y de adaptación al régimen de precipitaciones más escasas y erráticas que podría provocar el cambio climático. Por tanto, reviste gran interés conocer y caracterizar estos flujos no convencionales, su aprovechamiento actual, modelo de gestión y su potencial de uso a corto y medio plazo” (Rico, Arahetes, & Morote, 2016)

Así mismo en la tesis: *Uso, Reuso y Reciclaje del Agua Residual en una vivienda*, se describe el fenómeno de la reutilización de la siguiente manera:

La reutilización del agua es un fenómeno que se produce en el planeta desde que los seres vivos existen sobre él, lo cual se conoce como el Ciclo Hidrológico. El agua evapotranspirada por las plantas se acumula en la atmósfera en forma de vapor de agua, desde donde cae posteriormente sobre el suelo en forma de lluvia, para ser utilizada de nuevo por otros seres vivos. Se estima aproximadamente que, en el ciclo del agua, ésta experimenta de 5 a 6 usos antes de evaporarse en el follaje, la tierra, los ríos, lagos y el océano donde se cierra el ciclo hidrológico. En definitiva, la recuperación del agua no es más que una manifestación del proceso cíclico continuo que experimentan los recursos naturales del planeta.

Junto a esta forma de reutilización del agua, denominada incidental o fortuita, ha surgido durante las últimas décadas un enorme interés por la reutilización planificada del agua. Por reutilización planificada o directa se entiende la utilización para un nuevo empleo las aguas procedentes de un uso previo, sin mediar para ello el vertido en un cauce natural. De este modo, un agua empleada es sometida a un tratamiento que le permita alcanzar cierta calidad antes de ser enviada a otra zona para ser aprovechada de nuevo en un uso adicional. Kestler (2004)

En el Manual de Uso, Mantenimiento y Construcción del Sistema Doméstico de Cosecha de Agua Lluvia se describe de la siguiente manera la problemática del agua:

Desde una perspectiva del Derecho Humano al agua y el saneamiento, la ecotecnología de captación de agua de lluvia puede ser considerada como una excelente opción para satisfacer el acceso básico o intermedio de agua a escala doméstica en comunidades rurales dispersas. La promoción y adopción de ecotecnologías es una alternativa para dar cumplimiento a este derecho fundamental. Gúterrez & Bulnes (2016)

El estudio se justifica en la necesidad de cubrir la demanda de agua potable en la población estudiantil de la Institución Educativa (Nivel Primaria) de la localidad de Mariavilca ubicada en el distrito de Pedro Gálvez, Provincia de San Marcos, Región Cajamarca, mediante el uso de agua proveniente del sistema de captación, almacenamiento y tratamiento de las aguas lluvias recolectadas en la Institución Educativa.

La implementación del sistema beneficiará a la población estudiantil, así como al personal docente, administrativo y a las madres responsables de la elaboración de los alimentos del programa Qali warma, debido a que en época de sequía el sistema de agua potable no funciona.

El problema del agua a nivel mundial ha generado muchas intervenciones en el manejo adecuado y eficiente del recurso hídrico, a través de las Organizaciones Gubernamentales y No Gubernamentales, Extranjeras y Locales, las cuales realizan múltiples investigaciones con el objetivo principal de una distribución sostenible y equitativa del recurso natural. Debido a la diversidad geográfica y meteorológica de nuestro país no puede plantearse soluciones únicas, en cambio

cada propuesta de ahorro y manejo del agua deberá ser específica para cada realidad geográfica, social y meteorológica.

En la investigación, Diseño de un Sistema de Aprovechamiento de Aguas Lluvias para la Facultad Tecnológica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, se refuerza el concepto de la necesidad de aprovechar fuentes alternativas de agua, así como la optimización del uso de agua potable, indicando lo siguiente:

Al ser indispensable su consumo diario, se deben buscar formas de optimizar su uso para así evitar desperdicios, contaminación y desabastecimiento; por ello es que una buena idea es aprovechar el recurso hídrico de la lluvia para usos industriales y sanitarios, así evitando el mal uso del agua potable, costos excesivos en las facturas; y como en estos procesos no se requiere potabilizar el líquido, termina siendo una medida económica y fácil de implementar. De esta manera surge la necesidad de construir sistemas de recolección de aguas lluvias adaptados a cada entorno, territorio y/o lugar geográfico distinto, nos permite aprovechar las precipitaciones para usos cotidianos y de procesos industriales (que no vayan dirigidos al consumo humano), especialmente ubicados en ciudades donde los costos y la demanda del recurso hídrico suelen ser muy elevados. Bautista & Sánchez (2018)

1.2. Formulación del problema

¿Cómo es el diseño de un sistema de captación, almacenamiento y tratamiento de aguas de lluvias, que generará un ahorro de más del 50% de agua potable la IE Mariavilca 82096, Cajamarca, 2021?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Realizar el diseño de un sistema de captación, almacenamiento y tratamiento de aguas de lluvias, como alternativa de ahorro de agua potable en la Institución Educativa Mariavilca, Cajamarca, 2021.

1.3.2. Objetivos específicos

- Calcular el área apta para captación de agua lluvia de la infraestructura de la Institución Educativa Mariavilca – Pedro Gálvez – San Marcos.
- Calcular la oferta de agua pluvial a partir de la información reportada en la estación pluviométrica del SENAMHI con código 4.725E+209, localizada en el distrito de Pedro Gálvez, región Cajamarca.
- Dimensionar el sistema de captación, manejo, aprovechamiento y tratamiento de aguas lluvias de la Institución Educativa Mariavilca – Pedro Gálvez – San Marcos.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis General

- La implementación de un Sistema de captación, almacenamiento y tratamiento de aguas de lluvias generará más de 50 % de ahorro en el consumo de agua potable en la Institución Educativa Mariavilca, Cajamarca, 2021

1.4.2. Hipótesis específicas

- El volumen captado de agua lluvia, si es un ahorro significativo para la infraestructura de la Institución Educativa Mariavilca, Cajamarca, 2021
- La oferta de agua pluvial a partir de la información reportada en la estación pluviométrica del SENAMHI localizada en el distrito de Pedro Gálvez,

Cajamarca, si es significativa para el uso de la Institución Educativa Mariavilca.

- El sistema de captación, almacenamiento y tratamiento de aguas de lluvias, si tiene el diseño adecuado y sostenible para uso de la Institución Educativa Mariavilca, Cajamarca, 2021

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

Este capítulo abarca la metodología utilizada, caracterizando los materiales, los instrumentos a utilizar, la descripción de los métodos y el procedimiento a emplear. Asimismo, este capítulo comprende la metodología para el diseño de un sistema de captación, almacenamiento y tratamiento de aguas de lluvias, como alternativa de ahorro de agua potable en la Institución Educativa Mariavilca, realizando el análisis de la zona para la captación de agua lluvia de la infraestructura de la Institución Educativa Mariavilca y la oferta de agua pluvial a partir de la información reportada en la estación pluviométrica del SENAMHI.

2.1. Tipo de investigación

2.1.1. Enfoque

Según la naturaleza de datos de la investigación, el método empleado es el método cuantitativo, ya que representa un conjunto de procesos en nuestro tema de investigación, en nuestra investigación analizaremos las diferentes variables para determinar un diseño de captación, almacenamiento y tratamiento de aguas de lluvias, para reducir el consumo de agua potable en la institución educativa Mariavilca. Según el autor Hernández (2014) en su libro llamado: Metodología de la investigación, nos comenta que el enfoque cuantitativo es secuencial y probatorio. Parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco teórico. De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se traza un plan para probarlas; posteriormente, se miden las variables en un

determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos, y se extrae una serie de conclusiones.

2.1.2. Tipo

La presente investigación es del tipo aplicada, porque nuestros resultados brindan alternativa de solución ante el problema de abastecimiento de agua potable en Institución Educativa Mariavilca, mediante el diseño de un sistema de captación almacenamiento y tratamiento de aguas de lluvia. Vargas (2009) en su artículo: La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica, considera que el enlace entre la ciencia y la sociedad es la investigación aplicada, mediante el cual los conocimientos son utilizados en la práctica, ubicándolos donde se da la situación que será intervenida mejorada o transformada; por lo que no se debe prescindir de este tipo de investigación. Por lo que concluye que la investigación aplicada es una forma ágil y placentera de resolver situaciones problema de interés propio del ámbito disciplinar y profesional.

2.1.3. Diseño de la investigación

El diseño de la presente investigación es no experimental transversal, es decir que se observan los hechos sin embargo el investigador no interviene en la situación ni manipula a los actores.

En la investigación: Generalidades sobre metodología de la investigación se describe la investigación no experimental:

La investigación no experimental es la que no manipula deliberadamente las variables a estudiar. Lo que hace este tipo de investigación es observar

fenómenos tal y como se dan en su contexto actual, para después analizarlo. Cortes & Iglesias (2004)

Y es transversal transversal ya que se observará y analizará los datos de variables recopilados sobre una muestra durante un periodo de tiempo

La investigación se basa en un diseño documental para finalmente proponer un sistema de captación, almacenamiento y tratamiento de aguas de lluvias, como alternativa de ahorro de agua potable en la IE Mariavilca 82096.

2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

Población.

Obras de captación, almacenamiento y tratamiento de aguas de lluvias en las instituciones educativas en el distrito de Pedro Gálvez

Muestra.

Obras de captación, almacenamiento y tratamiento de aguas de lluvias en la institución educativa Mariavilca,

La Institución Educativa Mariavilca se encuentra en la localidad del mismo nombre, la cual está ubicada en el distrito de Pedro Gálvez, Provincia de San Marcos, región Cajamarca; a una altitud de 2544 m.s.n.m, entre las coordenadas 814554.8 E y 9184662 N.

Ubicación Geográfica:

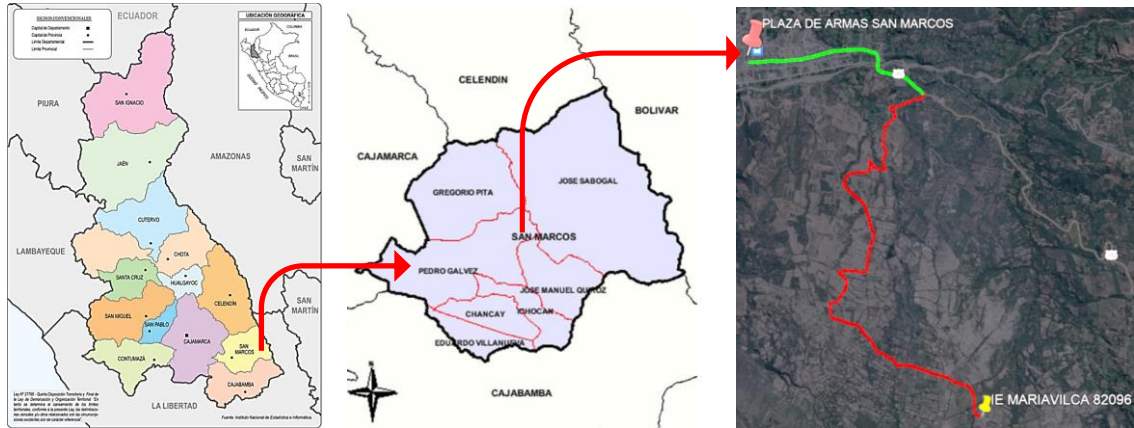
Localidad: Mariavilca

Distrito: Pedro Gálvez

Región: Cajamarca.

Figura 1

Ubicación de la Institución Educativa Mariavilca 82096.



