

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUA
LLUVIA PARA UN DOMICILIO UBICADO EN EL BARRIO SAN
FRANCISCO DE HUARCAY, PARROQUIA LA ECUATORIANA, DMQ.**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
TECNÓLOGO EN ELECTROMECAÁNICA / TECNÓLOGA EN AGUA Y
SANEAMIENTO AMBIENTAL**

Cristian David Amagua Pillajo

cristian.amagua@epn.edu.ec

Lizeth Gabriela Puratambi Tarambis

lizeth.puratambi@epn.edu.ec

DIRECTOR: ING. SANDRA PATRICIA PANCHI JIMA

sandra.panchi@epn.edu.ec

CODIRECTOR: ING. WILSON LEOPOLDO MORAN FLORES

wilson.moran@epn.edu.ec

Quito, julio 2021

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por el Sr. Amagua Pillajo Cristian David y la Srta. Puratambi Tarambis Lizeth Gabriela como requerimiento parcial a la obtención del título de TECNÓLOGO EN ELECTROMECAÁNICA / TECNÓLOGA EN AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL, bajo nuestra supervisión:

**ING. SANDRA PATRICIA
PANCHI JIMA**

DIRECTORA DEL
PROYECTO

**ING. WILSON LEOPOLDO MORAN
FLORES**

CODIRECTOR DEL PROYECTO

DECLARACIÓN

Nosotros Amagua Pillajo Cristian David con CI: 1723416879 y Puratambi Tarambis Lizeth Gabriela con CI: 1751613629 declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Sin perjuicio de los derechos reconocidos en el primer párrafo del artículo 144 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación – COESC-, somos titulares de la obra en mención y otorgamos una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva de uso con fines académicos a la Escuela Politécnica Nacional.

Entregamos toda la información técnica pertinente, en caso de que hubiese una explotación comercial de la obra por parte de la EPN, se negociará los porcentajes de los beneficios conforme lo establece la normativa nacional vigente.

Amagua Pillajo Cristian David

CI: 1723416879

Teléfono: 0983747920

Correo: cristian.amagua@epn.edu.ec

Puratambi Tarambis Lizeth Gabriela

CI:1751613629

Teléfono: 0983747920

Correo: lizeth.puratambi@epn.edu.ec

AGRADECIMIENTO

A mis padres mi papá Panchito y mi mamita María por acompañarme en todo este camino, apoyarme en todo, darme su ánimo, la gran enseñanza de siempre ser Humilde y Respetar al resto.

A Pris por el cariño, su amor y el apoyo durante todo este trayecto de vernos superar cada día ser unas personas que están al pendiente el uno del otro y por más logros de superación profesional y laboral que nos esperan en el futuro.

A mis hermanos Milton y Cesar por cada día estar pendientes e impulsarme en todo lo que me propongo y ser una motivación de ser mejor persona, también a mis sobrinos que se apegaron en momentos para querer aprender y poder darles una enseñanza de como se hace.

A todas las personas que nos acompañamos en el trayecto de la vida universitaria, de ayudarnos y jalarnos las orejas cuando se debía, de no olvidar que siempre bajo presión a veces las cosas salen mejor y sobre todo nunca dupliques los elementos.

Cristian David Amagua

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres Patricia y Rodrigo por darme la oportunidad de seguir formándome académicamente. Un agradecimiento especial a mi padre Rodrigo Puratambi por apoyarme a lo largo del desarrollo de este proyecto de titulación.

A mis hermanos Joffre y Camila que me han dado momentos de felicidad y a mi hermana Prisila por ser un pilar fundamental en mi vida desde niñas hasta la actualidad.

A la ingeniera Patricia Panchi quien me ha dado apoyo moral y académico para lograr culminar este proyecto.

A la Escuela de Formación de Tecnólogos por darme conocimientos, vivencias y amistades inolvidables.

En fin, gracias a todas las personas que con sus palabras de apoyo me han alentado a culminar esta meta en mi vida.

Lizeth Gabriela Puratambi

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Objetivo general	2
1.2	Objetivos específicos.....	2
2	MARCO TEÓRICO.....	2
2.1	Precipitación Pluvial	2
2.1.1	Registros pluviométricos	2
2.1.2	Precipitación media mensual	3
2.2	Oferta de agua	3
2.3	Demanda de agua para uso doméstico	3
2.4	Captación de agua lluvia.....	4
2.4.1	Coeficiente de escorrentía.....	4
2.5	Canalización del agua pluvial.....	4
2.5.1	Canaletas	4
2.6	Intensidad de lluvia.....	4
2.7	Interceptor de primeras aguas	5
2.8	Almacenamiento	5
2.9	Filtración.....	6
2.10	Distribución.....	6
2.11	Sistema de bombeo	7
2.11.1	Bomba de agua.....	7
2.12	Dispositivos de protección.....	9
2.13	Cortocircuito monofásico	9
2.13.1	Interruptores	9
2.14	Disparo de los magnetos térmicos	11
2.14.1	Curvas de disparo (IEC 60947).....	11
3	METODOLOGÍA.....	13
3.1	Evaluación de la infraestructura de drenaje existente.....	13

3.1.1. Reconocimiento del lugar	13
3.1.2 Infraestructura de drenaje pluvial existente zona de estudio.....	13
3.2 Diseño del sistema de reutilización de agua lluvia.....	14
3.2.1 Bases del diseño.....	14
3.2.2. Oferta mensual de agua lluvia	15
3.2.3. Demanda Diaria de Agua	18
3.2.4 Criterios de diseño	20
3.2.5 Construcción del sistema de reutilización de agua lluvia	44
4 RESULTADOS.....	62
4.1 Evaluación de la infraestructura de drenaje existente.....	63
4.2 Precipitación promedio mensual	65
4.2.1 Área de aportación.....	66
4.2.2 Oferta Mensual	66
4.2.3 Demanda Mensual	67
4.2.4 Oferta y Demanda Mensual Acumulada	68
4.3 Construcción del sistema de reutilización de agua lluvia	69
4.3.1 Área de Captación	69
4.3.2 Conducción	69
4.3.3 Interceptor de primeras aguas	69
4.3.4 Tanque de recolección	69
4.3.5 Filtro de arena.....	69
4.3.6 Almacenamiento	72
4.3.7 Bombeo.....	72
4.3.9 Distribución.....	74
4.3.10 Presupuesto del sistema	74
4.3.11 Manual de operación y mantenimiento del sistema de reutilización de agua lluvia	75
5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	76
Conclusiones.....	76

	Recomendaciones.....	77
6	REFERENCIAS.....	78
7	ANEXOS.....	lxxxiv

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distancia entre la Zona de estudio y la Estación Izobamba.....	3
Figura 2. Esquema interceptor de primeras aguas.....	5
Figura 3 Bomba centrífuga.....	7
Figura 4. Clasificación de las Bombas.....	7
Figura 5 Partes de una bomba.....	8
Figura 6. Cortocircuito Monofásico.....	9
Figura 7. Interruptor MCB Schneider.....	10
Figura 8. Curva de disparo de un magnetotérmico.....	12
Figura 9. Imagen referencia de la zona de estudio.....	13
Figura 10. Zonas dentro de la zona de estudio.....	13
Figura 11. Conducción Pluvial actual.....	14
Figura 12. Triángulo rectángulo que se forma en la cubierta A.....	16
Figura 13. Triángulo rectángulo que se forma en la cubierta B.....	17
Figura 14. Área total de captación.....	20
Figura 15. Dimensiones de canaleta.....	21
Figura 16. Caudal vs NPSH.....	34
Figura 17. Relé térmico LS modelo MMS-32S.....	40
Figura 18. Selector de 2 Posiciones.....	41
Figura 19. Pulsador Zeta de emergencia.....	41
Figura 20. Lámpara led Señalización.....	42
Figura 21. Placa Arduino uno.....	43
Figura 22. Relé de 5 (v) para Arduino.....	44
Figura 23. Esquema de un relé de 5 (V).....	44
Figura 24. Techo zona B sin canaletas.....	45
Figura 25. Instalación de canaletas en la zona B.....	45
Figura 26. Canaleta instalada en la zona B.....	45
Figura 27. Bajante antigua.....	46
Figura 28. Bajante nueva del sistema.....	46
Figura 29. Implementación de acople en interceptor de primeras aguas.....	47
Figura 30. Tanque de regulación de primeras aguas.....	47
Figura 31. Colocación de tapón.....	48
Figura 32. Colocación de tornillos.....	48
Figura 33. Resultado final Interceptor.....	48
Figura 34. Tanque de recolección de agua lluvia.....	49
Figura 35. Universal entre tanque de recolección y filtro.....	50

Figura 36. Perforación al tubo para que ingrese el agua al filtro.	51
Figura 37. Instalación de la tubería perforada dentro del filtro.	51
Figura 38. Distintos tamaños de grava utilizada.	51
Figura 39. Grava antes de ser lavada.	52
Figura 40. Grava después de ser lavada.	52
Figura 41. Colocación de algodón dentro de filtro.	52
Figura 42. Colocación de grava en el filtro.	52
Figura 43. Tee entre el filtro y el tanque de almacenamiento.	53
Figura 44. Tanque de almacenamiento.	53
Figura 45. Perforación al tanque del almacenamiento.	53
Figura 46. Materiales usados.	54
Figura 47. Cebado de la bomba.	55
Figura 48. Electronivel.	55
Figura 49. Presostato y manómetro.	56
Figura 50. Rejilla para bomba.	56
Figura 51. Rejilla para bomba.	56
Figura 52. Adaptación de accesorios a la bomba.	57
Figura 53. Conexión del electro nivel.	57
Figura 54. Diseño tablero de control.	58
Figura 55. Tablero de control.	58
Figura 56. Placa de componentes.	59
Figura 57. Diseño de placa.	60
Figura 58. Conexiones al tablero.	60
Figura 59. Electroválvula.	61
Figura 60. Conexiones del sistema de distribución.	62
Figura 61. Electroválvulas.	62
Figura 62. Esquema general del sistema de reutilización de agua lluvia.	63
Figura 63. Techo de metal galvanizado.	69
Figura 64. Activación del relé de agua.	72
Figura 65. Activación de la bomba.	73
Figura 66. Pulsador tipo hongo accionamiento.	73
Figura 67. Activación de relés.	74
Figura 68. Relé, interruptor y válvula bola.	74

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos de la estación meteorológica Izobamba	2
Tabla 2. Coeficientes de escorrentía.	4
Tabla 3. Capacidad de corte de los magnetotérmicos	11
Tabla 4. Datos de demanda de agua.	18
Tabla 5. Caudales instantáneos según tipo de aparato sanitario.....	26
Tabla 6. Caudales de tuberías.....	26
Tabla 7. Diámetros para los distintos aparatos sanitarios.	27
Tabla 8. K constante de pérdida por el material.	30
Tabla 9. Coeficiente K accesorios	30
Tabla 10. Accesorios por pérdidas en impulsión	32
Tabla 11. Placa de datos- Bomba.....	36
Tabla 12. Porcentaje de corriente de plena carga.	36
Tabla 13 Valores normalizados para interruptores magnetotérmicos	38
Tabla 14. Funciones de los termomagnéticos	38
Tabla 15. Clase de disparo de relés térmicos.....	39
Tabla 16. Características del selector.	41
Tabla 17. Características zeta de emergencia.....	42
Tabla 18. Características de las luces piloto.	42
Tabla 19. Materiales para construcción del interceptor de primeras aguas.	46
Tabla 20. Materiales para construcción del tanque de recolección.	48
Tabla 21. Materiales para construcción del filtro de arena.	50
Tabla 22. Materiales para la succión y expulsión.....	54
Tabla 23. Materiales para adaptar el sistema de distribución.	61
Tabla 24. Elementos de drenaje pluvial existentes en la zona de estudio.	63
Tabla 25. Promedio de precipitación mensual para 20 años de datos.	65
Tabla 26. Oferta Mensual.....	67
Tabla 27. Diferencia entre la oferta y demanda acumulada.	68
Tabla 28. Datos para calcular el caudal mediante el método volumétrico.	70
Tabla 29. Segundos datos para calcular el caudal mediante el método volumétrico. .	71
Tabla 30. Cuadro resumen del presupuesto del sistema.	75

RESUMEN

El presente proyecto tiene como fin diseñar e implementar un sistema de reutilización de agua lluvia para satisfacer las necesidades hidrosanitarias y de limpieza de un domicilio ubicado al sur de Quito, Barrio San Francisco de Huarca.

Primero, la introducción expone el beneficio y funcionamiento general del sistema de reutilización de agua lluvia. Mientras que, los objetivos detallan el propósito del proyecto.

Por otro lado, en la metodología se detallan los procedimientos para cumplir cada uno de los objetivos que sirven para el desarrollo del proyecto y así poder determinar las características principales para el dimensionamiento del sistema como son: área de captación, diámetro de bajantes, volumen del tanque de almacenamiento y los elementos del sistema de bombeo automatizado.

En la sección de resultados y discusión se describen e interpretan los resultados más relevantes del proyecto que contribuyeron al cumplimiento de los objetivos planteados. Seguido, se presentan las conclusiones y recomendaciones de los resultados obtenidos en la sección anterior.

Como último punto se tienen los anexos, en los cuales se presenta el manual de operación y mantenimiento, cuadro de presupuesto total y planos referentes al diseño del sistema.

Palabras claves: Captación, Aguas Lluvias, Bombeo, Reutilización, Automatizado.

ABSTRACT

The purpose of this project is to design and implement a rainwater reuse system to meet the hydro-sanitary and cleaning needs of a home located in the south of Quito, Barrio San Francisco de Huarcaay.