Nota: La primera y segunda imagen fueron tomadas de Cajamarca compendio estadístico (p.17), por INEI, 2017, Instituto Nacional de Estadística e Informática.

Esta localidad presenta el problema de escasez de agua, a pesar de contar con un sistema de abastecimiento de agua potable, este es casi inoperante en época de estiaje. En la institución educativa Mariavilca funciona el nivel primaria con un total de 27 alumnos matriculados en el año 2020, la cantidad de docentes son 02 además cuenta con un director y 02 personas encargadas de la limpieza y guardianía, en esta institución también desempeñan un papel muy importante las madres de familia encargadas de la preparación de alimentos las cuales trabajan de manera rotativa siendo 03 personas las que diariamente preparaban los alimentos en la institución educativa hasta antes de la pandemia y que en cuanto se retorne a las clases presenciales nuevamente desempeñaran sus labores.

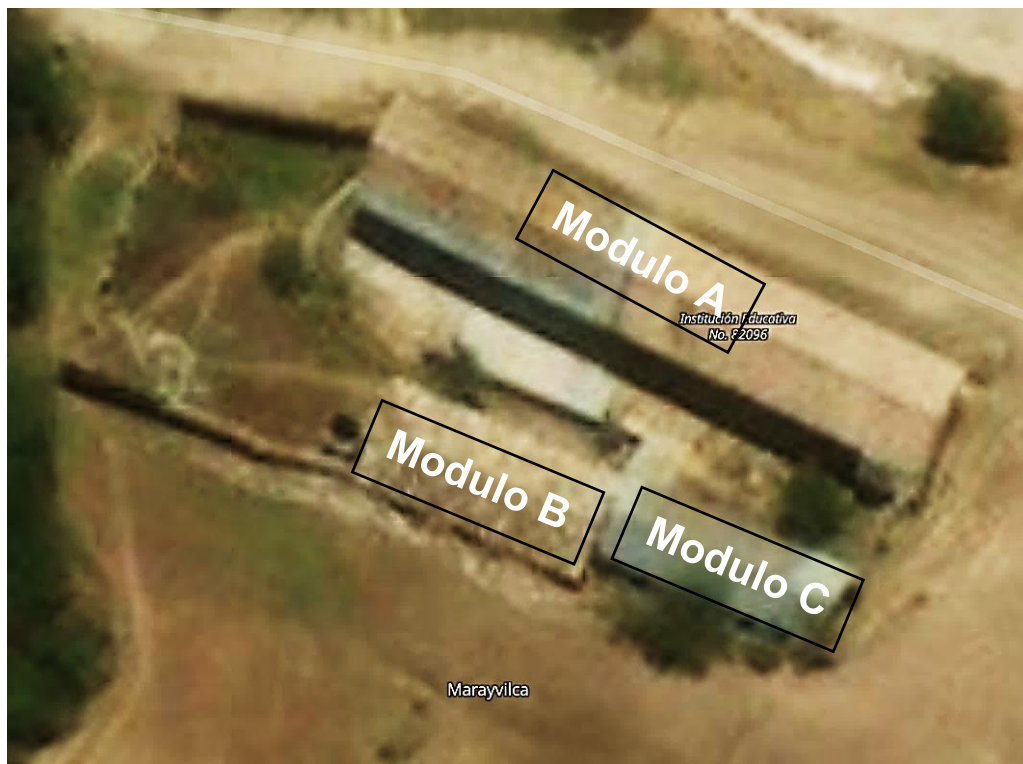
La institución educativa presenta una edificación parcialmente de material noble y en una menor proporción de adobe, con cobertura en su mayor parte de teja andina y en menor porcentaje con calamina galvanizada, el agua proveniente de

las lluvias, discurre por la cobertura y posteriormente cae al terreno para finalmente llegar a las cunetas, sin aprovecharse de alguna manera.

En la Figura 01, se tiene una vista satelital de la Institución Educativa Mariavilca 82096, donde se aprecia el área de captación.

Figura 2

Vista en Planta de la Institucion Educativa Mariavilca 82096



Nota: Tomado de la aplicación *Google earth Pro image* © 2021 CNES/ Airbus, 2020.

La institución educativa cuenta con 02 módulos de servicios higiénicos uno para niños y otro para niñas cada módulo cuenta con 3 inodoros y 02 lavaderos de manos ubicados en la parte exterior de los módulos. Así mismo cuenta con un lavadero de usos múltiples.

La muestra fue seleccionada debido a que la localidad presenta déficit de agua para consumo humano, sobre todo en época de sequía.

2.3. Variables

2.3.1. Variable independiente

- Sistema de captación, almacenamiento y tratamiento de agua de lluvia.

2.3.2. Variable dependiente

- Alternativa de ahorro de agua potable en la institución educativa Mariavilca.

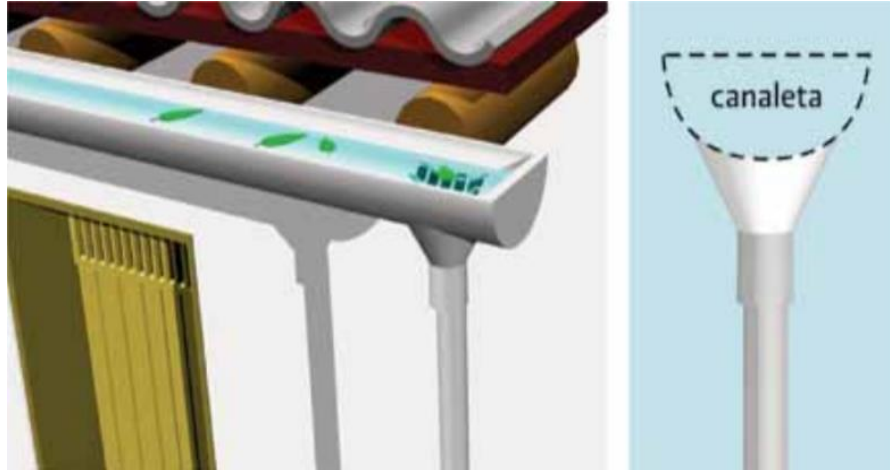
2.4. Técnicas e instrumentos, materiales.

2.4.1. Materiales

1. Área techada con canaletas, será la fuente de agua para el sistema las canaletas serán instaladas en el filo de los techos de la institución educativa, es decir en la parte inferior de la superficie de captación, serán de metal blanco plateado de alta calidad y deberá tener peso ligero, resistencia al óxido y flexibilidad. Deberán estar sellados los extremos de las canaletas para evitar la pérdida del agua pluvial, deberán también contar con abrazaderas de anclaje al techo y mediante las cuales se procurará una pendiente de máximo 2% hacia la tubería bajante. La bajante deberá contar en la parte superior con un embudo de diámetro mayor el cual estará justo debajo del punto de descarga de las canaletas. Serán dotados de accesorios para su correcto funcionamiento.

Figura 3

Detalle de canaletas colectoras del agua de lluvia.



Nota: Tomada de *Sistema de captación, almacenamiento y purificación de agua de lluvia*, (p.13), por A. Martín, 2016, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

Una característica importante para un SCALL, es el coeficiente de escurrimiento, a continuación, se muestran los coeficientes para los diversos materiales utilizados como cobertura en edificaciones.

Tabla 1

Coefficientes de escurrimiento de diferentes materiales.

Material o tipo de construcción	Kc
Cubiertas metálicas o plásticas	0.95
Techos impermeabilizados	0.9
Concreto hidráulico	0.9
Lamina corrugada	0.8
Tejas	0.8

Nota: Tomado de *CONAGUA* (p.11), 2016.

2. Filtro malla (para retención de sólidos), el agua de lluvia proveniente de las canaletas del techo de la institución educativa será pasando a través de un tamiz, el cual generalmente es una malla metálica o plástica, con un determinado número de aberturas. La filtración, por tanto, es en superficie.

Estos filtros deberán tener un constante mantenimiento y deberán ser cambiadas en caso algún desperfecto, para evitar alguna obstrucción en otras partes del sistema.

Las partículas de tamaño superior a las aberturas de esta malla, quedarán retenidas.

A continuación, se muestran los diversos tipos de filtros existentes en el mercado:

- a) Filtro malla (lamina) en la entrada de la bajante de agua de lluvia.

Figura 4

Detalle de filtro de malla (lamina).



Nota: Tomada del detalle de proveedor.

- b) Filtro malla (Tipo esfera), en la entrada de la bajante de agua de lluvia.

Figura 5

Detalle de filtro de malla (Tipo esfera).

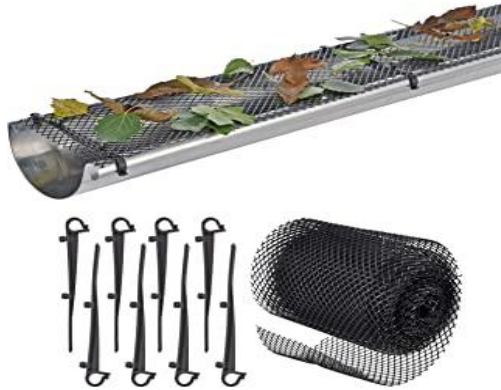


Nota: Tomada del detalle de proveedor.

- c) Filtro malla cubriendo toda la longitud de la canaleta.

Figura 6

Detalle de filtro de malla (cubriendo toda la longitud de la canaleta).

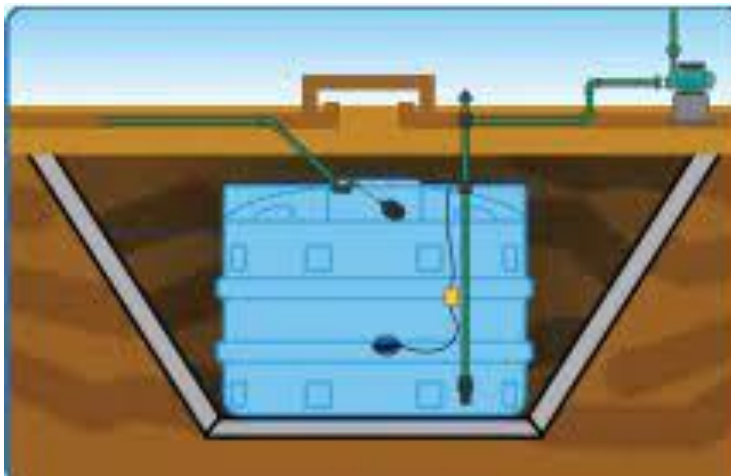


Nota: Tomada del detalle de proveedor.

3. Tanque de almacenamiento Cisterna, deberá ser de polietileno extra virgen, cumplir con la norma FDA (Food and Drug Administration de los EE. UU) - grado alimenticio, contar con capa interior antibacterial AB, para evitar la reproducción de microorganismos (algas y bacterias). Deberá estar equipado con tubo de succión de 1”, válvula y flotador de llenado sin fin.

Figura 7

Detalle de cisterna enterrada.

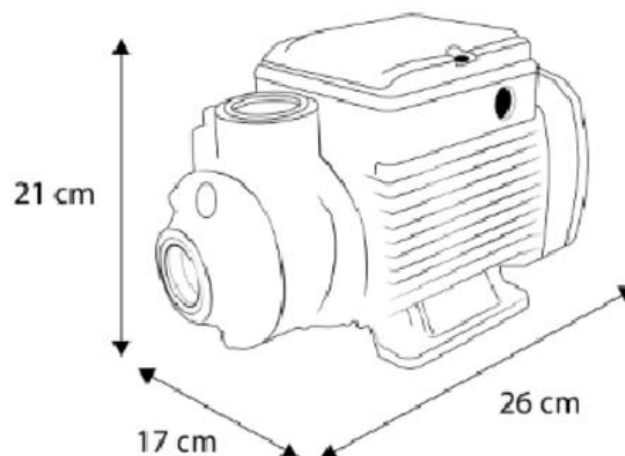


Nota: Tomada de *Sistema de captación, almacenamiento y purificación de agua de lluvia*, (p.13), por A. Martín, 2016, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

4. Equipo de bombeo, estará compuesto por una electrobomba de uso doméstico, la cual producirá un movimiento en contra de la presión desde el tanque de almacenamiento hacia el tanque elevado.

Figura 8

Detalle de bomba eléctrica



Nota: Tomada del detalle de proveedor.

5. Tanque elevado, deberá ser para almacenamiento de agua de uso doméstico de polietileno y cumplir con la norma de la F.D.A (Food and Drug Administration) de los EE.UU. Además, deberá estar equipado con Multiconector con Válvula Esférica Integrada, Filtro Estándar, Tubo de Aire Negro, Tapa click y Válvula de Llenado tipo Sin Fin.
6. Tubería, será de PVC SAL para las bajantes de las canaletas hacia el tanque de almacenamiento y PVC SAP apropiada para la conducción de agua fría a

presión para la tubería de impulsión hacia el tanque elevado y sus respectivos accesorios.

2.5. Procedimiento de recolección de datos

Precipitaciones.

Estos datos fueron obtenidos de la estación meteorológica del SENAMHI en el distrito de Pedro Gálvez-San Marcos.

Información de campo

Se recopiló directamente con las autoridades de la localidad, el señor Fabián Ospino García y el señor Luciano Salas, la información de campo necesaria como cantidad de alumnos, personal docente y administrativo de la institución educativa. Esta información fue contrastada con la información proveniente del ESCALE del Ministerio de Educación.

Previa coordinación con el señor Luciano Salas, se tomaron las medidas del área techada de la institución educativa, se identificó mediante inspección directa la cantidad de aparatos sanitarios, así como el estado de los mismos.

También se identificó y se tomaron medidas del posible lugar donde estará ubicado el sistema de captación, almacenamiento y tratamiento de aguas de lluvias. La toma de medidas se realizó utilizando una wincha de 50 metros.

Para la recolección de la muestra de agua de lluvia se utilizó un recipiente de plástico limpio, asegurando que no tenga sustancias que afecten las características físico químicas y bacteriológicas del agua captada. Este recipiente cuenta con una tapa que garantiza que el agua no sea contaminada por agentes externos, hasta la entrega en el laboratorio.

La muestra es recolectada luego de 30 minutos de iniciada la precipitación, para garantizar que las impurezas existentes en el techo de la institución educativa hayan sido arrastradas por el agua de los primeros 30 minutos de lluvia.

2.6.Procedimiento de tratamiento y análisis de datos.

El análisis de la información en los componentes del sistema de captación, almacenamiento y tratamiento de aguas de lluvias, se detalla a continuación:

Determinación de precipitaciones

Se calculó el valor promedio anual sumando el promedio de las precipitaciones mensuales, de los últimos 20 años, en la estación meteorológicas del distrito Pedro Gálvez, para generar las tablas se utilizó el programa EXCEL.

Superficie de Captación

Con las medidas del área techada de la institución educativa, se obtendrá la superficie de captación, para lo cual se utilizó el programa EXCEL.

Volumen de tanque de almacenamiento

Habiendo determinado las precipitaciones promedio mensuales calcularemos con éstas la Oferta y demanda de agua para finalmente obtener el volumen de almacenamiento necesario, para generar las tablas y gráficos se utilizó el programa EXCEL.

Sistema de bombeo

Se analizarán los datos de caudales de impulsión, la altura dinámica total y la eficiencia de la bomba (brindada por el fabricante), para los cálculos se utilizó el programa EXCEL.

Filtros

Para determinar el tipo de tratamiento que debe recibir el agua proveniente de la superficie de captación se analizaron los resultados del análisis de laboratorio realizado al agua de lluvia.

2.7. Aspectos éticos

Validez científica: La investigación recopiló información de fuentes oficiales, datos verídicos obtenidos in situ e información publicada proveniente de investigaciones previas previamente aprobadas para luego ser publicadas, donde la información publicada es confiable.

Salvaguardaremos la información de cada autor: La información, de fuentes ajenas al autor, presentada en esta investigación, ha sido utilizada respetando la autoría mediante el uso de citas correspondientes.

Respeto al medio ambiente: Debido al tipo de investigación y a que los resultados son en base a información recopilada e investigaciones previas donde se aborda la misma problemática, el medio ambiente no ha sido intervenido, sin embargo, el objetivo de la presente investigación pretende impactar positivamente en el medio ambiente.

Manejo de Riesgos: Los datos meteorológicos obtenidos son de fuente oficial y provenientes de la zona de estudio, al igual que los datos de la población estudiantil y de plana docente. Así mismo las fuentes bibliográficas utilizadas han sido verificadas, en su mayoría provenientes de repositorios universitarios y/o artículos en revistas científicas, obteniéndose información veraz y confiable.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

Luego de identificar las características de la infraestructura de la institución educativa, con los datos meteorológicos, los datos de consumo y los resultados de las características físico químicas y bacteriológicos del agua de lluvia proveniente del techo de la institución educativa se definieron los componentes del SCALL (Sistema de Captación de Agua de Lluvia), los cuales se detallan a continuación:

- Superficie de Captación.
- Línea de conducción.
- Filtro de arena.
- Tanque de almacenamiento
- Sistema de Impulsión
- Tanque Elevado

Mediante la implementación del sistema de captación, almacenamiento y tratamiento de agua de lluvia, se garantiza el abastecimiento de agua potable en la cantidad necesaria de manera continua y además con la calidad que permita el uso de esta para consumo humano y diversas actividades realizadas en la institución educativa Mariavilca 82096.

Superficie de Captación.

Estará compuesta por la proyección horizontal del área techada interior de los modulo A, B y C de la institución educativa Mariavilca 82096, esta superficie es

de teja andina en un 70% y en un 30% de planchas de calamina, el cual tiene una estructura a dos aguas similar a la de la siguiente figura:

Figura 9

Superficie de Captación de agua de lluvia



Nota: Tomada de *Captación de agua de lluvia como alternativa para afrontar la escasez del recurso. Manual de capacitación para la participación comunitaria.* (p.24), por N. Palacio, 2010, UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

Calculamos el área de la superficie de captación:

- Modulo A:

$$A1 = a1 \times L1$$

$$A1 = 5 \text{ m} \times 35 \text{ m}$$

$$A1 = 175\text{m}^2$$

- Modulo B:

$$A2 = a2 \times L2$$

$$A2 = 4 \text{ m} \times 8 \text{ m}$$

$$A2 = 32\text{m}^2$$

- Modulo C:

$$A3 = a3 \times L3$$

$$A3 = 3 m \times 6.5 m$$

$$A3 = 19.5m^2$$

- Área de Captación Total:

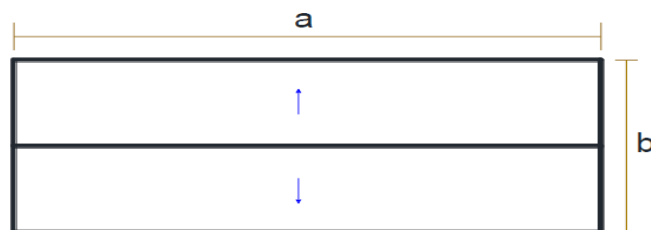
$$AT = A1 + A2 + A3$$

$$AT = 175m + 32m + 19.5m$$

$$A1 = 226.5m^2$$

Línea de conducción.

Para la línea de conducción se utilizará canaletas de material lizo metálicas, en el artículo Sistemas de Captación de Agua de Lluvia para consumo humano, Sinónimo de agua segura, se considera un dimensionamiento recomendable de 15 cm por 15 cm, no solo previendo el caudal captado sino también obstrucciones parciales de hojas y/o sedimentos. Y deberá contar con una bajante de 4” por cada 40 metros cuadrados como máximo. (Basán Nickisch, Sánchez, Tosolini, Tejerina Díaz, & Jordan, 2017). En el caso de la institución educativa Mariavilca, para la superficie de captación del módulo A tendremos lo siguiente:



$$A1 = a1 \times b1$$

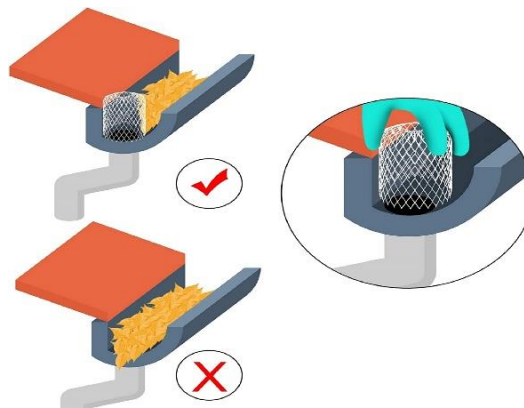
$$A1 = 5 m \times 35 m$$

$$A1 = 175m^2$$

Para esta superficie tendremos 4 bajantes, estas bajantes al igual que sus accesorios deben ser también metálicos y/o de PVC, estas además deberán tener como mínimo un filtro tipo malla entre el embudo de ingreso y la tubería bajante. Para las superficies de captación más pequeñas podemos considerar solo 1 bajante por módulo.

Figura 10

Detalle de Filtro entre el embudo de ingreso y tubería bajante.



Nota: Tomada de *Sistema de captación, almacenamiento y purificación de agua de lluvia*, (p.13), por A. Martín, 2016, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

La cantidad de agua pluvial a captar estará dada por el tamaño de la superficie de captación en nuestro caso será solo el techo de la institución educativa, ya que los pisos no cuentan con una superficie impermeable y de fácil limpieza, del régimen pluviométrico de la zona (precipitación anual promedio) y de un factor de absorción de la cobertura.

Para el cálculo del volumen de almacenamiento solo tendremos en cuenta las características de las coberturas de los techos.