First, the introduction exposes the benefit and general operation of the rainwater reuse system. Meanwhile, the objectives detail the purpose of the project.

On the other hand, the methodology details the procedures to meet each of the objectives that serve for the development of the project and thus determine the main characteristics for the sizing of the system such as: catchment area, downspout diameter, volume of the storage tank and the elements of the automated pumping system.

The results and discussion section describes and interprets the most relevant results of the project that contributed to the achievement of the proposed objectives. Next, the conclusions and recommendations of the results obtained in the previous section are presented.

The last section contains the annexes, which include the operation and maintenance manual, the total budget table and the drawings of the system design

Keywords: Harvesting, Rainwater, Pumping, Reuse, Automated.

1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad varios países han optado por implementar alternativas que ayuden a la captación de agua lluvia y gracias a esto aumentar la disponibilidad del agua en fuentes superficiales. Esto se puede evidenciar en los proyectos expuestos en “El Seminario Internacional sobre Sistemas de Captación de Aguas Lluvia en América Latina y el Caribe”, llevado a cabo en Chile en el 2014, generando como conclusión que, la captación de agua lluvia es una alternativa viable y puede satisfacer las necesidades de una familia, comunidad o actividades a gran escala, dependiendo del diseño que se implemente (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2016).

Un sistema de captación de agua de lluvia es una técnica de recolección y almacenamiento de agua pluvial, cuya viabilidad técnica depende de la pluviosidad de la zona de captación. Normalmente se utiliza el techo de las viviendas para captación, siendo un sistema destinado principalmente para el abastecimiento familiar (Guía de Opciones Tecnológicas de Sistemas de Saneamiento para el Ámbito Rural, 2018).

El presente proyecto de titulación propone y lleva a cabo el aprovechamiento de la precipitación pluvial, mediante el diseño e implementación de captación de agua lluvia para satisfacer necesidades hidrosanitarias y de limpieza de una familia ubicada al sur de Quito, Parroquia La Ecuatoriana, Barrio San Francisco de Huaracay. Es importante mencionar que el mismo se encuentra en una zona periférica con un sistema de abastecimiento actual de agua entubada. La Certificación del funcionamiento del proyecto se encuentra en el Anexo 1.

Por lo general los sistemas de reutilización agua lluvia constan de varias fases como la recolección, filtración, almacenamiento y distribución, las cuales se detallarán a lo largo del presente documento. Por último, se realizó un manual de mantenimiento y operación para alargar la vida útil del sistema implementado.

1.1 Objetivo general

Implementar un sistema de reutilización de agua lluvia para un domicilio ubicado en el Barrio San Francisco de Huarca, Parroquia La Ecuatoriana, DMQ.

1.2 Objetivos específicos

- Evaluar la infraestructura de drenaje existente.
- Diseñar el sistema de reutilización de agua lluvia.
- Construir el sistema de reutilización de agua lluvia.
- Elaborar un manual de operación del sistema.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Precipitación Pluvial

La precipitación pluvial se mide en mm y es la cantidad de lluvia que recibe un sitio en un período determinado de tiempo. Un mm de precipitación equivale a la altura obtenida por la caída de un litro de agua sobre la superficie de un metro cuadrado (Canche, 2017).

Para poder evaluar correctamente las características objetivas del clima, en el cual la precipitación, y en especial la lluvia, desempeña un papel muy importante, las precipitaciones mensuales deben haber sido observadas por un período de por lo menos 20 a 30 años, lo que se llama un período de observación largo.

En Ecuador el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) es la entidad técnico – científica responsable de la generación y difusión de la información hidrometeorológica del país (INAMHI, 2020).

2.1.1 Registros pluviométricos

Se tomó como referencia los datos pluviométricos de la estación pluviométrica Izobamba ubicada al sur de Quito. Esta estación pertenece al INAMHI y se encuentra a 10.6 km de la zona de interés siendo la más cercana al domicilio donde se llevó a cabo el proyecto. Los datos referentes a la estación se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Datos de la estación meteorológica Izobamba (INAMHI, 2020)

IZOBAMBA	
Código	M003
Provincia	PICHINCHA

Propietario	INAMHI
Latitud	0.365833
Longitud	78.555.000
Altitud	3058,00
Tipo	METEREOLÓGICA
Estado	OPERATIVA

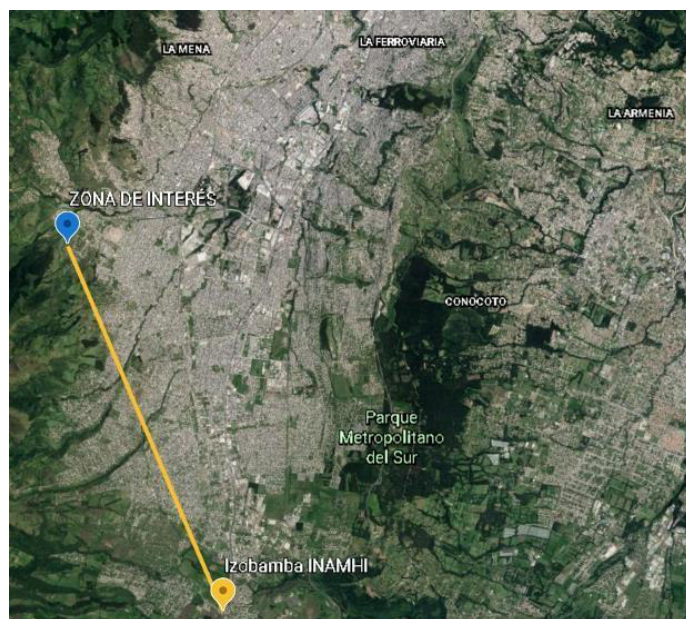


Figura 1. Distancia entre la Zona de estudio y la Estación Izobamba (Google Earth, 2020).

2.1.2. Precipitación media mensual

Es la media aritmética de las precipitaciones mensuales, de un cierto mes, a lo largo de una serie de años. En consecuencia, la suma de las medias mensuales de todos los meses del año coincide con el módulo pluviométrico anual medio (INAMHI, 2017).

2.2 Oferta de agua

La oferta de agua se la considera como la cantidad de agua lluvia recolectada por metro cuadrado. Además, la oferta hídrica corresponde al volumen disponible de agua para satisfacer la demanda generada por las actividades sociales y económicas del hombre (CorpoNariño, 2017).

2.3 Demanda de agua para uso doméstico

Se refiere a la cantidad de agua consumida por la población urbana y rural para suplir sus necesidades, expresada en términos de volumen en metros cúbicos (CorpoNariño, 2017).

2.4 Captación de agua lluvia

El área de captación consiste en el techo de la zona de estudio en donde se realizó el proyecto. Éste debe tener una pendiente (mayor al 5%) y superficies adecuadas para facilitar la escorrentía del agua de lluvia hacia el sistema de recogida o canaletas (UNATSABAR, 2001).

2.4.1 Coeficiente de escorrentía

Como menciona (Gómez, s.f.) el coeficiente de escorrentía es un valor adimensional que va de 0 a 1. A continuación la Tabla 2 muestra algunos coeficientes de escorrentía para distintos tipos de materiales, recordando que el material del techado identificado en el proyecto es de aluminio galvanizado.

Tabla 2. Coeficientes de escorrentía (UNATSABAR, 2001).

COEFICIENTES DE ESCORRENTÍA	
Aluminio galvanizado	0,90
Tejas de arcilla	0,80-0,90
Madera	0,80-0,90
Paja	0,60-0,70

2.5 Canalización del agua pluvial

Aquí intervienen elementos como canaletas, bajantes de agua lluvia y uniones que conducen la escorrentía pluvial captada en el techo hacia el interceptor de primeras aguas y posteriormente al tanque de recolección.

2.5.1. Canaletas

Esta estructura se la puede conseguir de distintos materiales como metal, PVC y bambú, sin embargo, la Guía de Diseño para Captación de Agua Lluvia recomienda usar canaletas de metal debido a que tienen mayor durabilidad y son de fácil mantenimiento, aunque, su costo inicial es elevado son rentables a lo largo del tiempo (UNATSABAR, 2001).

2.6 Intensidad de lluvia

Los diseños de redes pluviales en Ecuador permiten una intensidad de agua lluvia de 150mm/hora/m² equivalente a una intensidad de frecuencia de 5 años determinado por el INAMHI (Salazar, 2016).

Anteriormente se definió la intensidad como la cantidad de lluvia precipitada P por unidad de tiempo en un intervalo de tiempo.

La unidad de la intensidad suele ser mm/h, aunque en el estudio de tormentas de corta duración la intensidad se expresa en mm/min.

2.7 Interceptor de primeras aguas

El interceptor de primeras aguas impide que aquellos materiales no deseados y que logran atravesar la rejilla ubicada al inicio de las bajantes de agua, continúen hacia el sistema de almacenamiento de agua, esto aligera el posterior proceso de filtración y evita que se obstruya el bombeo. Según la Guía de Diseño para Captación de Agua Lluvia para el diseño de este elemento se considera un volumen de agua requerido para lavar el techo el cual sería 1 litro por m² de techo (CEPIS, 2004).

Este dispositivo puede ser un tanque con conexión a las canaletas por medio de bajantes. Además, para regular el ingreso de agua se coloca un flotador dentro de la tubería de ingreso para que el agua se desvíe hacia el tanque de recolección una vez que el interceptor se haya llenado (Arevalo & Benavides, 2017). Similar al esquema del tanque interceptor de primeras aguas que se muestra en la siguiente figura.

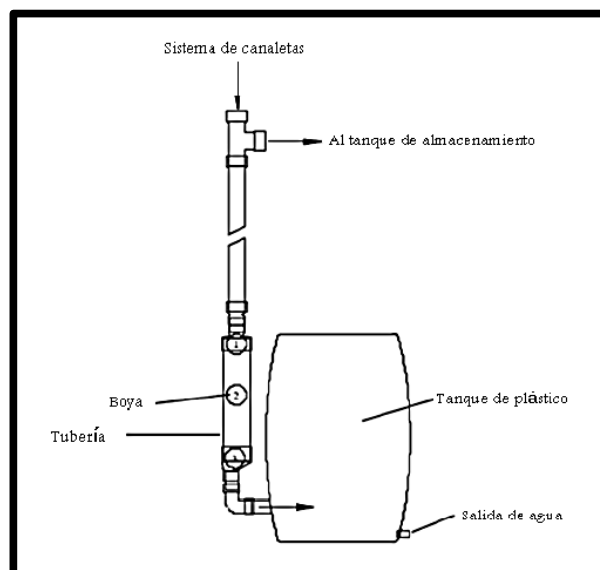


Figura 2. Esquema interceptor de primeras aguas. (Mejía & Salamea, 2011).

2.8 Almacenamiento

Este elemento se utiliza para almacenar el volumen de agua lluvia necesaria para satisfacer la demanda de agua requerida por los usuarios. El material de esta obra puede ser de concreto, mortero de cemento, PVC, dependiendo de la economía de los beneficiarios.

El dispositivo de almacenamiento debe ser duradero y debe cumplir con las siguientes especificaciones establecidas en la Guía de Captación de Agua Lluvia de (CEPIS, 2004) :

- Impermeabilizado para evitar la pérdida de agua por goteo o transpiración
- Su altura será menor a 2 m para minimizar las sobre presiones.
- Deberá tener tapa para impedir el ingreso de polvo, insectos y de la luz solar.
- Rejillas a la entrada del agua para evitar el ingreso de insectos y animales.
- Tener dispositivos para distribución de agua y drenaje.

2.9 Filtración

La filtración de agua es un proceso necesario para impedir que residuos que acarrea el agua lluvia ingresen al sistema de distribución de agua deteriorando o impidiendo el buen funcionamiento del sistema de bombeo y distribución (Aqua, s.f.).

2.9.1. Filtro de arena

La arena es el medio granular más utilizado para la purificación el agua. Por eso en el sector rural y zonas periféricas de la ciudad disponen de esta tecnología casera para mejorar la calidad del agua en un sistema a nivel familiar. Este tipo de filtración es una tecnología sencilla, eficiente y económica, con la ventaja de requerir una fácil operación y mantenimiento. Varios estudios han demostrado que un filtro de arena bien diseñado, operado y mantenido puede eliminar más del 99% de las bacterias patógenas (Ministerio de Salud Pública Guatemala, 2002).

2.9.2. Velocidad de filtración

Es la cantidad de agua que circula en el proceso de filtración por cada m² de superficie del filtro. Para determinar que el filtro se encuentra funcionando según los criterios establecidos se calculó la velocidad de filtración con la determinación del caudal de la tubería después de la filtración y el área del filtro.

2.10 Distribución

La red de distribución es un sistema diseñado para abastecer de agua a diferentes puntos hidráulicos definidos con una presión adecuada para su uso. El sistema por implementar con enfoque a reutilización de aguas lluvia debe construirse como un sistema complementario al suministro de agua que comúnmente se utiliza en el predio, debido a las variaciones de precipitación a lo largo del año (Ávila & Ávila, 2018).

2.11 Sistema de bombeo

El sistema de bombeo distribuirá el agua desde el tanque de almacenamiento hacia las unidades sanitarias requeridas teniendo en cuenta que la tubería de succión de la bomba deberá colocarse 20cm por encima del fondo del tanque para evitar acarrear sedimentos que puedan deteriorar el funcionamiento del sistema (Castañeda, 2010).