Cálculo de la precipitación anual, para calcular el volumen de agua a captar necesitamos el dato de precipitaciones anuales en metros, y los datos meteorológicos esta presentado en milímetros, por lo que tendremos en cuenta que:

$$1000mm = 1m$$

La información meteorológica que brinda el SENAMHI ha sido recopilada en la siguiente tabla:

Tabla 2

Precipitación Promedio mensual en el distrito de Pedro Gálvez – San Marcos

PRECIPITACION PROMEDIO - ESTACION SAN MARCOS

DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

DISTRITO: PEDRO GALVEZ

AÑO	ENERO	FEBRE.	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST.	SETIEM.	OCTUBR.	NOVIEM	DICIEM.
1999	98.2	132	117.8	73.6	6.7	3.8	0	3.4	29.3	112.1	22	22.1
2000	70.1	107.6	55.2	63	10.7	15.6	0.4	0	37.2	76.2	124.2	176.5
2001	163.4	188	158	116.7	79.2	2.2	0	1.2	21.6	73.5	25.6	71.9
2002	103.6	342.3	41.9	13.1	49.7	22.2	1.1	3	94	35	75.3	94.6
2003	70.3	118	140.9	59.4	23.5	22.1	8.6	4.2	65.6	5.1	48	140.5
2004	268.9	103.4	245.6	19.2	71.3	0	0	0	17.6	110.4	99.8	108.3
2005	42.5	126.4	223.5	87	10.4	0.5	6	0	25.7	143.8	121	151.5
2006	41.9	72.9	147.5	46.7	6.2	6.7	3	3.5	15.3	68.1	113.1	123
2007	61.6	63.5	46.6	80.4	19.6	3.2	2	1.6	24.4	70.1	138.1	176
2008	98.6	92	148.4	86.5	2.3	0.7	0	6.6	35.5	133	28.8	175.4
2009	105.8	91.1	261.2	92.1	5.4	25.9	2.2	4.4	59.6	49.2	90.9	181.4
2010	89.8	43.7	214.3	118.9	26.5	0	7.7	4	27.3	126.1	110.3	80.6
2011	134.7	184.9	91.6	80.2	19.5	18.5	2.8	4.9	24.5	147.1	93.2	78
2012	188.2	129.7	136.7	147.3	46.4	2.7	1.2	0	6	99.5	130.3	99.1
2013	43.9	95.9	160.3	64.7	30.7	4.7	10.6	0	23	31.5	52.8	95.5
2014	92.7	99.1	164.7	138.4	9.7	0	6.1	0	43.7	32.1	53.6	126.2
2015	250.1	119.3	79.9	96.9	40.3	9	0	2.8	12.5	95	167.5	80.3
2016	61.4	68	283.6	79.8	65.4	0.5	13.8	26.6	9.3	118.9	37.5	120.6
2017	55.2	209.1	118.5	112.7	95.5	5.5	0	0	33.2	68.6	80.8	107.9
2018	150.2	62.4	216.3	69.4	78.4	1.1	2.2	0.1	15.3	20.2	121.4	55.2
2019	95.5	99.6	86.8	66.2	6.1	1.2	1.2	0.7	25.4	70.3	18.9	105.3
PROM.	108.9	121.4	149.5	81.5	33.5	7	3.3	3.2	30.8	80.3	83.5	112.9

NOTA: Tomada de Generación de Escorrentía en la Cuenca del Río Huayobamba San Marcos a partir de Información Climática (Cordova Gutierrez, 2018)

Calculamos para el promedio de precipitaciones anuales el total de precipitación anual:

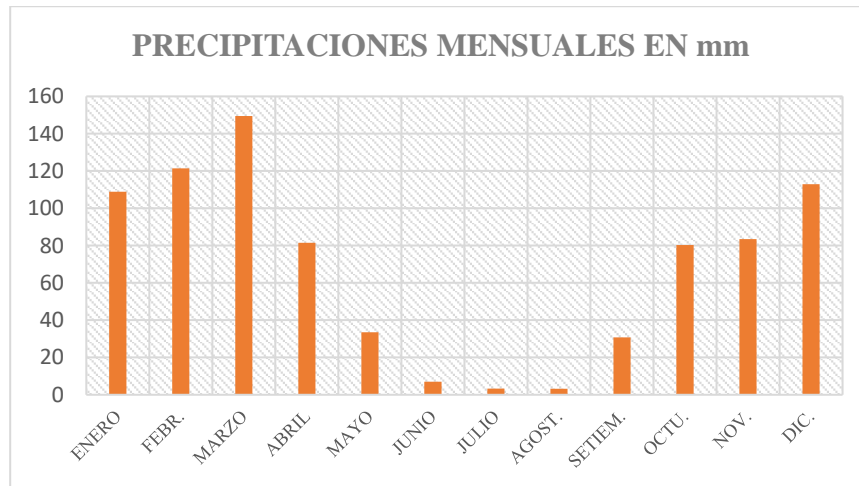
Tabla 3

Resumen de Precipitación Promedio mensual de la estación Pedro Gálvez – San Marcos

MES	ENERO	FEBR.	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOS T.	SETIE M.	OCT U.	NOV.	DIC.	TOTAL
PROM	108.9	121.4	149.5	81.5	33.5	7	3.3	3.2	30.8	80.3	83.5	112.9	815.8

Figura 11

Precipitaciones mensuales en milímetros.



Entonces el valor de la precipitación anual será: 815.8mm

Convertimos este valor a metros para poder ingresar en la fórmula para el cálculo del volumen de agua de lluvia a captar;

$$\frac{1000mm}{1 m} = \frac{815.8mm}{Pa}$$

$$\text{Entonces: } Pa = \frac{815.8 mm \times 1 m}{1000 mm} = 0.8158 m$$

Con estos datos obtendremos el volumen de área a captar aplicando la siguiente fórmula:

$$V_{captación} = AT * Pa * F_{abs}$$

$$V_{captación} = 226.5 * 0.8158m * 0.80m$$

$$V_{captación} = 147.82 m^3$$

Calculando el volumen de captación de manera mensual se tiene:

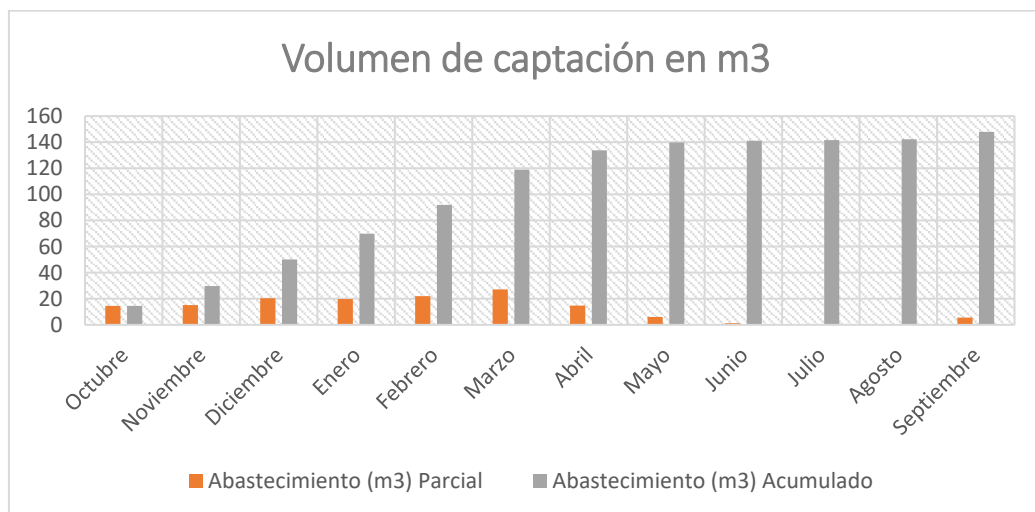
Tabla 4

Abastecimiento proveniente de la superficie de captación por mes.

MES	Precipitación		Abastecimiento (m3)	
	(mm)	Parcial	Acumulado	
Enero	108.9	19.73	19.73	
Febrero	121.4	22	41.73	
Marzo	149.5	27.09	68.82	
Abril	81.5	14.77	83.59	
Mayo	33.5	6.07	89.66	
Junio	7	1.27	90.93	
Julio	3.3	0.6	91.53	
Agosto	3.2	0.58	92.11	
Septiembre	30.8	5.58	97.69	
Octubre	80.3	14.55	112.24	
Noviembre	83.5	15.13	127.37	
Diciembre	112.9	20.46	147.82	

Figura 12

Volumen de almacenamiento de metros cúbicos.



Para el cálculo de la demanda de agua, utilizamos los datos de la población estudiantil de la institución educativa Mariavilca 82096, que en la actualidad es de 27 estudiantes, 02 docentes, 02 personas encargadas de la limpieza, 01 director y 03 personas encargadas del Qali Warma; por lo que nuestra población beneficiaria al año 0 sería de 35 habitantes. La población futura será calculada para el año 20 con una tasa de crecimiento de 1.5 % y aplicaremos el método geométrico cuya fórmula es:

$$Pf = Pi(1 + r)^{tf-ti}$$

Donde:

Pf= Población futura.

Pi= Población en el año 0.

r= Tasa de crecimiento

tf= Año 20 (periodo de diseño)

ti= Año 0.

$$Pf = 32(1 + 0.015)^{20-0}$$

$$Pf = 43.10 \text{ hab}$$

$$Pf = 44 \text{ hab}$$

Además, debemos considerar al director y al personal de limpieza que serán constantemente 02, por lo que el diseño será para 47 beneficiarios del SCALL.

Se estima que la dotación para instituciones educativas del nivel primario es de 20 lt/estudiante/día, sin embargo, solo 14 lt/estudiante/día, debido a que la institución educativa se encuentra en el ámbito rural. Para el cálculo de la demanda serán considerados los días hábiles de cada mes, así mismo no serán

considerados los meses en que la institución educativa no funciona, es decir enero y febrero.

Para calcular la demanda mensual de agua en la institución educativa usaremos la siguiente formula:

$$V_{demanda} = \text{dot diaria} * \# \text{ de dias} * \# \text{ de beneficiarios}$$

Si realizamos el cálculo para el mes de octubre consideraremos solo 22 días útiles del mes entonces el volumen de agua demandada será:

$$V_{demanda} = 0.014 \text{ m}^3 * 22 * 47$$

$$V_{demanda} = 14.48 \text{ m}^3$$

A continuación, el cálculo de la demanda por mes:

Tabla 5

Demanda de agua en la institución educativa por mes.

DIAS/ MES	MES	Demanda (m3)	
		Parcial	Acumulado
21	Octubre	13.82	13.82
21	Noviembre	13.82	27.64
15	Diciembre	9.87	37.51
0	Enero	0	37.51
0	Febrero	0	37.51
21	Marzo	13.82	51.33
21	Abril	13.82	65.15
21	Mayo	13.82	78.97
21	Junio	13.82	92.79
21	Julio	13.82	106.61
21	Agosto	13.82	120.43
21	Septiembre	13.82	134.25

Figura 13

Demanda de agua en la institución educativa por mes

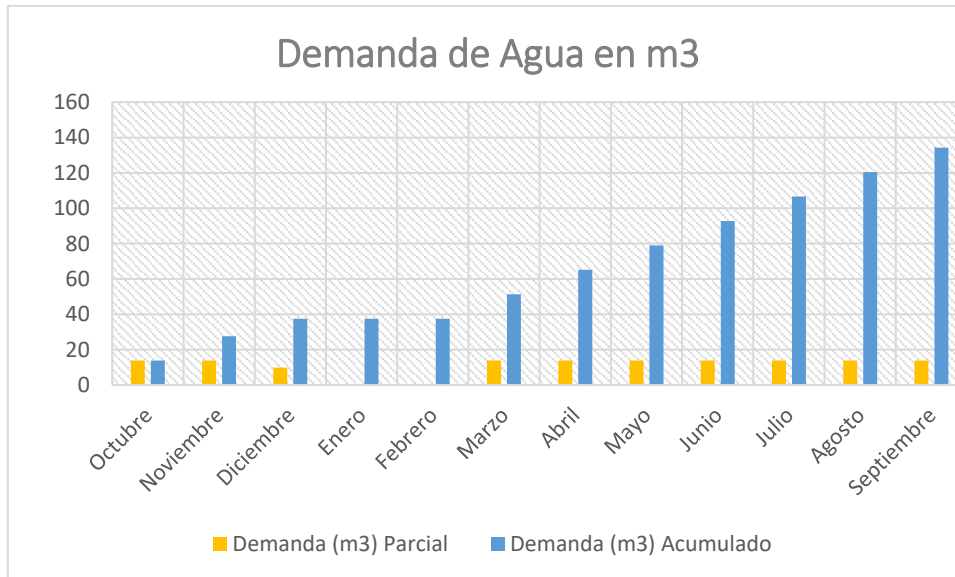


Tabla 6

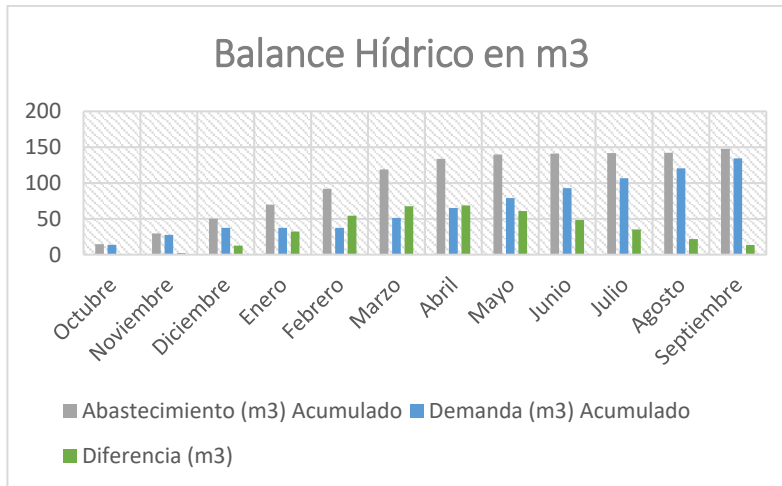
Balace Hídrico por mes en metros cúbicos

DIAS/ MES	MES	Abastecimiento (m3)		Demanda (m3)		Diferencia (m3)
		Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulado	
21	Octubre	14.55	14.55	13.82	13.82	0.73
21	Noviembre	15.13	29.68	13.82	27.64	2.04
15	Diciembre	20.46	50.14	9.87	37.51	12.63
0	Enero	19.73	69.87	0	37.51	32.36
0	Febrero	22	91.87	0	37.51	54.36
21	Marzo	27.09	118.96	13.82	51.33	67.63
21	Abril	14.77	133.73	13.82	65.15	68.58
21	Mayo	6.07	139.8	13.82	78.97	60.83
21	Junio	1.27	141.07	13.82	92.79	48.28
21	Julio	0.6	141.67	13.82	106.61	35.06
21	Agosto	0.58	142.25	13.82	120.43	21.82
21	Septiembre	5.58	147.83	13.82	134.25	13.58

La diferencia entre el volumen de captación y volumen de demandado resulta positiva lo que garantiza la cobertura del agua en la institución educativa en cantidad y continuidad.

Figura 14

Balance Hídrico por mes en metros cúbicos

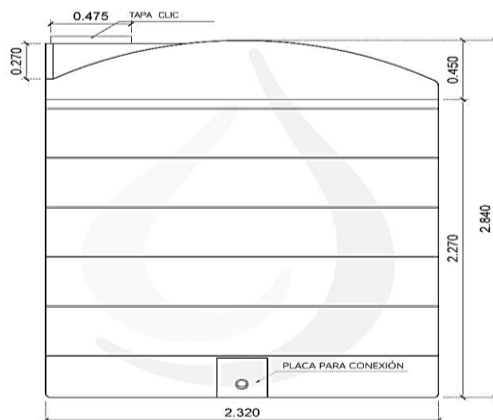


El volumen del tanque cisterna puede tener hasta 68.58 m³, sin embargo, el volumen del reservorio dependerá del espacio y el presupuesto disponible para la construcción del sistema.

Para determinar el espacio necesario para la colocación de las cisternas debemos tener en cuenta las medidas de una cisterna de 10000 litros, medidas indicadas en la siguiente figura:

Figura 15

Detalle de las medidas del tanque cisterna, en metros.

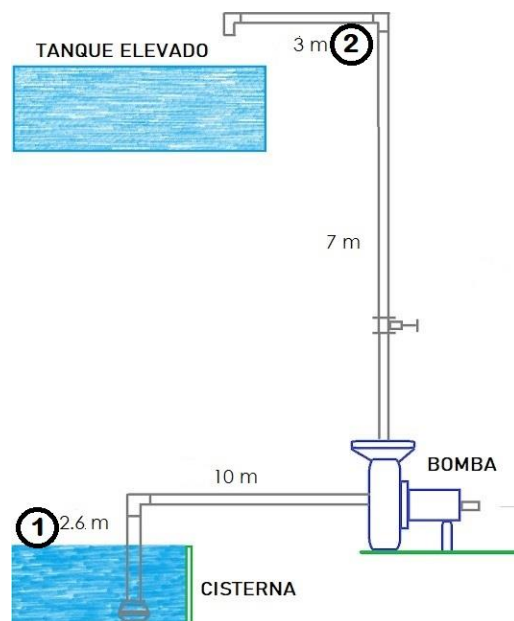


Así mismo el tanque elevado deberá tener como mínimo un volumen de 658 litros, considerando que la demanda en metros cúbicos para un mes de 21 días hábiles es de 13.82 m³, tendremos un consumo diario de 0.658 m³, como en el mercado encontramos tanques de 600 y 750 seleccionaremos un tanque de polietileno de 750 litros.

Habiéndose garantizado la cantidad y la continuidad del agua necesaria, se deberá garantizar la presión en el sistema por lo que colocaremos un tanque elevado provisto de un sistema de bombeo.

Figura 16

Sistema de bombeo



Para determinar la potencia de la bomba aplicaremos la siguiente fórmula:

$$P_B = \frac{Q\rho gh_B}{746e}$$

Además, tenemos los siguientes datos:

Altura de descarga: 7 m

Altura de succión: 2.6 m.

Longitud de tubería: 22.6 m.

Codos: 2 unidades.

Válvula tipo globo: 1 unidad.

Válvula de pie: 1 unidad.

Tubería PVC ½”.

Eficiencia de la bomba: 75%.

Caudal: 2.440×10^{-4}

1.- Aplicamos la ecuación de Bernoulli:

$$h_1 + \frac{v_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\rho} + h_B = h_2 + \frac{v_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\rho} + h_{f_{1 \rightarrow 2}}$$

$$h_B = h_2 + \frac{v_2^2}{2g} + h_{f_{1 \rightarrow 2}}$$

$$h_2 = 2.6 + 7 = 9.6 \text{ m}$$

2.- Calculamos la velocidad en 2:

$$v_2 = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

Diámetro interior para una tubería de ½” es: 0.0174m

Reemplazando en la formula tenemos:

$$v_2 = \frac{4 * 2.44 \times 10^{-4}}{3.1416 * 0.0174^2} = 1.0261254 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

3.- Calculamos hf:

$$h_{f\ 1\rightarrow 2} = F \frac{Lv_2^2}{D2g} + \sum k_c \frac{v_2^2}{2g} + k_{vp} \frac{v_2^2}{2g} + k_{vg} \frac{v_2^2}{2g}$$

$$h_{f\ 1\rightarrow 2} = \frac{v_2^2}{2g} \left[F \frac{L}{D} + \sum k_c + k_{vp} + k_{vg} \right]$$

$$h_{f\ 1\rightarrow 2} = \frac{\left(1.026 \frac{m}{s}\right)^2}{2g} \left[0.0960 \frac{22.6}{0.0174} + (0.9 * 2) + 1.8 + 10 \right]$$

$$h_{f\ 1\rightarrow 2} = 7.42678 \text{ m}$$

4.- Reemplazamos en la ecuación de Bernoulli:

$$h_B = h_2 + \frac{v_2^2}{2g} + h_{f\ 1\rightarrow 2}$$

$$h_B = 9.6 + \frac{(1.02612)^2}{2 * 9.81} + 7.427$$

$$h_b = 17.0804 \text{ m}$$

5.- Finalmente calculamos la potencia de la bomba:

$$P_B = \frac{Q\rho gh_B}{746e}$$

$$P_B = \frac{2.44 \times 10^{-4} * 999.7 * 9.8 * 17.0804}{746 * 0.75}$$

$$P_B = 0.073 \text{ HP}$$

Calidad

Además del filtro de malla en la unión de las canaletas y la bajante, se implementará un filtro de arena, para finalmente realizar una desinfección con cloro lo cual garantizará la eliminación de agentes patógenos y garantizar una óptima calidad de agua. Para determinar si la calidad de agua es la adecuada para

consumo humano se deberá realizar análisis de agua constantemente. En el Manual para la Cloración del agua en Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable en el Ámbito Rural, brinda información importante para elegir correctamente los sistemas de desinfección:

La desinfección es una operación de gran importancia para asegurar la inocuidad del agua potable. Su aplicación es obligatoria en todo sistema de abastecimiento de agua para consumo humano. Consiste en la destrucción de microorganismos patógenos presentes en el agua antes de ser abastecida a la población usuaria. Se realiza mediante agentes químicos o físicos y debe tener un efecto residual en el agua potable, a fin de eliminar el riesgo de cualquier contaminación microbiana posterior a la desinfección.

La evaluación de la calidad del agua se realiza comparando sus propiedades físicas, químicas y microbiológicas con los valores de los parámetros establecidos en las normas aplicables, de acuerdo al uso que se le dará al agua. En este caso, debemos juzgar el grado en el cual se ajusta los resultados de nuestro monitoreo a los estándares de calidad vigentes para agua potable. Fustamante (2017)

En el caso del agua de lluvias en zonas rurales tienen características idóneas para uso doméstico, siempre y cuando se realice una correcta limpieza del área de captación y un adecuado mantenimiento de las canaletas.

En la Tabla 8 podemos observar los resultados del análisis del agua de lluvia proveniente del techo de la institución educativa Mariavilca, comparada con los límites máximos permisibles, encontrándose todos los valores resultantes del

análisis del laboratorio dentro de los límites máximo permisibles y sin presencia de coliformes totales ni fecales (<1).

Tabla 7

Resultados de análisis físico químico y bacteriológico de la muestra de agua de lluvia.

Parámetros	Resultados	LMP del D.S. N° 031-2010-SA Reglamento de la calidad del agua para consumo Humano
PH (18.8 °C)	7.900	6.5-8.5
Conductividad (uS/cm)	589.000	1500
Sólidos Totales Disueltos STD (mg/l)	311.000	1000
Turbidez (UNT)	3.100	5
Cloro (mg/l)	0.000	0.5 – 1
Sulfatos SO ₄ (mg/l)	80.000	250
Hierro Fe (mg/l)	0.130	0.3
Cobre: Cu (mg/l)	0.086	2
Cromo Cr ⁶⁺ (mg/l)	0.053	0.05
Nitrito (NO ₂) mg/l.	0.007	1
Aluminio: (Al)	0.008	0.2
Coliformes Totales: 35 °C (UFC/100 ml)	<1	< 1
Coliformes Fecales: 44.5 °C (UFC/100 ml)	<1	< 1

De acuerdo a los resultados vemos que el agua de lluvia captada no necesita mayor tratamiento, pero para mejorar sus características podemos implementar un filtro de arena previo al ingreso del agua al tanque cisterna utilizaremos el diseño que indica el artículo: Sistemas de Captación de Agua de Lluvia para consumo humano, Sinónimo de agua segura, nos brinda las siguientes características:

Las paredes del filtro se construyen con mampostería, cuyo espesor puede ser de 5 a 15 cm, construyéndose con ladrillos comunes de barro cocido de buena calidad, unidos con mortero de cemento portland normal y arena, con un

revestimiento interior que contemple también material hidrófugo, para que sea estanco.

Las cañerías de llegada desembocan en el primer compartimento o decantador de sedimentos. Una pared nivelada a cero separa al mismo del sector de filtrado. El agua proveniente del techo inunda dicho decantador y termina rebasando la pared como un vertedero hacia el sector del filtro y termina en el aljibe.