2.11.1. Bomba de agua

Las bombas de agua son utilizadas para transportar líquidos de un lugar a otro, este puede ser a grandes o pequeñas distancias y pueden transportar distintos tipos de líquidos (Mott, 2006).



Figura 3 Bomba centrífuga

Existen distintos tipos de bombas según su funcionalidad donde pueden ser: eléctricas, combustible, vapor, entre otros. En la Figura 4 se tiene alguna de las ventajas y desventajas de la utilización de este tipo de bombas.

Fuente de energía		Principio	Principales ventajas y desventajas	
Electricidad (Motor)	Red 	<ul style="list-style-type: none"> Central eléctrica centralizada que produce y distribuye electricidad a través de la red eléctrica. La energía eléctrica impulsa una bomba 	+	Alto rendimiento
	Solar/ Fotovoltaico 	<ul style="list-style-type: none"> Paneles solares producen electricidad (AC/DC) La energía eléctrica impulsa una bomba 	+	Sin costos de operación
	Generador Diésel/ gasolina 	<ul style="list-style-type: none"> Motor impulsado por combustible produce rotación La rotación es transformada en electricidad La energía eléctrica impulsa una bomba 	+	Fácil movilidad
Combustible (diésel/petróleo) (motor) (Alternativamente biomasa/gas/carbón) 	<ul style="list-style-type: none"> Motor impulsado por combustible produce rotación La rotación impulsa directamente una bomba 	+	Fácil movilidad Muy alto rendimiento	
			-	Costoso. Requiere combustibles, lubricantes y repuestos. Humos y ruidos

Figura 4. Clasificación de las Bombas(Mott, 2006)

2.11.2. Electrobombas

Estos elementos son conectados a la corriente hasta que consiguen captar la energía suficiente para funcionar. En este modelo encontramos las periféricas y centrífugas.

Bomba periférica

Estas bombas son utilizadas a nivel doméstico, elevan el agua a más de 30 metros de altura, dándole presión al agua.

Motobombas

Gracias a que poseen un motor a combustible, pueden funcionar incluso sin estar una red eléctrica. Extraen caudal y presión a partes iguales, y la manera de funcionar depende del tipo de la capacidad del motor. Su uso está recomendado para el llenado de tanques y trasladar agua en lugares remotos (Mott, 2006).

Bomba centrífuga

Las bombas centrífugas son un tipo de bomba hidráulica que transforma energía mecánica en energía cinética de presión a un fluido. Las bombas centrífugas aumentan la velocidad de los fluidos para que estos puedan desplazarse grandes distancias. Estas bombas extraen agua en gran cantidad y en poco tiempo (Mott, 2006).

Los elementos constructivos que conforman una bomba centrífuga son:

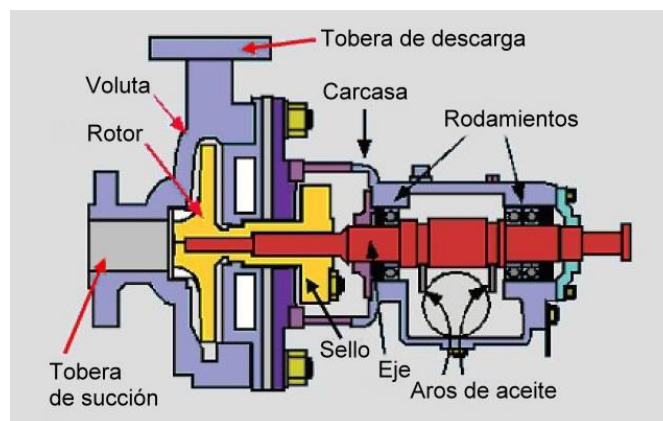


Figura 5 Partes de una bomba.

- **Carcasa:** Parte que protege a todos los mecanismos internos que permiten el accionar de la bomba.
- **Tobera de succión y de impulsión:** conductos por donde circula el agua. El de entrada se conoce como tubería de aspiración y el de salida como tubería de impulsión.
- **Impulsor o rotor.** Dispositivos usados para impulsar el agua contenida en la carcasa. Están formados por una serie de álabes de diversas formas que giran dentro de una carcasa circular. El rodete va unido solidariamente al eje y es la parte móvil de la bomba.

- **Difusor:** el difusor junto con el rodete, están encerrados en una cámara, llamada carcasa o cuerpo de bomba.
- **Eje:** Es el elemento que sostiene el impulsor para que gire sobre este con la fuerza del motor.
- **Cojinetes o rodamientos:** Piezas que sostienen adecuadamente el eje del impulsor
- **Motor:** componente fundamental de la bomba centrífuga que permite mover el eje y a su vez el impulsor para conseguir el movimiento del agua.

2.12 Dispositivos de protección

Se seleccionó dispositivos de protección que ayudarán a prevenir situaciones anómalas como son cortocircuitos permitiendo proteger y prolongar la vida útil de los equipos eléctricos.

El origen de los cortocircuitos se puede dar

- Por deterioro del aislamiento de los cables.
- Por problemas mecánicos con los distintos actuadores.
- Por sobretensiones.
- Por factores humanos.

Existen diversos tipos de cortocircuito que pueden interrumpir el funcionamiento del sistema, a continuación, se detallará el más común.

2.13 Cortocircuito monofásico

Este tipo de cortocircuito es el más frecuente debido a que una fase al ponerse en contacto con la tierra del sistema produce la falla en el sistema.

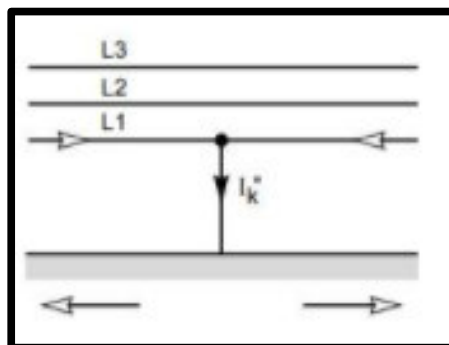


Figura 6. Cortocircuito Monofásico. (Schneider, 2019).

2.13.1 Interruptores

Un interruptor es un seccionador que permite encender y apagar un circuito, cuando un interruptor es encendido da el paso a la corriente eléctrica alimentando un sistema, cuando

se corta o cierra el interruptor corta la corriente eléctrica apagando todo el sistema (Schneider, 2019).

La norma IEC-60497-2 es aplicada para interruptores y unidades de control, que tiene como principal característica el funcionamiento de los interruptores que comandan la apertura bajo condiciones definidas como puede ser: (IEC-60947, 2008).

- Modo de empleo y aptitudes se seccionamiento
- Las características eléctricas de regulación.
- Información del modo de empleo.
- Las cotas de diseño
- La coordinación para protecciones industriales

Interruptores MCB (mini Circuit Breaker) según la norma IEC-60497-2

Son conocidos como mini interruptores electromecánico que apaga automáticamente el circuito, cada vez que ocurre una condición anormal. Son las más utilizados en operaciones industriales y residenciales, este tipo de interruptores se pueden manejar desde 1 amperio hasta 63 amperios, donde se puede obtener multitud de funcionalidades de protección, control y mando. (IEC-60947, 2008).

Se escogió el interruptor de tipo MCB para las protecciones contra sobrecargas y cortocircuitos representados en la Figura 7.



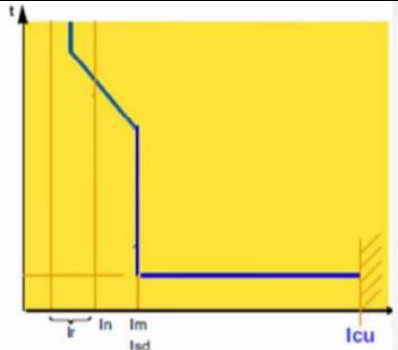
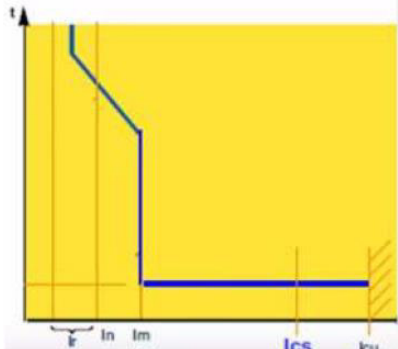
Figura 7. Interruptor MCB Schneider (Schneider, 2019).

Para un correcto funcionamiento, este tipo de interruptores deben cumplir con las características establecidas en la Norma IEC 60947-2.

La norma IEC 60947, establece la capacidad de disparo de sobre corriente o algún cortocircuito del Breaker, del tipo: instantáneo, tiempo definido y tiempo inverso. El de tiempo inverso puede ser dependiente o independiente de la carga previa (IEC-60947, 2008).

La norma IEC 60898, define la capacidad de interrupción de la corriente para un disparo instantáneo de un interruptor, es llamada I_{cn} o I_{cu} donde I es la corriente nominal del interruptor. Según la norma mencionada, esta corriente representa el máximo valor de corriente que el breaker logra interrumpir y el número de veces de la corriente nominal.

Tabla 3. Capacidad de corte de los magnetotérmicos

CAPACIDAD DE CORTE DE LOS MAGNETOTÉRMICOS		
<p>Capacidad de ruptura ultima (I_{cu})</p>	<p>Es la máxima corriente de cortocircuito que el interruptor corta.</p> <p>Este tipo de interruptores corta dos veces bajo el ensayo de apertura-cierre-apertura que debe ser igual o superior a la corriente de cortocircuito I_{cc} (AENOR, 2014)</p>	 <p>(AENOR, 2014).</p>
<p>Poder de corte en servicio I_{cs}</p>	<p>Es definido como un porcentaje de la I_{cu} que puede ser del 25, 50, 75 o 100 %, se diferencia de la I_{cu} que puede ser cortado tres veces, apertura-cierre-apertura-cierre-apertura garantizando la operación del sistema. (AENOR, 2014)</p>	 <p>(AENOR, 2014).</p>

2.14 Disparo de los magnetos térmicos

2.14.1. Curvas de disparo (IEC 60947)

Las curvas de disparo según la norma IEC 60947, están delimitadas a distintas zonas según la intensidad de corriente y también según el comportamiento ante un cortocircuito que es accionado mediante la función magnética del interruptor automático (IEC-60947, 2008).

El sentido que se tiene en las curvas es que, en la zona térmica circule corriente por el magnetotérmico, donde se tiene un tiempo mínimo para que se pueda abrir verificando que no es una zona segura para trabajar y un tiempo máximo en que se va a abrir. La elección de un magnetotérmico se debe tomar en cuenta que debe proteger al circuito frente a sobrecargas y cortocircuitos debido a que en los tiempos mínimos es una zona que no se puede trabajar, pero es una zona en donde un magnetotérmico no suele actuar, se debe calcular con los tiempos máximos que asegura su actuación.

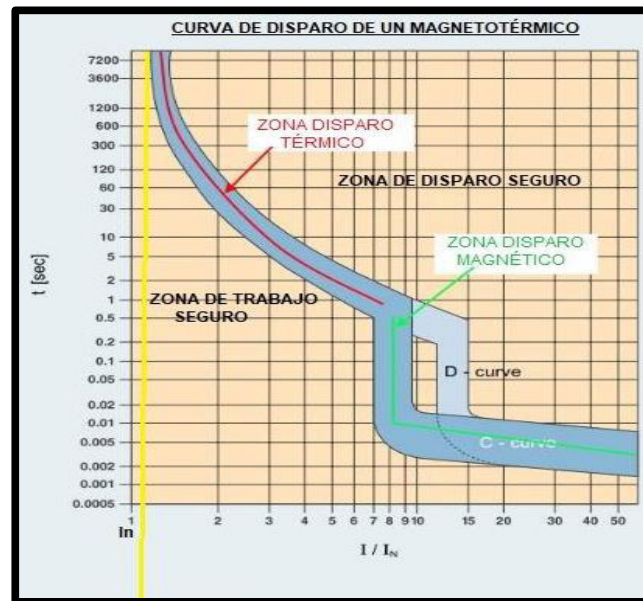


Figura 8. Curva de disparo de un magnetotérmico (Areatecnologia.com, 2021).

Los magnetotérmicos de curva tipo C, tienen las siguientes especificaciones detalladas a continuación.

Curva C

El accionamiento de este magnetotérmico para el disparo por cortocircuito es de cinco a 10 veces la corriente nominal ($5 I_n$ a $10 I_n$) como se muestra en la Figura 8.

Los interruptores magneto térmicos son usados en la protección de circuitos en donde se conectan equipos eléctricos como iluminaciones y en el arranque de motores que se manejan grandes corrientes eléctricas, permitiendo así cumplir con el funcionamiento de los equipos.

3 METODOLOGÍA

3.1 Evaluación de la infraestructura de drenaje existente

3.1.1. Reconocimiento del lugar

Se realizó el reconocimiento del domicilio ubicado al sur de Quito, Parroquia La Ecuatoriana, Barrio San Francisco de Huarca. Es importante mencionar que el mismo se encuentra en una zona periférica.

El domicilio se encuentra en las coordenadas -0.296828 , -78.580277 , $0^{\circ}17'53.7''S$ $78^{\circ}34'48.2''W$ (Google maps, 2020). La zona de estudio cuenta con un total de área de $150,88m^2$, teniendo la zona A $37,51m^2$, zona B $8,7m^2$, y la zona C $3,80m^2$.



Figura 9. Imagen referencia de la zona de estudio (Google maps, 2020)



Figura 10. Zonas dentro de la zona de estudio.