El filtro de arena en su parte inferior (en contacto con la cañería de PVC agujereada o ranurada) se carga con piedra partida fina, en una capa con espesor de 30 cm. Posteriormente, se coloca una capa de arena gruesa Tipo 1-2 mm, con un espesor de 20 a 40 cm hasta alcanzar la pared del vertedero que une con el primer compartimento.

La superficie filtrante de arena gruesa debe ser proporcional a la de captación: por cada 100 m² de superficie de captación se recomienda disponer de 1 m² de superficie filtrante.

El material filtrante es la arena, la cual es sostenida por la piedra partida, cuya función de esta última, es la de impedir el ingreso de la arena a la cañería de drenaje y, por ende, al depósito de agua.

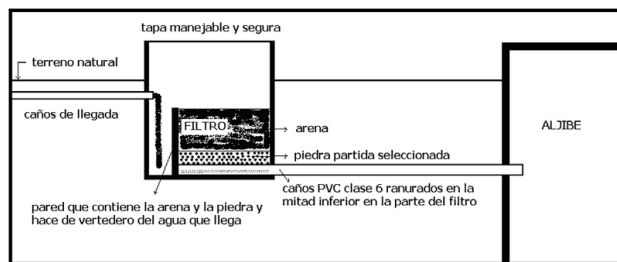
El filtro debe poseer una tapa segura y práctica para inspeccionar su limpieza y funcionamiento. Antes de las primeras lluvias y durante el período lluvioso del verano debe corroborarse su estado (limpieza y la buena disposición del material filtrante). (Basán Nickisch, Sánchez, Tosolini, Tejerina Díaz, & Jordan, 2017)

Entonces para el caso de la institución educativa Mariavilca, donde contamos con 226.5 m² de superficie de captación, deberemos considerar un filtro de arena antes

del ingreso al tanque cisterna con una superficie filtrante de 2.5 m², el detalle del filtro se muestra en la figura 17.

Figura 17

Filtro de arena



Nota: Tomada de *Sistemas de Captación de Agua de Lluvia para consumo humano, Sinónimo de agua segura*, (p.19), por M. Basan, 2017, Acua - LAC

En el mismo artículo se hace mención de la importancia de potabilizar el agua ya que si bien no presenta turbidez, puede contener agentes patógenos que pueden afectar la salud; por lo que proponen el siguiente método de tratamiento para agua de lluvia almacenada en un tanque cisterna:

Se necesita una gota de lavandina por cada 2 litros de agua almacenados en un aljibe, estando el agua clarificada.

Con ello se logra cloro residual de al menos 0,2 mg/L como Cl₂ y una desinfección de bacterias y virus patógenos, controlando el pH y la temperatura, con análisis microbiológicos periódicos para garantizar agua segura para el consumo. En esos estudios se comprobó también que la oscuridad y la temperatura que se genera en el interior de un aljibe contribuyen a preservar la capacidad de desinfección de este elemento, donde el cloro residual se mantuvo en el agua almacenada entre 30 y 45 días.

No se debe dosificar lavandina en exceso pues no es bueno para la salud. Después de aplicar la misma se debe esperar media hora para que se encuentre en condiciones de ser consumida. Es el único método que tiene un efecto residual de manera tal que después de lograda la desinfección sigue teniendo capacidad desinfectante ante una nueva contaminación. (Basán Nickisch, Sánchez, Tosolini, Tejerina Díaz, & Jordan, 2017)

Implementando la desinfección con cloro lograremos alcanzar el valor de 0,2 mg/L como Cl₂, ya que, según el análisis del agua de lluvia proveniente de la superficie de captación, esta tiene 0.00 mg/L.

Finalmente, nuestro sistema de captación, almacenamiento y tratamiento de agua de lluvia tendrá los siguientes componentes:

Tabla 8

Componentes del sistema de captación, almacenamiento y tratamiento de agua de lluvia.

COMPONENTE	DESCRIPCIÓN
Superficie de Captación	Será de calamina en un total de 226.5 m ²
Canaletas	Serán lisas de metal y de 15 cm x 15 cm
Bajantes	Serán de 4" y se colocarán 4 para la superficie de captación del módulo 1, 1 para la superficie de captación del módulo 2 y 1 para la superficie de captación del módulo 3. Deberán tener en la unión de la bajante y la canaleta, un filtro de malla.
Filtro de arena	Tendrá una superficie de captación de 2.5 m ² , en su parte inferior tendrá piedra partida fina, en una capa con espesor de 30 cm. Luego, una capa de arena gruesa, con un espesor de 20 a 40 cm hasta alcanzar la pared del vertedero que une con el primer compartimento.
Tanque cisterna Bomba	Será de polietileno extra virgen y deberán considerarse la cantidad de tanques necesarios para alcanzar los 68 m ³ .

Será una electrobomba doméstica, de 0.5 HP

Tanque elevado

Será de polietileno extra virgen con una capacidad de 750 litros

Tubería

Toda la tubería a instalarse deberá ser de PVC, para los casos de tubería PVC SAP deberá ser clase 10.

CAPÍTULO IV. DISCUSION Y CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos nos indican que el volumen de agua captada de la superficie de captación permite dotar de agua para realizar las actividades diarias en la institución educativa Mariavilca 82096 durante los meses del año en que se realizan las labores escolares, por lo que no se consideraron los meses de enero y febrero, la dotación asignada para las actividades escolares en el nivel primaria es de 20 litros/ beneficiario/día, pero por encontrarse en el ámbito rural, la dotación considerada para el cálculo de la demanda, fue de 14 litros/beneficiario/día, al calcular el volumen de agua demandada se tuvo en consideración solo los días hábiles del mes, es decir 21 días al mes.

En la tesis Sistema de captura y tratamiento de agua de lluvia por canaletas en coberturas impermeables de viviendas rurales en el centro poblado de Inchupalla (Velásquez, 2021) se concluye que para el ambiente donde se realizó la tesis, el centro poblado de Inchoalla el sistema no se establecerá en su totalidad, será necesario combinarlo con la red de agua potable, sin embargo, el diseño propuesto en la presente investigación, abastecerá a la institución educativa durante todo el año.

En la tesis Diseño de un sistema de captación de aguas pluviales, para el uso doméstico en viviendas del barrio La Florida del distrito de Yurimaguas – provincia de Alto Amazonas– región Loreto (Grandez, 2017) se calcula un valor anual neto de 73 como valor favorable, nuestra investigación evalúa el uso racional del agua mas no la rentabilidad económica, sin embargo, la implementación del sistema genera también beneficios económicos y en la salud de la población estudiantil.

La Superficie de captación resultante es de 226.5 m², la cual es resultado de sumar las áreas de los 3 módulos de la institución educativa, generándose un máximo mensual de 27.09 m³ durante el mes de marzo cuando la precipitación es de 149.5 mm, en el acumulado durante un año el volumen captado es de 147.83 m³, sin embargo la selección del volumen del tanque de almacenamiento deberá ser no menos a 15m³, pero dependerá de la disponibilidad presupuestal para la construcción del sistema de captación.

Debido a que se considera un periodo de diseño de 20 años se realizó el cálculo de la población futura resultando que de un total de 35 beneficiarios en el año 0 de diseño llegamos a 47 beneficiarios en el año 20. El material seleccionado para el tanque de almacenamiento es de polietileno extra virgen

Las precipitaciones registradas en la estación meteorológica del distrito de Pedro Gálvez, nos permite realizar el diseño hidráulico y dimensionar así los componentes del SCALL para el abastecimiento continuo de agua en la institución educativa Mariavilca 82096.

La implementación del sistema de captación, almacenamiento y tratamiento de aguas de lluvias, como alternativa de ahorro de agua potable de la I.E Mariavilca 82096, implica un ahorro económico a largo plazo, sin embargo, generará una inversión inicial considerable. Implicará además destinar el agua potable ahorrada a beneficiarios y promoverá la cultura del ahorro del agua en los estudiantes de la institución educativa y con ello a sus familias y el resto de la población.

El sistema de captación, almacenamiento y tratamiento de aguas de lluvias, como alternativa de ahorro de agua potable de la I.E Mariavilca 82096 es aplicable al ámbito rural por la dotación que se ha considerado, así mismo el sistema tiene un tratamiento que corresponde a las características de agua de lluvia en lugares con bajo nivel de

contaminación además la población estudiantil en las instituciones educativas rurales es menor que en las instituciones educativas urbanas.

En la tesis, Diseño de un sistema de aprovechamiento de aguas lluvias para la facultad tecnológica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas (Bautista & Sánchez, 2018), se elaboró el diseño del sistema de recolección y distribución de aguas lluvias, el cual estaría ofreciendo un ahorro del 12.10% de consumo anual, esto es debido a que la muestra de la investigación se encuentra en el ámbito urbano y tiene una gran población estudiantil, a diferencia de la institución educativa Mariavilca 82096.

Se recomienda utilizar tanques de almacenamiento de polietileno los cuales son más económicos, se encuentran en diferentes tamaños y brindan resistencia a los esfuerzos del terreno. Finalmente, se recomienda realizar una investigación del tipo experimental para determinar la vida útil del agua almacenada en los tanques de almacenamiento de los SCALL, y los posibles métodos de tratamiento para poder regenerar el agua almacenada por mucho tiempo.

CONCLUSIONES:

1. Se concluye que la implementación del sistema de captación, almacenamiento y tratamiento de aguas de lluvias, como alternativa de ahorro de agua potable de la I.E Mariavilca 82096 generará un ahorro de hasta el 100% del agua potable consumida por la población estudiantil de la institución educativa Mariavilca bajo óptimas condiciones de funcionamiento.
2. Se calculó el área apta para captación de agua lluvia de la infraestructura de la Institución Educativa Mariavilca – Pedro Gálvez – San Marcos, sumando las áreas parciales de los tres módulos que forman la infraestructura, haciendo un total de 226.5 m².
3. A partir de la información reportada en la estación pluviométrica del SENAMHI con código 4.725E+209, localizada en el distrito de Pedro Gálvez, región Cajamarca se pudo calcular la oferta de 147.83 m³ de agua de lluvia para proveer de agua a la institución educativa Mariavilca 82096.
4. El volumen del tanque de almacenamiento del sistema de captación, almacenamiento y tratamiento será como mínimo de 15 m³, para garantizar el abastecimiento continuo de agua potable para el consumo humano. El volumen del tanque elevado necesario para el desarrollo de las actividades mencionadas será como mínimo de 750 lts.

REFERENCIAS

- Acevedo García, J. (2016). *Capacitación y aprovechamiento de agua de lluvia en América Latina Experiencias y conclusiones de un debate*. Santiago de Chile: Ediciones e impresiones COPYGRAPH.
- Basán Nickisch, M., Sánchez, L., Tosolini, R., Tejerina Díaz, F., & Jordan, P. (2017). SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA PARA CONSUMO HUMANO,. *Aqua-LAC*, 15-25.
- Basán, M., Sánchez, L., Tosolini, R., Tejerina, F., & Jordan, P. (2018). *Sistemas de captación de agua de lluvia para consumo humano, sinónimo de agua segura*. Montevideo: Aqua - LAC.
- Bautista , A., & Sánchez, J. (2018). *DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS PARA LA FACULTAD TECNOLÓGICA DE LA UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS*. Bogotá: UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS.
- Calderón, D., & Rivera, L. (2019). *Manejo de aguas pluviales en el Hotel Alejandría Resort*. Bucaramango: Universidad Santo Tomás.
- Cordova Gutierrez, S. J. (2018). *GENERACIÓN DE ESCORRENTÍA EN LA CUENCA DEL RÍO HUAYOBAMBA - SAN MARCOS A PARTIR DE*. Cajamarca: UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA.
- Cortes, M., & Iglesias, M. (2004). *Generalidades sobre Metodología*. Ciudad del Carmen: Universidad Autónoma del Carmen.
- D'Elmar, D., García, M., Hequilén , M., & Rossi, C. (2008). *Reutilización de aguas grises Seminario AGUA*. Buenos Aires: Universidad Tecnológica Nacional.
- FIDA. (2013). *Captación y almacenamiento de Agua de Lluvia, Opciones Técnicas para la agricultura familiar en América Latina y El Caribe*. Santiago de Chile: Editorial FAO.
- Fulgencio, N. (2020). *Sistema de captación de aguas pluviales para uso doméstico*. Bilbao: Universidad del País Vasco.
- Fustamante, N. (2017). *Manual para la Cloración del agua en Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable en el Ámbito Rural*. Lima: Cooperación alemana al desarrollo - Agencia de la GIZ en el Perú.
- Grandez, E. (2017). *Diseño de un sistema de captación de aguas pluviales, para el uso doméstico en viviendas del barrio La Florida del distrito de Yurimaguas – provincia de Alto Amazonas– región Loreto*. Tarapoto: Universidad Nacional de San Martín.
- Gutierrez, J., & Bulnes, M. (2016). *Manual de uso, mantenimiento y construcción Sistema Doméstico de cosecha de agua lluvia*. Ciudad de México: SARAR Transformación.
- Hernández, R. (2014). *Metodología de la investigación*. México D.F: Mc Graw Hill.
- Kestler Rojas, P. (2004). *USO, REUSO Y RECICLAJE DEL AGUA*. UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR.
- Marroquín, R. (2007). *Metodología de la investigación*. Lima: UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN ENRIQUE GUZMÁN Y VALLE.
- MINAGRI. (2016). *Rumbo a un programa nacional de siembra y cosecha de agua: Aportes y reflexiones desde la práctica*. Lima: Ministerio de agricultura y riego del Perú Biceministerio de políticas agrarias.
- Nicomedes , E. (2018). *Tipos de Investigación*. Lima: Universidad Santo Domingo de Guzmán.
- Palacio, N. (2010). *Propuesta de un Sistema de Aprovechamiento de Agua Lluvia, como alternativa para el ahorro de agua potable, en la Institución Educativa María Auxiliadora de Caldas, Antioquía*. Medellín: Universidad de Antioquía.
- Rico, A., Arahuetes, A., & Morote, A. (2016). *Depuración y reutilización de aguas residuales regeneradas en las regiones de Murcia y Valencia*. Alicante: Universidad de Alicante.

- Vargas, Z. (2009). La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica. *Revista Educación*, 155-165.
- Velásquez, J. (2021). *Sistema de captación y tratamiento de agua de lluvia por canaletas en coberturas impermeables de viviendas rurales en el centro poblado de Inchupalla*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.

ANEXOS



Fotografía 1: Vista frontal de la institución educativa Mariavilca 82096 – Distrito de Pedro Gálvez, ubicado a 7.5 km de la ciudad de San Marcos.



Fotografía 2: Toma de medidas de la infraestructura de la institución educativa Mariavilca 82096.



Fotografía 3: Inspección de los módulos de servicios higiénicos para varones de la institución educativa Mariavilca 82096.



Fotografía 4: identificación de los aparatos sanitarios en los servicios higiénicos de la institución educativa Mariavilca 82096.



Fotografía 5: Agente Municipal, señor Leoncio Salas, informando de la escasez de agua para consumo humano en la institución educativa Mariavilca 82096.



Fotografía 6: Verificación de la información brindada por el Agente Municipal, señor Leoncio Salas, en la institución educativa Mariavilca 82096.



Fotografía 7: Vista del interior de la institución educativa Mariavilca 82096 - Distrito de Pedro Gálvez.



Fotografía 8: Vista del centro poblado Mariavilca en el Distrito de Pedro Gálvez.



Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.
Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.
Impacto Ambiental, Construcción de Edificios, Obras de Ingeniería Civil.
PROYECTOS – ASESORÍA Y CONSULTORÍA
CELULAR: 948818861 CORREO: amosqueira@unc.edu.pe

**ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE UNA MUESTRA DE AGUA DE LLUVIA
NORMA ITINTEC 334088**

TESIS: DISEÑO DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN, ALMACENAMIENTO Y TRATAMIENTO DE AGUAS DE LLUVIAS, COMO ALTERNATIVA DE AHORRO DE AGUA POTABLE DE LA IE MARIA VILCA 82096, CAJAMARCA, 2021.

SOLICITA: BACHILLER ERIKA MARCELA RAMIREZ GUEVARA

PROCEDENCIA: LOCALIDAD MARIAVILCA-DISTRITO PEDRO GALVEZ -PROVINCIA SAN MARCOS-REGION CAJAMARCA

UBICACIÓN: ALTITUD 2544 m.s.n.m

COORDENATAS UTM: E 814554.8 N 9184662

MUESTRA: AGUA DE LLUVIA

FECHA: 28/10/2021

ANÁLISIS

I. ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO:

Color : Incoloro
Olor : Inodoro
Sedimentos : Nulo

II. ANÁLISIS FÍSICO:

pH : 7.90
Conductividad (US/CM) : 589.00
Sólidos Totales Disueltos (mg/L) : 311.00
Turbidez (UNT) : 3.10

III. ANÁLISIS QUÍMICO

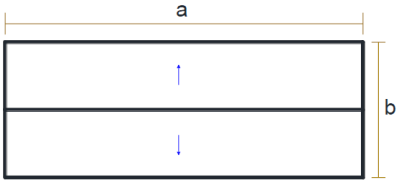
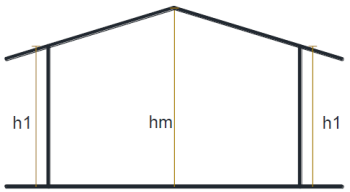
Cloro (mg/L) : 0.00
Sulfatos (SO₄)⁻² mg/L : 80.00
Hierro (Fe) mg/L : 0.13
Cobre (Cu) mg/L : 0.086
Cromo (Cr⁶⁺) mg/L : 0.053
Nitrito (NO₂) mg/L : 0.007
Aluminio (Al) mg/L : 0.008
Coliforme Totales: 35°C(UFC/100ml) : <1
Coliforme Fecales: 44.5°C(UFC/100ml) : <1

IV. ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO (MÉTODO FILTRO DE MEMBRANA)

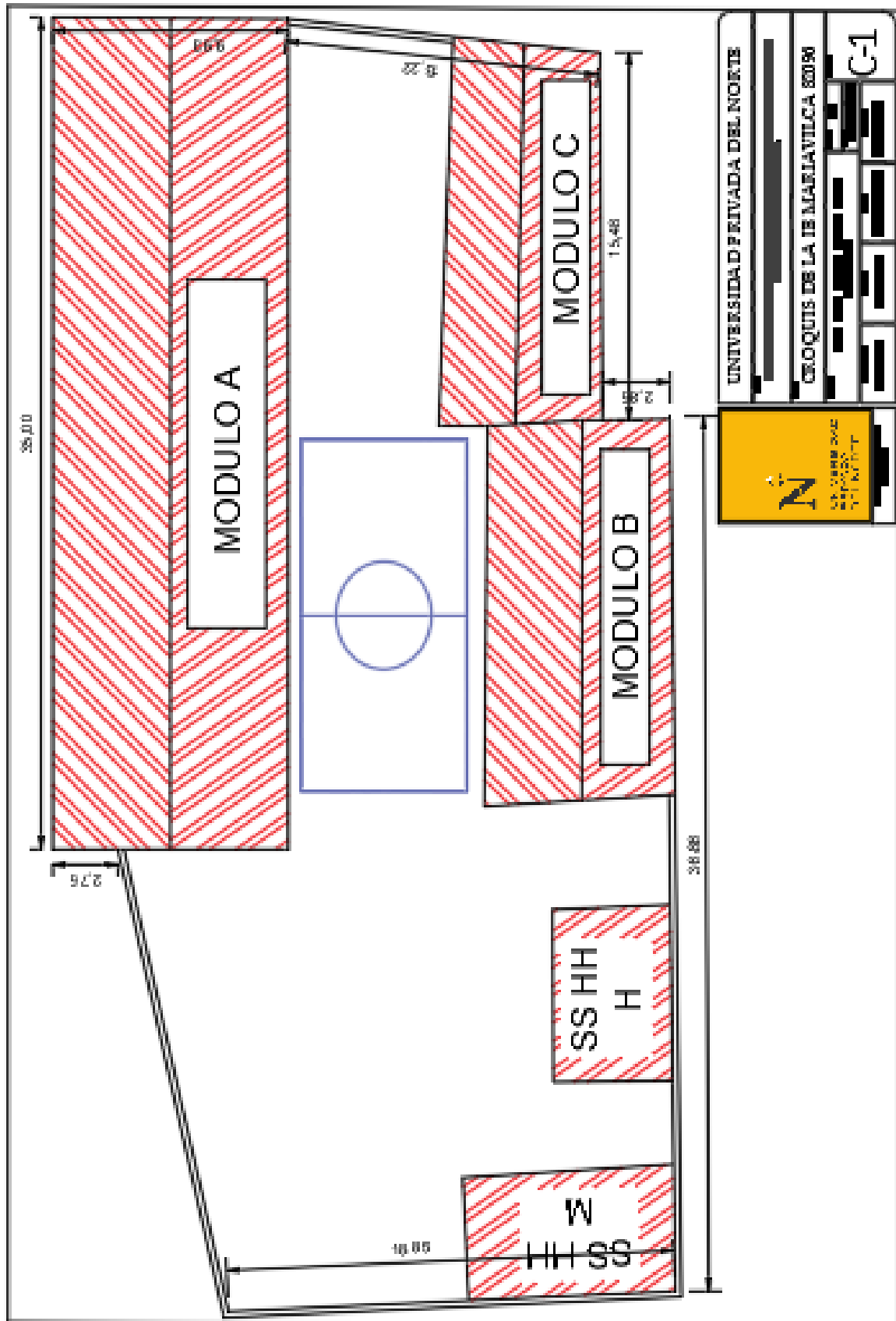
Volumen Filtrado	Coliforme Totales: 35°C(UFC/100ml)	Coliforme Fecales: 44.5°C(UFC/100ml)
100 ml	<1	<1

NOTA: La muestra fue alcanzada por el interesado, a este laboratorio para su análisis.