3.1.2. Infraestructura de drenaje pluvial existente zona de estudio

En el reconocimiento del lugar se determinó que el proyecto tendrá tres zonas de estudio la zona A, B y C. Sin embargo, la recolección de agua lluvia se lo realizó sólo en el techado de

la zona A y B pues fueron de fácil acceso y se obtuvo mayor porcentaje de recolección de agua lluvia.

Se realizó una inspección de los elementos de drenaje pluvial que poseía las zonas dónde se implementaría el sistema de reutilización de agua lluvia, en donde se obtuvo información del estado y material de la infraestructura. Estos elementos se mostrarán en la Tabla 24.

Conducción Pluvial actual

El lugar contaba con una canaleta en el techo y una bajante de agua lluvia de PVC sólo en la zona A, la cual conduce la escorrentía pluvial directamente al suelo, sin aprovechamiento de esta y deteriorando los caminos de tierra que se utilizan para llegar a este sitio.



Figura 11. Conducción Pluvial actual.

3.2 Diseño del sistema de reutilización de agua lluvia

Antes de realizar el diseño del sistema de reutilización de aguas lluvia se determinó la demanda y oferta de agua, pues con estos datos se logró establecer las dimensiones requeridas para el sistema.

3.2.1 Bases del diseño

Información pluviométrica

Para estimar el área de captación de agua lluvia y la cantidad de agua a recolectar es primordial conocer la información pluviométrica de la zona de estudio, esto dará sostenibilidad al proyecto.

Los datos de precipitación están basados en los anuarios meteorológicos del INAHMI encontrados en internet y los datos otorgados por la misma institución mediante su servicio atención al usuario en línea. Estos se encuentran en el Anexo 3.

Precipitación Promedio Mensual

Se refiere a la cantidad de precipitación expresada en milímetros por mes que puede recolectarse en el área de una cubierta.

Se calculó el promedio de la precipitación mensual, con el registro de 21 años de datos.

Con los datos obtenidos en la Tabla 2 se realizó la sumatoria de la precipitación de cada mes, a este resultado se lo dividió para el número de años considerados para el estudio esto para cada mes evaluado, lo cual se expresa en la siguiente ecuación:

$$P_{pi} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} P_i}{n}$$

Ecuación 3.1. Precipitación promedio mensual (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento del Perú, 2018).

Donde:

P_{pi} : Precipitación promedio de cada mes de los años considerados (mm)

P_i : Valor de precipitación mensual del mes i (mm)

n : Número de años evaluados

Los datos completos se encuentran en la Tabla 25 en la sección de Resultado y Discusión.

3.2.2. Oferta mensual de agua lluvia

Para el cálculo de la oferta mensual, se requieren datos como la precipitación promedio mensual, el área de captación y el coeficiente de escorrentía. Estos valores se insertan en la Ecuación 3.2 para obtener el volumen estimado de agua lluvia captada en el mes.

$$A_i = P_{pi} \times C_e \times A_c$$

Ecuación 3.2. Volumen estimado de agua lluvia mensual,
(CIDECALLI-CP, 2007)

Donde:

A_i : Volumen estimado de agua lluvia captado en el mes (m^3)

P_{pi} : Precipitación promedio mensual (mm)

C_e : Coeficiente de escorrentía (adimensional)

A_c : Área de captación (m^2)

Área de captación

Las dimensiones del techo colocadas en la Tabla 24 fueron consideradas únicamente con mediciones proyectadas en horizontal, sin embargo, para poder considerar un área real de

aportación y realizar los cálculos próximos se sacó la pendiente de las cubiertas con mediciones obtenidas del lugar.

Para esto primero se identificó el tipo de techo el cual fue a un agua, esto se refiere a que la cubierta tiene sólo una pendiente para que la escorrentía pluvial llegue a la canaleta. Después, se sacó la hipotenusa del techo. Seguido se calculó el área con la Ecuación 3.4 y finalmente se obtuvo la pendiente.

Área zona A

El valor del cateto **a** se lo obtuvo mediante la diferencia de los datos de mediciones de la altura frontal y trasera del lugar. Se utilizó la Ecuación 3.3 para obtener la hipotenusa del techado. Este proceso se lo realizó igual para la zona B.

$$h = \sqrt{a^2 + b^2}$$

Ecuación 3.3. Teorema de Pitágoras

Donde:

- h : Hipotenusa (m)
- a : Longitud del cateto a (m)
- b : Longitud del cateto b (m)

$$h = \sqrt{0.35 \text{ m}^2 + 3.65 \text{ m}^2}$$
$$h = 3,67 \text{ m}$$



Figura 12. Triángulo rectángulo que se forma en la cubierta A.

$$A_{(i)} = L \times h$$

Ecuación 3.4. Área

Donde:

- $A_{(i)}$: Área de la Zona (i) (m²)

L : Largo (m)

h : Hipotenusa (m)

$$A_{(A)} = 12,20 \text{ m} \times 3,67 \text{ m}$$

$$A_{(A)} = 44,77 \text{ m}^2$$

Para el cálculo de la pendiente se dividió el valor de 0,35m de la altura del triángulo rectángulo que se forma en la cubierta (ver Figura 12) para el ancho de este (3,65m) esto multiplicado por cien y se obtuvo una pendiente del 9,5%.

Área zona B

$$h = \sqrt{a^2 + b^2}$$

$$h = \sqrt{0,35 \text{ m}^2 + 3,60 \text{ m}^2}$$

$$h = 3,62 \text{ m}$$

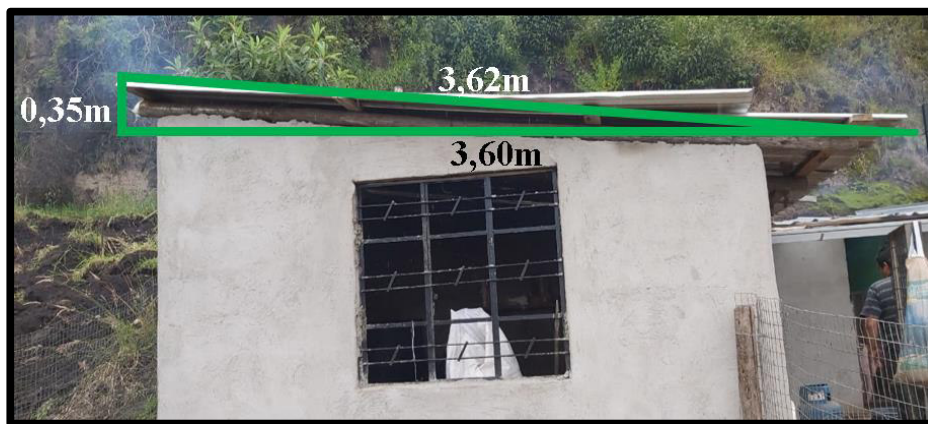


Figura 13. Triángulo rectángulo que se forma en la cubierta B.

$$A_{(B)} = 3,10 \text{ m} \times 3,62 \text{ m}$$

$$A_{(B)} = 11,22 \text{ m}^2$$

Para el cálculo de la pendiente se dividió el valor de 0,35m de la altura del triángulo rectángulo que se forma en la cubierta (ver Figura 13) para el ancho de este (3,60m) esto multiplicado por cien y se obtuvo una pendiente del 9,7%.

Área total de aportación

$$\text{Área total} = \text{Área zona A} + \text{Área zona B}$$

Oferta Mensual Acumulada

Este proceso se lo hizo mediante la suma de la oferta mensual de un mes anterior con la del siguiente, así como se observa en la Ecuación 3.5.

$$A_{ai} = A_{i(i-1)} + A_i$$

Ecuación 3.5. Oferta acumulada al mes.

Donde:

A_{ai} : Oferta acumulada al mes "i" (m³)

$A_{i(i-1)}$: Oferta acumulada al mes anterior "i-1" (m³)

A_i : Oferta del mes "i" teniendo en cuenta las pérdidas (m³)

Ejemplo para el mes de febrero:

$$A_{a \text{ febrero}} = A_{\text{enero}} + A_{\text{febrero}}$$

$$A_{a \text{ febrero}} = 7,56 + 8,06$$

$$A_{a \text{ febrero}} = 15,62 \text{ m}^3$$

3.2.3. Demanda Diaria de Agua

Las principales actividades tomadas en cuenta para calcular la demanda diaria de agua corresponden a las dotaciones hidrosanitarias y de limpieza para 5 celdas de porcinos que poseen los usuarios.

Debido a que el predio donde se implementó el proyecto no contaba con suministro de agua potable no se tuvo referencia de la demanda de agua obtenida de la planilla del servicio básico. Por lo tanto, para calcular la cantidad de agua requerida se realizó un seguimiento a las actividades de consumo de agua que realizaban los usuarios.

Los datos obtenidos fueron los siguientes.

Tabla 4. Datos de demanda de agua.

DATOS DE DEMANDA DE AGUA	
Actividad	Cantidad diaria L/día
Limpieza	120
Inodoro tanque bajo	5
Actividad	Cantidad diaria L/hab/día
Lavado de manos	16

Los usuarios utilizaban aproximadamente 6 baldes de 20 litros para realizar la limpieza diaria de las celdas porcinas, generando un total de 120 L/día, además los usuarios se lavan las manos al entrar y salir del lugar por la mañana y tarde es decir cuatro veces al día y la

descarga del inodoro es eventual, sin embargo, se consideró una descarga al día. Los datos diarios de consumo de agua se encuentran en la Tabla 4.

Las cantidades de agua necesarias para estas actividades hidrosanitarias fueron tomadas del (BID, 2015), donde indica que se utilizan alrededor de 4 litros de agua por cada lavado de manos y 5 litros en cada descarga de inodoro.

$$D_d = D_d''$$

Ecuación 3.6. Demanda de agua diaria a ocupar en el sistema de reutilización de agua.

Donde:

D_d : Demanda de agua diaria a ocupar en el sistema de reutilización de agua

D_d'' : Demanda de agua diaria de los habitantes

Con la Ecuación 3.6 se obtuvo lo siguiente:

$$D_d = 120 + 16 + 5$$

$$D_d = 141 \text{ L/día}$$

Demanda Mensual

Se calculó la demanda de agua estimada, en base a la cantidad de personas beneficiadas del sistema y el consumo de agua de 141L/d.

Es importante mencionar que la siguiente ecuación fue utilizada de manera separada para el uso hidrosanitario, ya que era utilizada por dos usuarios; y otra para la limpieza que se lo multiplica por uno.

$$D_i = \frac{N_u \times N_d \times D_{ot}}{1000}$$

Ecuación 3.7. Demanda mensual

Donde:

D_i : Demanda mensual (m³)

N_u : Número de usuarios que se benefician del sistema

N_d : Número de días del mes analizado

D_{ot} : Dotación (L/persona/día)

Se deberá obtener la diferencia entre oferta y demanda acumulada para determinar si el área de captación de agua lluvia es suficiente para satisfacer la demanda de agua en cualquier mes del año, esto si no se presentan valores negativos.

Demanda Mensual Acumulada

$$D_{ai} = D_{a(i-1)} + D_i$$

Ecuación 3.8. Demanda mensual acumulada

Donde:

D_{ai} : Demanda acumulada al mes "i" (m³)

$D_{a(i-1)}$: Demanda acumulada al mes anterior "i-1" (m³)

D_i : Demanda del mes "i" (m³)

Ejemplo para el mes de febrero:

$$D_{a\text{febrero}} = D_{a\text{enero}} + D_{\text{febrero}}$$

$$D_{a\text{febrero}} = 4,86 + 4,86$$

$$D_{a\text{febrero}} = 9,72$$

3.2.4 Criterios de diseño

Captación

El área total destinada fue de 56 m² pertenecientes a la suma de áreas disponibles de la zona A y B las cuales se pueden visualizar en la Figura 14.

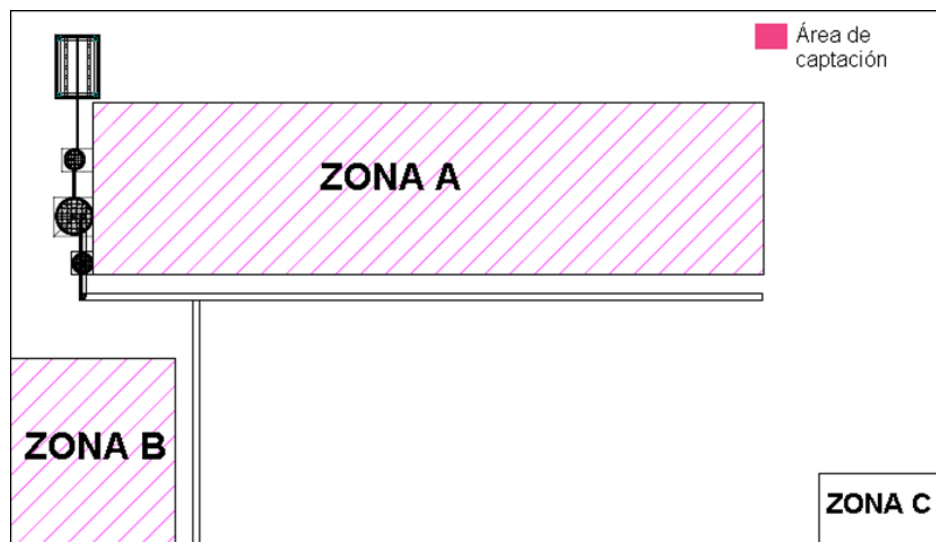


Figura 14. Área total de captación.

Considerar el material del área de captación permite determinar el coeficiente de escorrentía, en este caso al techo de aluminio galvanizado le corresponde un valor adimensional de 0,90.