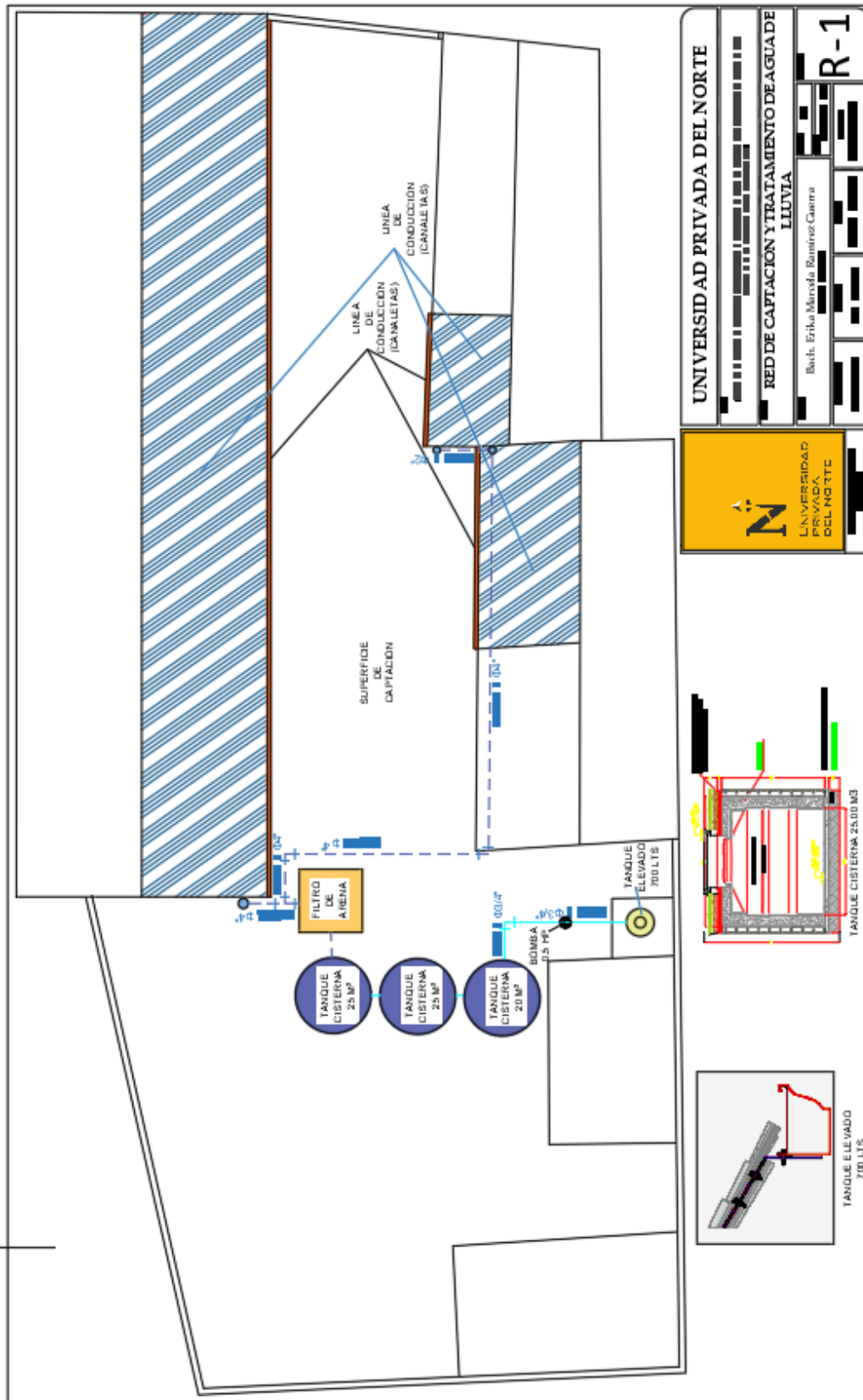

Ing. MSc. Hugo Masqueira Estraver
JEFE DE LABORATORIO
CIP. 27664

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
FORMATO DE INSPECCION			
TESIS:	“DISEÑO DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN, ALMACENAMIENTO Y TRATAMIENTO DE AGUAS DE LLUVIAS, COMO ALTERNATIVA DE AHORRO DE AGUA POTABLE DE LA IE MARIAVILCA 82096, CAJAMARCA, 2021”		
TESISTA:	ERIKA MARCELA RAMIREZ GUERRA		
ASESOR:	Ing. German, Sagastegui Vásquez	FECHA DE INSPECCION:	25/08/2021
PROPIETARIO:	INSTITUCION EDUCATIVA MARIAVILCA - MINISTERIO DE EDUCACION		
DESCRIPCION	INSTITUCION EDUCATIVA PRIMARIA		
COBERTURA:	814554.8 E	9184662 N	ALTITUD: 2544 m.s.n.m
TIPO DE COBERTURA:	ESTRUCTURAS EXISTENTES:		
		SI	NO
CALAMINA	<input checked="" type="checkbox"/>		
TEJA DE ARCILLA	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>
PAJA	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>
OTRO	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>
USO DE LA EDIFICACION:	VIVIENDA <input type="checkbox"/>	COLEGIO Y/O ESCUELA <input checked="" type="checkbox"/>	OTRO: <input type="checkbox"/>
NUMERO DE BENEFICIARIOS	35		
DOTACION CONSIDERADA	L/BENEFICIARIO/DIA 14		
SUPERFICIE DE CAPTACION:	226.50 m ²		
	Modulo A a= 35.00 m b= 5.00 m A1= 175.00		
	Modulo B a= 8.00 m b= 4.00 m A1= 32.00		
	Modulo C a= 6.50 m b= 3.00 m A1= 19.50		
AUTOR 1	ASESOR		
FIRMA:	FIRMA:		
NOMBRE: ERIKA MARCELA RAMIREZ GUERRA	NOMBRE: ING. German, Sagastegui Vásquez		
FECHA:	FECHA:		

PLANOS DEL SISTEMA PROPUESTO







ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL SISTEMA PROPUESTO

1. CANALETA DE ZINC EVACUACION PLUVIAL

Las canaletas de recolección de lluvia serán de plancha de zinc, rectangulares, de 15 cm x 15 cm con una pendiente mínima al 2% y deberá contar con un filtro de malla para evitar el ingreso de partículas que obstruyan las tuberías del sistema, tales como son ramas, hojas, etc.

UNIDAD DE MEDIDA: Metro Lineal (m)

FORMA DE MEDICION: El trabajo se medirá por Metro de canaleta colocada.

2. TUBERIA PVC SAL

Las tuberías de recolección de agua de lluvias irán adosadas a los muros, mochetas, columnas, convenientemente aseguradas. La tubería a emplearse será de PVC (Poli Cloruro de Vinilo) no plastificado (PVC – V), en el Standard Americano Liviano (SAL), los tubos que se encuentran defectuosos en obra serán rechazados, el rechazo sólo recaerá sobre cada unidad.

UNIDAD DE MEDIDA: Metro Lineal (m)

FORMA DE MEDICION: El trabajo se medirá por Metro de tubería colocada.

FORMA DE PAGO: El pago se hará por metro lineal, previa aprobación del Supervisor quien velará por su instalación en obra.

3. FILTRO DE ARENA

Las paredes del filtro se construyen con mampostería, cuyo espesor puede ser de 5 a 15 cm, construyéndose con ladrillos comunes de barro cocido de buena calidad, unidos con mortero de cemento portland normal y arena, con un revestimiento interior que contemple también material hidrófugo en la cisterna.

Las cañerías de llegada desembocan en el primer compartimento o decantador de sedimentos. Una pared nivelada a cero separa al mismo del sector de filtrado. El agua proveniente del techo inunda dicho decantador y termina rebasando la pared como un vertedero hacia el sector del filtro y termina en el tanque cisterna.

El filtro de arena en su parte inferior (en contacto con la cañería de PVC agujereada o ranurada) se carga con piedra partida fina, en una capa con espesor de 30 cm. Posteriormente, se coloca una capa de arena gruesa Tipo 1-2 mm, con un espesor de 20 a 40 cm hasta alcanzar la pared del vertedero que une con el primer compartimento.

La superficie filtrante de arena gruesa debe ser proporcional a la de captación: por cada 100 m² de superficie de captación se recomienda disponer de 1 m² de superficie filtrante.

El material filtrante es la arena, la cual es sostenida por la piedra partida, cuya función de esta última, es la de impedir el ingreso de la arena a la cañería de drenaje y, por ende, al depósito de agua.

El filtro debe poseer una tapa segura y práctica para inspeccionar su limpieza y funcionamiento. Antes de las primeras lluvias y durante el período lluvioso del verano debe corroborarse su estado

UNIDAD DE MEDIDA: Global (Gbl)

FORMA DE MEDICION: El trabajo se medirá en forma global.

FORMA DE PAGO: El pago se hará en forma global, previa aprobación del Supervisor quien velará por su instalación en obra.

4. SUMINISTRO E INSTALACION DE TANQUE CISTERNA

Se refiere a la obtención y colocación de todos los accesorios necesarios para la instalación de tanque cisterna. El tanque cisterna deberá tener 3.9 metros de altura y 3 metros de diámetro y la boca del tanque tiene 18” de diámetro, además tendrá un peso de 500 kg. Para la colocación Las conexiones o bridas deberán estar perfectamente instaladas, apretadas y selladas, ya que pueden aflojarse durante el transporte, además de esto se hará una prueba hidrostática llenándolo con agua primero. El tanque será colocado sobre una superficie plana y limpia, en zonas de fuertes vientos o si permaneciera por tiempos prolongados, vacío, es conveniente anclarlo por medio de las cejas superiores.

UNIDAD DE MEDIDA: Global (Gbl)

FORMA DE MEDICION: El trabajo se medirá en forma global.

FORMA DE PAGO: El pago se hará en forma global, previa aprobación del Supervisor quien velará por su instalación en obra.

5. SUMINISTRO E INSTALACION DE TANQUE ELEVADO

Se refiere a la obtención y colocación de todos los accesorios necesarios para la instalación de tanque elevado. El tanque deberá tener 1.05 metros de altura y 1.11 metros de diámetro.

El mantenimiento del tanque se debe efectuar por lo menos 1 vez al año. Primero se recomienda consumir el agua del tanque, lo cual se logra cerrando la válvula general de entrada de agua al domicilio. Una vez consumida el agua del tanque, se cierra la válvula de entrada de agua al tanque y se desmonta el tanque, llevándolo a un lugar plano y seguro para su manipulación.

Con lejía doméstica diluida en agua (1 litro de lejía doméstica por 10 litros de agua) y un trapo se limpia las paredes interiores del tanque. No se debe realizar la limpieza con abrasivos que puedan dañar las paredes del tanque. Se enjuaga el tanque con agua hasta que el olor de la lejía desaparezca.

Se vuelve a montar el tanque, se limpia o cambia el cartucho del filtro (el cartucho del filtro se debe cambiar entre 3 y 6 meses dependiendo de su frecuencia de uso) y se abre la válvula de entrada de agua al tanque.

Mientras el tanque se llena, se recomienda abrir la llave de la cocina con la finalidad de verificar que no exista ninguna fuga de agua en las conexiones del tanque y de dejar correr impurezas que se puedan haber infiltrado en las tuberías.

En el caso que detecte alguna fuga, se recomienda se contacte con un instalador capacitado. El tanque será colocado sobre una superficie plana y limpia, en zonas de fuertes vientos o si permaneciera por tiempos prolongados, vacío, es conveniente anclarlo por medio de las cejas superiores.

UNIDAD DE MEDIDA: Global (Gbl)

FORMA DE MEDICION: El trabajo se medirá en forma global.

FORMA DE PAGO: El pago se hará en forma global, previa aprobación del Supervisor quien velará por su instalación en obra.

6. RED DISTRIB. TUBERIA PVC-SAP 3/4” Y 1/2”

Las redes de agua fría serán con tuberías de plástico PVC pesado (SAP), con uniones y accesorios roscados clase C10.

Las tuberías irán empotradas, en pisos y paredes, según planos.

Tratando en todo lo posible que se pueda reparar y evitando ser empotrados en tramos largos.

UNIDAD DE MEDIDA: Metro (m)

FORMA DE MEDICION: El trabajo se medirá por metro lineal.