Conducción del agua lluvia

Durante la etapa del levantamiento de condiciones existentes, se reconocieron los elementos existentes en la zona de estudio y se identificó que el área de la zona A cuenta con canaletas

de metal de 12 metros de largo y 110 milímetros de ancho. Mientras que para la zona B se consideró adquirir canaletas con las mismas especificaciones, sin embargo, para asegurar el buen funcionamiento de estas se utilizó el Anexo 4 que refiere a un ábaco dónde relaciona el área de la cubierta con la sección de canal y diámetro de bajantes.

Para el uso de este ábaco primero se determinó el área de la canaleta ya existente.

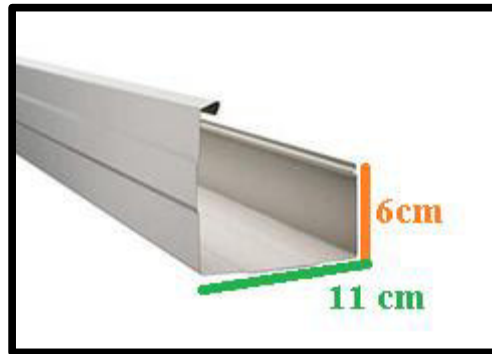


Figura 15. Dimensiones de canaleta.

$$\text{Área canaleta} = 6\text{cm} \times 11\text{cm}$$

$$\text{Área canaleta} = 66\text{ cm}^2$$

Con él área de la zona A igual a 44,27 y una pendiente del 9% se realizó la comparación en el ábaco del Anexo 4 y se confirmó que el área de la canaleta era funcional. Se realizó lo mismo para la zona B y al tener pendientes similares se optó por instalar canaletas con las mismas características.

Bajantes de agua lluvia

La zona de estudio contaba con una única bajante de agua lluvia en la zona A. Las especificaciones fueron las siguientes: material de PVC, diámetro de 3", codo de 3" y tubería de desagüe hacia el terreno de 3".

Para determinar el diámetro de las tuberías bajantes, se aplica el ábaco ubicado en el Anexo 4 que relaciona el área de la cubierta con el diámetro de bajantes y se determinó que el diámetro conveniente de bajante respecto al área de aportación es de 8 cm, sin embargo, se optó por un diámetro de 10,16 cm ya que se lo puede adquirir con facilidad.

Caudal Pluvial

El caudal pluvial es la cantidad de precipitación producida en un área determinada.

La Ecuación 3.9 establecida como el "Método Racional" se utilizó para determinar el caudal pluvial del área total de aportación.

El método racional, según el manual de drenaje vial del INVIAS (Instituto Nacional De Vías), calcula el caudal pico de aguas lluvias con base en la intensidad media del evento de precipitación con una duración igual al tiempo de concentración del área de drenaje y un coeficiente de escurrimiento. De acuerdo con el método racional, el caudal pico ocurre cuando toda el área de drenaje está contribuyendo. Este método esta formulado en la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{C \times I \times A}{3600}$$

Ecuación 3.9. Caudal pluvial, (INVIAS, 2009).

Donde:

- Q : Caudal pluvial (l/s)
- C : Coeficiente de escurrimiento (0.9)
- I : Intensidad de agua lluvia (mm/hora)
- A : Área de drenaje en proyección horizontal (m)

Se utilizó la Ecuación 3.10 de intensidad de agua lluvia correspondiente a la estación Izobamba sur de Quito.

$$I = \frac{74.7140 \times T^{0.0888}}{t^{1.6079}} \times [\ln(t + 3)]^{3.8202} \times (\ln T)^{0.1892}$$

Ecuación 3.10. Intensidad de lluvia estación Izobamba.

Donde:

- I : Intensidad de lluvia en mm/hora
- T : Periodo de retorno (10 años)
- ln : Logaritmo natural
- t : Tiempo de escurrimiento (5 minutos)

$$I = \frac{74.7140 \times 10^{0.0888}}{5^{1.6079}} \times [\ln(5 + 3)]^{3.8202} \times (\ln 10)^{0.1892}$$

$$I = 132,27 \text{ mm/hora/m}^2 \rightarrow 367,71 \text{ L/s/ha}$$

Reemplazando datos en la Ecuación 3.9 se obtuvo lo siguiente:

$$Q_{II} = \frac{0,9 \times 132,27 \times 56}{3600}$$

$$Q_{II} = 1,85 \text{ l/s}$$

Caudal de la bajante

El concepto de flujo para conducciones verticales menciona que el agua ocupa 1/3 del área total de la tubería por lo que se modificó la fórmula de Manning referente a velocidad del tubo y se plantea que el tubo trabaja a 1/3 de su capacidad (Salazar, 2016).

$$\text{Velocidad del tubo} \rightarrow V_b = \frac{1}{n} \times R_h^2 \times S_2^1$$

Ecuación 3.11. Velocidad a tubo lleno.

Modificando el radio a 1/3 se obtuvo

$$\text{Tubo lleno} \rightarrow R_h = \left(\frac{D}{4}\right)$$

$$\text{Tubo } 1/3 \rightarrow R_h = \frac{1}{3} \left(\frac{D}{4}\right)$$

$$\text{Tubo } 1/3 \rightarrow R_h = \frac{D}{12}$$

$$\text{Velocidad a } \frac{1}{3} \rightarrow V_b = \frac{1}{n} \times \left(\frac{D}{12}\right)^{2/3} \times S_2^1$$

Ecuación 3.12. Velocidad modificada a 1/3

Donde:

- V_b : Velocidad de la bajante (m/s)
- n : Coeficiente de rugosidad de Manning 0,01 para PVC
- R_h : Radio Hidráulico (m)
- S : Pendiente de la línea de energía

Puesto que la bajante es vertical se consideró una pendiente del 100% (1).

Para el diámetro de 10.16 cm se obtiene lo siguiente:

$$\text{Velocidad a } \frac{1}{3} \rightarrow V_b = \frac{1}{0,01} \times \left(\frac{0,10}{12}\right)^{2/3} \times 1^1$$

$$\text{Velocidad a } \frac{1}{3} \rightarrow V_b = 4,11 \text{ m/s}$$

Caudal de la bajante a 1/3 del área del tubo

$$Q_b = \frac{A}{3} \times V_b$$

Ecuación 3.13. Caudal de bajante

Donde:

- Q_b : Caudal de la bajante l/s
- A : Área de la bajante m²

Vb : Velocidad de la bajante m/s

$$Q_b = \frac{\pi \times D^2}{4 \times 3} \times V_b$$
$$Q_b = \frac{\pi \times 0,10^2}{4 \times 3} \times 4,11$$
$$Q_b = 10,75 \text{ l/s}$$

Interceptor primeras aguas

$$V_{int} = \frac{(1 \frac{L}{m^2} \times A)}{1000}$$

Ecuación 3.14. Volumen de interceptor de primeras aguas.

Donde:

V_{int} : Volumen del interceptor (m³)

A : Área del techo a captar (m²)

$$V_{int} = \frac{(1 \frac{L}{m^2} \times 55,99 \text{ m}^2)}{1000}$$

$$V_{int} = 0,056 \text{ (m}^3) \rightarrow 56 \text{ L}$$

Volumen tanque de almacenamiento

Para el cálculo del volumen del tanque de almacenamiento se utilizó el Método Racional, cuya fórmula se encuentra en la Ecuación 3.9.

El volumen de almacenamiento obtenido a partir de la aplicación del método racional toma como referencia los 15 minutos del tiempo de concentración, cuando se supone que se realiza el aporte de toda el área de drenaje (Castro & Niño, 2017).

Con el valor del caudal obtenido, despejamos el que sería el volumen del tanque de almacenamiento de agua lluvia por este método:

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

Ecuación 3.15. Fórmula de Caudal

Dónde

Q : Caudal de lluvia (L/s)

V : Volumen del tanque de almacenamiento (L)

t : Tiempo de concentración (s)

Filtración

El sistema de reutilización de agua lluvia a implementar consta de tres procesos de filtración, en el primero se coloca rejillas en el punto de conexión entre la canaleta y la bajante de agua para retener sólidos provenientes del techo como hojas, piedras, etc. El segundo proceso corresponde al interceptor de primeras aguas donde se recolectará el agua proveniente de las primeras precipitaciones que cumplen la función de lavado del área de captación (UNATSABAR, 2003). Como tercer proceso se opta por un filtro de arena en donde gracias sus distintas capas de material granular retiene los sólidos que pudieron atravesar los filtros anteriores, además mejora la calidad del agua gracias a la formación de una capa biológica (Municipio de El Charco, 2010).

Filtro de arena

Este sistema de filtración consta de un tanque que contiene un lecho filtrante de arena con un sobrenadante de agua, drenajes y accesorios de regulación.

Su principio de funcionamiento se basa en el paso del agua lluvia a baja velocidad (menor a 0.2m/hora) a través de las distintas capas de arena que retienen las impurezas, las más pesadas lo hacen por sedimentación y las más ligeras por aglutinación. Además, se desarrollan procesos de degradación química y biológica que reducen la materia retenida y los microorganismos patógenos presentes en el agua (Municipio de El Charco, 2010).

Para mantener siempre húmedo el material filtrante, la salida del tubo por la que sale el agua filtrada deberá estar por lo menos 5 cm más alto que el nivel superior de la arena (Herrera, 2010).

Caudal de diseño para tuberías de distribución

El caudal de diseño se refiere al caudal con el que van a estar diseñadas las conducciones, que transportaran el agua desde el tanque de almacenamiento hasta las conexiones de las instalaciones sanitarias. Para determinar dicho caudal se consideró el método de Certeza Total, el cual se refiere a tener certeza de que, durante un determinado periodo se utiliza las unidades sanitarias, en este caso los usuarios usaban los dispositivos como horario fijo a las 7 am y 5 pm (Melguizo, 2016).

Se determinó los diámetros y caudales de la red de distribución utilizando la Ecuación 3.16

$$GMP = Q_i \times n$$

Ecuación 3.16. Gasto Máximo Posible

Donde

GMP : Gasto Máximo Posible

Q_i : Caudal instantáneo de cada aparato sanitario (L/s)

n : Número de aparatos comunes.

Caudal instantáneo por unidad sanitaria

Se tomó como referencia la Tabla 5 para determinar caudales instantáneos de cada artefacto sanitario, adicional se muestra los diámetros requeridos.

Tabla 5. Caudales instantáneos según tipo de aparato sanitario (NEC, 2011).

CAUDALES INSTANTÁNEOS SEGÚN TIPO DE APARATO SANITARIO	
Aparato Sanitario	Caudal instantáneo l/s
Bañera/ Tina	0,30
Ducha	0,20
Grifo para manguera	0,20
Inodoro de tanque	0,15
Lavamanos	0,20

Aplicando la Ecuación 3.16 se obtuvo los caudales que deberán conducir las tuberías para satisfacer las demandas de los usuarios respecto al uso del agua.

Tabla 6. Caudales de tuberías.

CAUDALES DE TUBERÍAS				
Aparato	n	Q_i (L/s)	GMP (L/s)	GMP Total (L/s)
Inodoro tanque	1	0,15	0,15	0,55
Duchas	1	0,20	0,20	
Lavamanos	1	0,20	0,20	
Grifo para manguera	1	0,20	0,20	0,20

Se tiene un caudal de diseño de 0,75 (l/s) en la tubería de la acometida desde el tanque de almacenamiento.

Diámetro tubería de distribución

Los diámetros fueron obtenidos de la Norma Hidrosanitaria NHE Agua, plasmados en la Tabla 7 donde recomienda un diámetro de ½" para los distintos aparatos sanitarios que se tomaron en cuenta en el proyecto.

Tabla 7. Diámetros para los distintos aparatos sanitarios (NEC, 2011).

NORMA HIDROSANITARIA NHE AGUA				
Aparato sanitario	Caudal instantáneo mínimo (L/s)	Presión		Diámetro según NTE INEN 1369 (mm)
		Recomendada (m.c.a)	Mínima (m.c.a)	
Bañera/ tina	0,30	7,0	3,0	20
Bidet	0,10	7,0	3,0	16
Calentadores / calderas	0,30	15,0	10,0	20
Ducha	0,20	10,0	3,0	16
Fregadero cocina	0,20	5,0	2,0	16
Fuentes para beber	0,10	3,0	2,0	16
Grifo para manguera	0,20	7,0	3,0	16
Inodoro con deposito	0,10	7,0	3,0	16
Inodoro con fluxor	1,25	15,0	10,0	25
Lavabo	0,10	5,0	2,0	16

Máquina de lavar ropa	0,20	7,0	3,0	16
Maquina lava vajilla	0,20	7,0	3,0	16
Urinario con fluxor	0,50	15,0	10,0	20
Urinario con llave	0,15	7,0	3,0	16
Sauna, turco ó hidromasaje doméstico.	1,00	15,0	10,0	25

Diámetro tubería de succión

Para la velocidad de succión según la norma NEC- norma Hidrosanitaria que dice que “La velocidad de diseño de agua en la tubería va a fluctuar entre 0,6 (m/s) y 2,5 (m/s), como los valores mínimos y máximos donde se considera un valor óptimo de velocidad de 1,5 (m/s) así con estos valores de velocidad al escoger una tubería se podrá demostrar que se está dentro de la norma, el diámetro de la tubería de sección para sistema de succión (MIDUVI, 2011).

$$v_s = \frac{Q_d}{A_s}$$

$$A_s = \pi * R^2$$

Ecuación 3.17 Velocidad de diseño (NEC, 2021)

Donde:

- v_s : Velocidad en la tubería de succión (m/s).
- Q_d : Caudal de diseño (m³/s).
- A_s : Área transversal de la tubería de succión (m²).

El área transversal para una tubería de succión con un tubo de 1” (pulgada) es de 0,000506 (m²) y la velocidad para esta tubería es de 1,48 (m/s) cumpliendo con la norma NEC para hidrosanitarios (MIDUVI, 2011).

Diámetro de tubería de impulsión

En la tubería de impulsión se escogerá un tubo de 1" (pulgada) donde se tiene la velocidad anterior mencionada que es de 1,48 (m/s).

Altura manométrica total de succión

Para la parte de la altura manométrica de succión es la sumatoria de la altura estática de succión, las pérdidas de carga por longitud y las perdidas por accesorios en la parte de succión.

$$H_{ms} = H_s + H_{fs} + H_{as}$$

Ecuación 3.18 Altura manométrica total de succión (NEC, 2011)

Donde:

- H_{ms} : Altura total manométrica en succión (m).
- H_s : Altura estática en succión (m); será de 1(m) para el sistema
- H_{fs} : Pérdidas de carga por longitud en la succión (m)
- H_{as} : Pérdidas por accesorios (m).

Pérdidas de carga por longitud succión

Las pérdidas por carga por longitud se dan en (m.c.a) en metros de columna de agua con la fórmula de a continuación.

$$h_{fs} = m * L * \left(\frac{v^{1.75}}{D^{1.25}} \right)$$

Ecuación 2.21 Perdidas longitud por Succión (NEC, 2021)

Donde:

- m : Constante de tipo de material (m).
- L : Longitud de tubería (m).
- v : Velocidad en (m/s²).
- D : Diámetro de tubería (m).

En la siguiente Tabla 8. K constante de pérdida por el material se toma el valor de 0,00054 que es para plástico, en este caso corresponde a la tubería de PVC. Para la longitud de la tubería de succión de 3(m), la velocidad de impulsión ya conocida es de 1,48 (m/s) y el diámetro de la tubería es de 0,0254 (m).

Tabla 8. K constante de pérdida por el material (NEC, 2021).

Constante de material del tubo (Adimensional)	
Acero	0,00070
Acero Galvanizado usado	0,00092
Cobre	0,00056
Plástico	0,00054

Aplicando la fórmula con los datos mencionados anteriormente;

$$h_{fs} = 0,317 \text{ (mca)}$$

Pérdidas de carga por accesorios succión

Las pérdidas por accesorios son en (m.c.a) con la siguiente formula.

$$h_{as} = K \frac{v_s^2}{2g}$$

A continuación, se detallará cada coeficiente de los accesorios que se utilizaron en la parte de succión en la Tabla 9. Coeficiente K accesorios

Tabla 9. Coeficiente K accesorios (accesorios, 2007; Bticino, 2012; accesorios, 2007)

COEFICIENTE K		
Cantidad	Accesorio	K(adimensional)
1	reducción	0,85
1	válvula de bola	2
1	universal	0,85
1	Codo	0,76

1	Teé	1,8
1	Válvula de Pie	3

Por lo tanto, $K=9,26$ es la sumatoria de todos los accesorios en succión y reemplazando en la ecuación se obtiene;

$$h_{as} = 0,93 \text{ (mca)}$$

La altura manométrica de succión es la sumatoria de cada una de las pérdidas;

$$H_{ms} = H_s + H_{fs} + H_{as}$$

$$h_{ms} = 2 + 0,93 + 0,317$$

$$h_{ms} = 3,24 \text{ (mca)}$$

La altura manométrica total es de **3,24 m**.

Altura manométrica total de impulsión

La altura manométrica de impulsión es igual a la suma de cada una de las pérdidas por longitud y por los accesorios y la altura estática del punto más alto a elevar el líquido desde el punto de referencia que esta la bomba.

$$H_{mi} = H_i + H_{fi} + H_{ai}$$

Ecuación 3.20 Altura manométrica total de impulsión (NEC, 2021)

Donde:

H_{mi} : Altura manométrica en impulsión (m)

H_i : Altura de impulsión estática (m)

H_{fi} : Pérdidas por longitud impulsión (m)

H_{ai} : Pérdidas por accesorios (m)

Pérdidas de carga del sistema de impulsión

Con el dato de coeficiente de pérdida para tubería de PVC ubicado en la Tabla 8. K constante de pérdida por el material, con una longitud de 50 metros y datos ya conocidos se obtiene lo siguiente.

$$h_{fi} = m * L * \left(\frac{v^{1.75}}{D^{1.25}} \right)$$

Ecuación 3.21 Pérdidas por longitud Impulsión (NEC, 2021)

$$h_{fi} = 5,28 \text{ mca}$$

Pérdidas de carga por accesorios para el sistema de impulsión

Las pérdidas por accesorios se darán con la fórmula dada anteriormente y se detalla a continuación en la Tabla 10. Accesorios

Tabla 10. Accesorios por pérdidas en impulsión (NEC, 2021)

ACCESORIOS POR PERDIDAS EN IMPULSIÓN			
Cantidad	Accesorio	K(adimensional)	Pérdida Total por accesorio
6	T	1,8	10,8
2	válvula de bola	0,36	0,72
5	Universal	0,85	4,25
8	Codo	0,76	6,08
1	Válvula check	2,75	2,75
TOTAL DE PÉRDIDAS			24,3

La pérdida por accesorios aplicando todos los datos da un resultado de:

$$H_{ai} = 2,75 \text{ mca}$$

La altura manométrica de impulsión del sistema es la sumatoria de cada una de las pérdidas y con una altura del punto más elevado que es de H_i va hacer igual a 3 m desde el punto de referencia que es desde el nivel de la bomba.

$$H_{mi} = H_i + H_{fi} + H_{ai}$$

Ecuación 3.22 Altura manométrica de succión (NEC, 2021)

$$H_{mi} = 3 + 5,28 + 2,75 \text{ mca}$$

$$H_{mi} = 11,03 \text{ mca}$$

La altura manométrica de impulsión esta dada por la longitud del recorrido del agua y por las pérdidas por accesorios ya calculados anteriormente.

La altura manométrica total es la sumatoria de las dos alturas de impulsión y succión.

$$H_{mt} = 11,03 + 3,24 \text{ mca}$$

$$H_{mt} = 14,27 \text{ mca}$$

Selección de la bomba

Para conocer la potencia de la bomba se tomó en cuenta el caudal de diseño, la altura manométrica total y la potencia de la bomba.

$$P = \frac{Q * H_{mt}}{75 * n}$$

Ecuación 3.23 Potencia de la bomba (Chapman, 2005)

$$P = \frac{0,75 * 14,27}{75 * 0,65}$$

$$P = 0,22 \text{ hp}$$

La potencia calculada para la bomba es de 0,22 hp; pero comercialmente se puede encontrar desde 0.5 hp por lo que se eligió una bomba con esas características de la marca Pedrollo.

Altura neta de aspiración

Un parámetro necesario calcular es el NPSH disponible y el requerido por lo que se toma como base a la norma hidrosanitaria para la determinación del cálculo (MIDUVI, 2011).

$$NPSH_d = \frac{10(P_{atm} - P_v)}{\gamma} - h_f - Z_s$$

Ecuación 3.24 NPSH disponible (NEC, 2021)

Donde:

- NPSH_d : Altura neta de aspiración (m)
- P_{atm} : Presión atmosférica del lugar (Kg/cm²)
- P_v : Presión de vapor temperatura de agua (Kg/cm²)
- h_f : Pérdida de cargas en succión (m)
- Z_s : Altura estática de succión (m)
- γ : Peso específico del agua (Kg/dm³)

La presión atmosférica de la ciudad de Quito es de 1 (Kg/cm²), la presión de vapor del agua tomando una temperatura ambiente de 20°C es 0,0238 (Kg/cm²), las pérdidas de carga por longitud y accesorios son de 1,14 (m) y la altura estática de succión es de 1 (m) así remplazamos los valores en la ecuación.

$$NPSH_d = 9,622$$

$$NPSH_d > NPSH_r + 0,5$$

Ecuación 3.25 NPSH disponible y requerido (NEC, 2021)

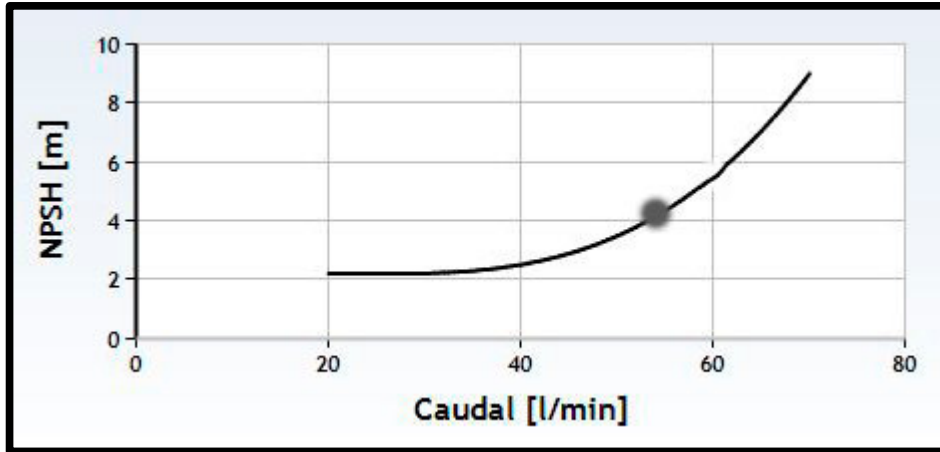


Figura 16. Caudal vs NPSH.

Tanque hidroneumático

La ayuda de un tanque hidroneumático permite aumentar la vida de una bomba debido a que reduce el número de arranques y también es un ahorro energético disminuyendo el consumo de electricidad (MIDUVI, 2011).

$$W_{th} = \frac{19 * R_{aire} * Q_b (P_{OFF} + 10.33)}{N_{Bombas} * N_{Ciclos} * (P_{Off} - P_{On})}$$

Ecuación 3.26 Volumen del tanque hidroneumático (MIDUVI, 2011)

Donde:

- W_{th} : Volumen del tanque, litros
- R_{aire} : Membrana con revisión de la masa= 1.0
- P_{OFF} : Presión de apagado
- P_{On} : Presión de encendido
- N_{Bombas} : Numero de bombas en serie
- N_{Ciclos} : Número de ciclos por hora
- Q_b : Caudal de bombeo

$$Q_{ON} = 0,75 \text{ l/s}$$

$$Q_{OFF} = 0,75 * 25\%$$

$$Q_{OFF} = 0,18$$

$$Q_{MED} = \frac{0,75 + 0,18}{2}$$

$$Q_{MED} = 0,465 \frac{l}{s}$$

$$Q_{MED} = Q_b = 27,9 \frac{l}{min}$$

$$W_{th} = \frac{19 * 1 * 27,9 \text{ l/min}(40m + 10,33)}{1 * 30 * (40m - 20)}$$

$$W_{th} = 38,11 \text{ litros}$$

Diseño del control de la bomba

Para la simulación del control de la bomba se utilizó el programa CADE-SIMU, en este se reemplazó por pulsadores a los actuadores como son el presostato, el nivel y una electroválvula.

El sistema funcionará mediante una bomba con tanque de presurizado donde cumplirá con las siguientes condiciones:

- El pulsador ON va a realizar el encendido de la bomba cuando cumpla las siguientes condiciones del sistema.
 - La presión sea menor al rango de 40 psi.
 - el nivel de agua debe ser el adecuado.
- Cuando la presión en las tuberías es la adecuada, el presostato (PRE) permanece abierto, cuando se pierde la presión el presostato se acciona y permite que la bomba se accione.
- El flotador eléctrico (NIV) funciona cuando el tanque de almacenamiento tenga el nivel adecuado de agua en este caso permite que la bomba se accione y cuando el nivel de agua baje a un punto referenciado la bomba no se podrá accionar evitando que trabaje en vacío y que pueda dañarse.
- Al momento de accionar con el pulsador ON, el contactor KM1 se accionará y desenclavará el contacto (PRE) que evitará el paso de agua, desactivando la electroválvula (EV) y dando el paso al agua lluvia almacenada por la misma tubería.
- El pulsador EME se ubicará al inicio permitirá energizar todo el sistema de control para su funcionamiento ya que es un contacto normalmente cerrador (NC), cuando este sea presionado se acciona cortando todas las señales y apagando la bomba y la electroválvula.

Condición de elección magnetotérmico In

Un magnetotérmico es un dispositivo de protección de las instalaciones eléctricas frente a sobretensiones y frente a cortocircuitos eléctricos, los tiempos de funcionamiento son muy cortos para que no se afecte la red o la instalación eléctrica, el método anteriormente usado es el fusible, pero el magnetotérmico tiene como ventaja que no se lo debe sustituir (Chapman, 2005).

$$I_C(\text{Amp}) \leq I_N(\text{Amp})_{\text{magnetotermico}} \leq I_{\text{MAX}}(\text{Amp})_{\text{del conductor}}$$

Ecuación 3.27 Elección magnetotérmico (Chapman, 2005)

Donde:

I_C : Corriente de la carga

I_N : Corriente nominal del magnetotérmico

I_{MAX} : Corriente máxima admisible por el conductor

Para el cálculo de la corriente nominal se utilizaron los datos de placa del motor detallados en la Tabla 11.

Tabla 11. Placa de datos- Bomba.

DATOS DE LA PLACA							
Bomba Pedrollo			30 M	IE3	IEC 60034-30-1		
V	Hz	HP	A	EFF	Cos	Rev./min	EFF.Cl
120	60	0,5	6,5	74	0,77	3450	IE3

Para el correcto funcionamiento del magnetotérmico debe cumplir las condiciones detalladas anteriormente para la protección eléctrica.

La protección eléctrica de un motor de 0,5 o ½ (HP), su corriente nominal a 110 voltios es de 3,1 (Amp) según datos de fábrica.

Tabla 12. Porcentaje de corriente de plena carga (Velasco, 1974).

Tipo de motor	Porcentaje a plena carga
	Ajuste de cortocircuito

Todos los motores de corriente alternan monofásicos y polifásicos de jaula de ardilla con arranque de resistencia o reactor.	Capacidad de fusible	Tiempo instantáneo	Tiempo temporizado
		300	175
Letra código A	150		150
Letra código B a E	250		250
Letra código F a V	300		300
Todos los motores de corriente alternan monofásicos y polifásicos de jaula de ardilla con arranque de autotransformador			
Letra código A	150		150
Letra código Ba E	250		250
Letra código F a V	300		300

Se escogió un interruptor magneto térmico inverso que se caracteriza según la curva de 2,5 como el factor de multiplicación de acuerdo con la Tabla 13.

Tabla 12. Porcentaje de corriente de plena carga

Para un motor monofásico de 0,5 (HP)

$$I_c = 2,5 * 3,1 = 7,75 \text{ (Amp)}$$

Se soportará hasta cargas de 0.75 (HP)

$$P = V_L * I_L * \text{Cos}\phi$$

Ecuación 3.28 Potencia monofásica (Velasco, 1974)

$$I_L = \frac{0.5 * 746}{120 * 0,77}$$

$$I_L = 4,03 \text{ (Amp)}$$

$$I_L = 4,03 * 2,5$$

$$I_L = 10,09 \text{ (Amp)}$$

Los valores dados en la Tabla 13, son presentados como los interruptores más utilizados entre los magnetotérmicos no regulables.

Tabla 13 Valores normalizados para interruptores magnetotérmicos (deprofeaprofeelectrico, 2014).

Valores de In (Amp) normalizados para interruptores magnetotérmicos				
1	2	3	6	10
16	20	25	32	40
50	63	80	100	125
160	250	400	360	800
1250	1600	2000	2500	3200

Se escogió un magnetotérmico que protegerá el circuito eléctrico el circuito eléctrico (cableado), el interruptor magneto térmico de 10 Amp nominales normalizados con una curva tipo C.

$$I_C(\text{Amp}) \leq I_N(\text{Amp})_{\text{magnetotermico}} \leq I_{\text{MAX}}(\text{Amp})_{\text{del conductor}}$$

Ecuación 3.29 Elección magnetotérmico (Chapman, 2005)

$$4,03 \leq 10 \leq 20$$

Funciones de los termomagnéticos

La Tabla 14 muestra los elementos que actúan en la parte magnética y térmica.

Tabla 14. Funciones de los termomagnéticos (Chapman, 2005)

Parte magnética	Actúa contra cortocircuitos
Parte térmica	Actúa contra sobrecargas

Selección de un relé térmico (Guardamotor)

La principal función de un relé térmico sirve para proteger a motores eléctricos contra sobrecargas que se puedan dar.

Tipos de disparo de los relés Térmicos

Los relés térmicos tienen distinto tiempo de disparo dependiendo de la sobrecarga que tenga para dispararse. Este tipo de relés a un determinado nivel de corriente opera por un tiempo X en este caso en una curva de clase 10. En la Tabla 15. Clase de disparo de relés térmicos se muestra el tiempo de disparo según la clase (Electric, 2019).

Tabla 15. Clase de disparo de relés térmicos (Chapman, 2005)

CLASE DE DISPARO DE RELÉS TÉRMICOS	
Clase	Tiempo
Clase 10 A	Entre 2 y 10 Segundos
Clase 10	Entre 2 y 10 Segundos
Clase 20	Entre 6 y 20 Segundos
Clase 30	Entre 2 y 30 Segundos

Se seleccionó un relé de sobrecarga para condiciones de arranque normal en clase 10 de disparo que tendrá un tiempo de disparo de 4 a 10 segundos seleccionado en Tabla 15. Clase de disparo de relés térmicos

Cálculos del guardamotor

Para elegir un guardamotor se toma los datos de fábrica y la potencia de la bomba que es de ½ hp por lo tanto.

$$P = V_L * I_L * \cos\phi$$

Ecuación 3.30 Potencia monofásica (Velasco, 1974)

Donde:

P : Potencia (w)

V_L : Voltaje de línea (V)

I_L : Corriente de línea (Amp)

$$I_L = \frac{0,5 * 746}{120 * 0,77}$$

$$I_L = 4,03 \text{ (Amp)}$$

Para seleccionar un relé térmico se debe tener un factor de seguridad del 1,25 se tiene que:

$$I_L = 4.03 * 1,25 \text{ (Amp)}$$

$$I_L = 5,037 \text{ (Amp)}$$

Para la elección de un relé térmico se tiene de la marca LS modelos **MMS-32S** en este caso este tipo de relés térmicos son regulables de 6 -10 (Amp) como se observa en la Figura 17.



Figura 17. Relé térmico LS modelo MMS-32S

El relé térmico tiene las siguientes características:

- Función de "Stop".
- Reinicio Tras el disparo.
- Tarea de "Reset".
- Función "Test".
- Ajuste para la corriente
- Rearme Manual y automático.

Selectores

Un selector es un elemento de maniobra que va a permitir el paso de corriente para la utilización de los distintos equipos, en este caso se selecciona un selector de 2 posiciones, donde se tiene un amplio rango de soporte en corriente alterna, como con corriente continua que puede soportar desde los 5 voltios a 400 voltios y corrientes de 10 amperios (AIU, 2021).



Figura 18. Selector de 2 Posiciones

Este tipo de selectores tiene características técnicas que se detallan en la Tabla 16.

Tabla 16. Características del selector.

CARACTERÍSTICAS DEL SELECTOR	
Material	Metálico – plástico
Bloques	Dos unidades
Accionamiento	Sostenido
Protección	IP 40
Tipo	Dos posiciones
Voltaje	5V-440V
Contactos	normalmente abierto

Pulsador zeta de emergencia

Este tipo de pulsadores son utilizados en casos de emergencia donde se tiene un pulsador zeta que tiene un contactor normalmente cerrado que al ser presionado se apaga todo el sistema.



Figura 19. Pulsador Zeta de emergencia.

Este tipo de pulsadores tiene características técnicas que se detallan en la Tabla 17.

Tabla 17. Características zeta de emergencia.

CARACTERÍSTICAS ZETA DE EMERGENCIA	
Material	Metálico – plástico
Bloques	una unidad
Accionamiento	Sostenido
Protección	IP 40
Tipo	Dos posiciones
Voltaje	5V-440V
Contactos	NC-NA

Lámpara de señalización led

Este tipo de dispositivo de señalización es utilizado como un indicador de existencia de corriente u observar la activación de algún contactor. Ayuda en el sistema de los circuitos de control con un rango alto de tensión, de 110 (V) – 220 (V).



Figura 20. Lámpara led Señalización.

Este tipo de pulsadores tiene características técnicas que se detallan en la Tabla 18. Características de las luces piloto

Tabla 18. Características de las luces piloto.

CARACTERÍSTICAS DE LAS LUCES PILOTO	
Material	Siemens
Modelo	Sirius
Tensión	120 V Ac

Consumo	120VAC:14
Material	Plástico y Aleaciones
Colores	Rojo y verde
Norma	IEC 60947-5-1

Selección del dispositivo microcontrolador (Arduino)

Arduino es un microcontrolador de ATMEGA de electrónica de código abierto, que está basado en hardware y software libre, este permitirá controlar distintos procesos. Arduino tiene circuitos integrados en los que se pueden grabar instrucciones que mediante el lenguaje de programación Arduino IDE permite crear programas para que se pueda ejecutar con circuitos de la placa (Arduino, 2021).

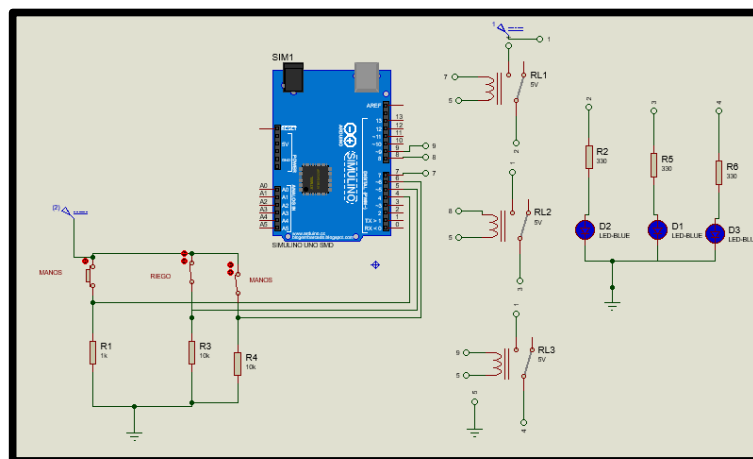


Figura 21. Placa Arduino uno.

El microcontrolador de Arduino tiene una interfaz de entrada que es una conexión en la que podemos conectar diferentes periféricos en este caso se seleccionó este microcontrolador para controlar salidas de actuadores como son relés regulados de 5 (VDC) a 110 (VAC) para su correcto funcionamiento con distintos funcionamientos.

Relé de 5V para Arduino

Un relé para su activación necesita 5V con una corriente de 20 (mA) esta activación se puede dar directamente por el Arduino, en la activación puede soportar de 250 (AC) 30 (VDC) a 10 (Amp).

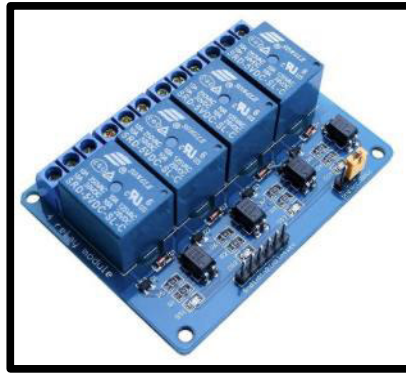


Figura 22. Relé de 5 (v) para Arduino.

Este tipo de relés tienen contacto en común, otros contactos normalmente cerrado y normalmente abierto y una bobina que se alimenta con 5 (v) como se muestra en la Figura 23 (Warren, 2011).

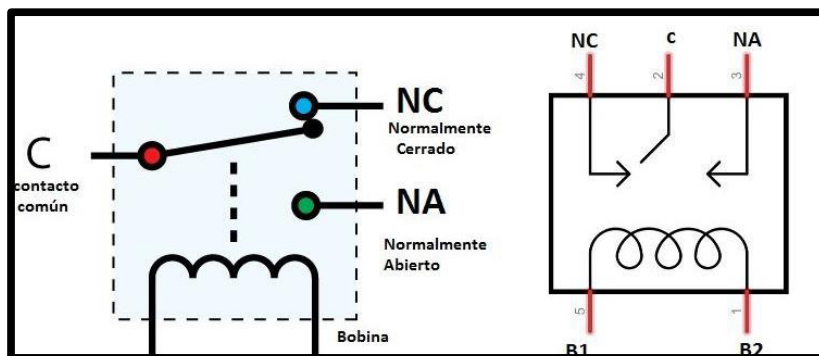


Figura 23. Esquema de un relé de 5 (V).

3.2.5 Construcción del sistema de reutilización de agua lluvia

Captación

El techo del área donde se implementó el sistema de reutilización de agua lluvia era de aluminio galvanizado y estaba en buenas condiciones por lo que no se realizó modificación alguna al lugar.

Conducción

El lugar poseía canaletas solo en la zona A y se la dejó tal cual, pues se encontraba en buenas condiciones y cumplía con las Especificaciones Técnicas de Captación de Agua Lluvia (UNATSABAR, 2003). En cuanto a la zona B se procedió a adquirir canaletas con las mismas especificaciones de la zona A e instalarlas como se observa en la Figura 24, Figura 25 y Figura 26.



Figura 24. Techo zona B sin canaletas.



Figura 25. Instalación de canaletas en la zona B.



Figura 26. Canaleta instalada en la zona B.

En cuanto a las bajantes de agua lluvia se reemplazó la bajante de 75mm de PVC dirigida hacia el terreno por una de 101,6 mm la cual se conectó hacia el interceptor de primeras aguas.



Figura 27. Bajante antigua.



Figura 28. Bajante nueva del sistema.

Interceptor de primeras aguas

Para la construcción de este dispositivo se utilizaron los materiales descritos en la Tabla 19.

Tabla 19. Materiales para construcción del interceptor de primeras aguas.

MATERIALES PARA CONSTRUCCIÓN DEL INTERCEPTOR DE PRIMERAS AGUAS		
Elemento	Dimensión	Cantidad
Tanque plástico	50 lt	1
Acople	$\frac{3}{4}$ "	1

Tapón macho	¾"	1
Tubo	4"	1
Tapa para tubo	4"	1
Tee	4"	1
Pelota	9.5 cm	1
Tornillos	-	4

Al tanque de 50 litros se le realizó una perforación de 8 cm de altura respecto a la base esto para implementar un acople de ¾" este elemento permitirá el desfogue del agua recolectada en el interceptor ver Figura 29.



Figura 29. Implementación de acople en interceptor de primeras aguas.

Seguido se realizó una apertura de 4" a la tapa del tanque, con el fin de colocar una tubería que en su interior tendrá una pelota que servirá como tapón que al llenarse el tanque interceptor esta bloqueará el paso de las primeras aguas provenientes del lavado del techo y el agua seguida se dirigirá hacia el tanque de regulación de agua.



Figura 30. Tanque de regulación de primeras aguas.

Para asegurar que la pelota no caiga se colocó un tapón a la tubería, al tapón se le hizo orificios para que permita el ingreso del agua (ver Figura 31). A demás se colocó 4 tornillos

en la parte superior de la tee esto para asegurar a la pelota y no pase al conducto del tanque de regulación (ver Figura 32).



Figura 31. Colocación de tapón.



Figura 32. Colocación de tornillos.



Figura 33. Resultado final Interceptor

Tanque de recolección

Se adquirió un tanque de 220 litros para que recolecte el agua lluvia antes de la filtración, esto para que el agua previa a filtración ingrese a baja velocidad y no remueva las capas del medio filtrante.

Los materiales utilizados para la implementación de este elemento fueron:

Tabla 20. Materiales para construcción del tanque de recolección.

MATERIALES PARA CONSTRUCCIÓN DEL TANQUE DE RECOLECCIÓN		
Elemento	Dimensión	Cantidad
Tanque plástico	220 Lt	1
Acople	3/4"	1
Tubo	3/4"	60 cm
Universal	3/4"	1
Tubo	3"	2 metros
Codo	3"	2
Codo	4"	1
Tubo	4"	1 metro

Se realizó una perforación de 4" a la tapa del tanque de recolección para que ingrese el codo y la tubería que conectarán la Tee del interceptor de primeras aguas con el tanque de recolección.

Para instalar el sistema de desagüe de exceso de agua se realizó una perforación de 3" a la parte superior del tanque de recolección, este exceso de agua fue conducido al sistema inicial de drenaje de agua pluvial que poseía la zona de estudio.

Se colocó el acople de 3/4" a 10cm de altura respecto a la base del tanque para conducir el agua recolectada al tanque de filtración.



Figura 34. Tanque de recolección de agua lluvia.

Como se observa en la Figura 35, se colocó una universal de ¾" entre la tubería que conecta el tanque de recolección y el filtro, esto para crear tanques independientes y sea más fácil su desconexión en caso de mantenimiento.

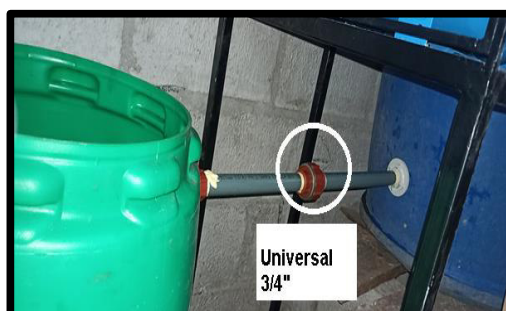


Figura 35. Universal entre tanque de recolección y filtro.

Filtro de arena

Para realizar el filtro de arena se necesitó los siguientes elementos:

Tabla 21. Materiales para construcción del filtro de arena.

MATERIALES PARA CONSTRUCCIÓN DEL FILTRO LENTO		
Elemento	Dimensión	Cantidad
Tanque plástico	60 Lt	1
Acople	¾"	2
Tubo	¾"	2 metros
Codo	¾"	2
Tapón macho	¾"	1
Cascajo	1,5 cm	-
Cascajo	1 cm	-
Arena	0,015 cm – 0,035 cm	-
Algodón	-	-

A la altura de 55 cm respecto a la base del filtro se colocó un acople de ¾" para conectar el tanque de filtración con la tubería del tanque de recolección. Seguido se instaló una tubería perforada de ¾", dos codos de ¾" y tapón macho de ¾" dentro del tanque filtro.

La tubería perforada tiene el propósito de evitar que el agua ingrese de manera precipitada al filtro de arena.



Figura 36. Perforación al tubo para que ingrese el agua al filtro.



Figura 37. Instalación de la tubería perforada dentro del filtro.

Para la salida del agua filtrada se colocó un acople de $\frac{3}{4}$ " a una altura de 48cm respecto a la base del tanque.

El siguiente paso fue lavar la grava antes de colocarla en el filtro (ver Figura 39 Figura 40 y Figura 41). Para el armado del filtro se colocó una capa de aproximadamente 2 cm desde la base de algodón esto para impedir que sedimentos ingresen a la tubería obstruyendo el paso del agua. Seguido se colocó 4 cm de grava de 1,5cm, luego 4cm de grava de 1cm y finalmente 30 cm de arena de entre 0,015 y 0,035 cm.



Figura 38. Distintos tamaños de grava utilizada.



Figura 39. Grava antes de ser lavada



Figura 40. Grava después de ser lavada.



Figura 41. Colocación de algodón dentro de filtro.



Figura 42. Colocación de grava en el filtro.

Por último, se colocó una tee de $\frac{3}{4}$ " entre el tubo que conecta el filtro y el tanque de almacenamiento, esto para colocar un tapón macho en un parte de la tee y así verificar la velocidad de filtración que entrega el filtro (ver Figura 43).



Figura 43. Tee entre el filtro y el tanque de almacenamiento.

Tanque de almacenamiento

Se utilizó un tanque de 1000 litros de capacidad. Para la instalación de este tanque se requirió hacer una excavación de 20 cm de profundidad. Para la conexión con el filtro lento de arena se le realizó una perforación de $\frac{3}{4}$ ". Como se observa en la Figura 50 el tanque cuenta con un desagüe en la parte inferior este fue destinado para vaciar el tanque al momento del mantenimiento.

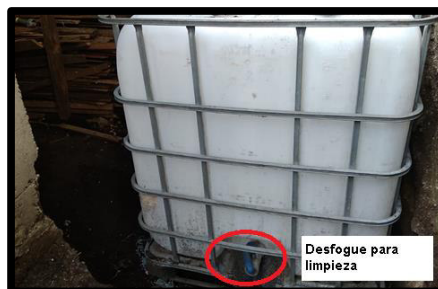


Figura 44. Tanque de almacenamiento.



Figura 45. Perforación al tanque del almacenamiento

Sistema de bombeo

Se utilizó los siguientes materiales para la succión e impulsión:

Tabla 22. Materiales para la succión y expulsión.

MATERIALES PARA LA SUCCIÓN E IMPULSIÓN		
Elemento	Dimensión	Cantidad
Valvula Globo	1"	2
Universal	1"	2
Teé	1"	1
Codo	1"	3
Tubo PVC	1"	3 metros



Figura 46. Materiales usados

Para la conexión de la tubería en las partes de succión e impulsión, se utilizaron las 2 válvulas de globo con tubos plastigama de 1" pulgada para la apertura y el cierre del agua, dos uniones universales para acceder de manera fácil al mantenimiento de la bomba y se utilizó teflón como aislante para evitar fugas de agua. En la parte de la tubería de succión se agregó una té para poder purgar la bomba. El diseño de la de la etapa de bombeo se lo realizó en AutoCAD tanto para la parte de succión como impulsión.

El cebado de la bomba se hará mediante la tuerca que está en la misma bomba y en la té con un tapón ubicada en la tubería de succión esto para evitar que la bomba no trabaje en vacío y evitar daños en la misma.

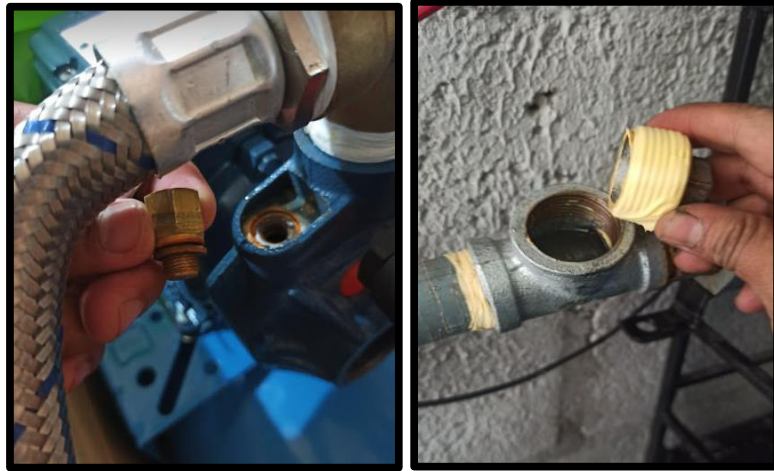


Figura 47. Cebado de la bomba

La conexión de la bomba se realizó después de realizar la simulación del control de la bomba y electroválvula.

El control de nivel va conectado al tanque Figura 48, la boya sirve de referencia para cuando el nivel de agua sea mayor a la referencia de 50 cm desde el piso que va a estar en el tanque de recolección de agua lluvia permitiendo que la bomba pueda trabajar y cuando la boya baje de su nivel este no se accionará.



Figura 48. Electronivel

El presostato está conectado en la tubería de impulsión de la bomba será regulado manualmente ya que este nos permitirá el accionamiento del sistema, cuando no exista la presión adecuada la bomba se accionará este varia en un rango entre los 20 – 40 (PSI), mediante un manómetro de presión se tendrá que ajustar el encendido y el apagado.



Figura 49. Presostato y manómetro.

Conexión de la bomba

Primero se construyó una rejilla de protección para la bomba Figura 50, con dimensiones 66x33x50 cm. Se utilizó material metálico con varillas de diferente diámetro y la unión de estas fue por soldadura SMAW. La rejilla de protección permitirá abrir y cerrar la compuerta para el fácil acceso a la bomba.



Figura 50. Rejilla para bomba.

La rejilla de protección fue enterrada a una profundidad de 30 cm esta tiene una barra de soporte en el interior recubierta con concreto para evitar que la bomba caiga por las vibraciones causadas por el funcionamiento propio de la bomba.



Figura 51. Rejilla para bomba

Como paso final se colocó los accesorios donde se fijó con teflón a los puntos de succión y de impulsión, en este punto se agregó dos válvulas tipo globo y dos universales esto para poder retirar la bomba en el caso que de mantenimiento.



Figura 52. Adaptación de accesorios a la bomba.

Conexión del electro nivel

Con ayuda de un multímetro se ejecutaron pruebas de funcionamiento, se colocó este dispositivo en la posición de continuidad ya que el electro nivel consta de 3 cables en este caso se definiría con un común (negro), para el llenado (café) y vaciado (azul). Luego se insertó el electro nivel a una altura de 50 cm respecto a la base del tanque, se dejó esta altura para evitar que la bomba trabaje en vacío y también para que no acarree sedimentos de la base. Seguido se colocó la válvula de pie de 1' esta válvula dispone de un check que no permite que el agua retorne al tanque. Finalmente se ubicó el electro nivel de forma que pueda subir y bajar para que funcione en las condiciones que se requiere.



Figura 53. Conexión del electro nivel.

Control de la bomba

Los materiales utilizados para instalar el sistema de control de la bomba fueron:

- Contactor KM1
- Contactor PRE
- Un interruptor.

- Un Guardamotor.
- Canaleta de 25x40 mm.
- Una barra de tierra.
- Alambre flexible numero 14 AWG
- Gabinete 40x40x20 cm

El diseño del tablero de control se realizó en el programa AutoCAD, utilizando los materiales que están en la etapa de control y de potencia en este caso llevará la ubicación que tendrá cada uno de los implementos como se muestra a continuación en la Figura 54.

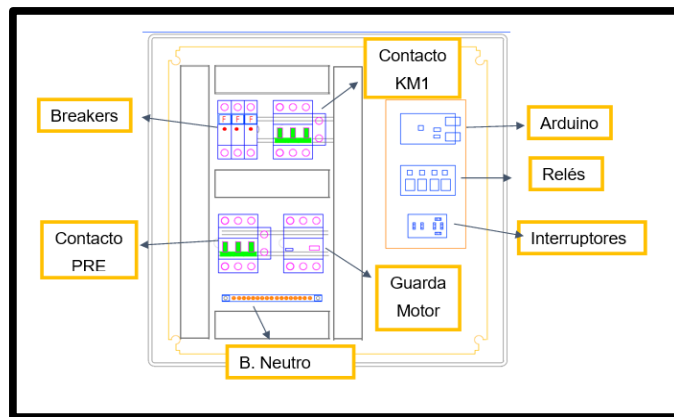


Figura 54. Diseño tablero de control.

El contactor (KM1) va a permitir el arranque del motor cuándo se cumpla las condiciones ya detalladas anteriormente, el segundo contactor (ELE) se activará cuando no se tenga el volumen adecuado de la recolección de agua lluvia, donde se activará la electroválvula dando paso al agua del reservorio. Se ubicará una válvula check anti-retorno, cuando se tenga la presión adecuada permita el paso en un sentido y no regrese para evitar fallos en la bomba.



Figura 55. Tablero de control.

Implementación del Arduino y relé

La implementación del Arduino UNO será independiente de la bomba, en donde se podrá energizar mediante interruptores reciclados, la configuración de cada interruptor será pull-down que van conectados al Arduino como entradas digitales y relés que serán configuradas como salidas digitales permitiendo activar las distintas electroválvulas, la señal que entrega el Arduino UNO es de 5 VDC con una corriente de 20 mA activando las salidas digitales en este caso los relés, al activarse cada relé da el paso a la corriente eléctrica de 110 VAC que energiza las electroválvulas.

En la parte del código se utilizó la plataforma Arduino la versión 1.8.9, donde se utiliza el lenguaje de alto nivel para leer las entradas y mandar las señales a cada una de las salidas para la activación del relé el código para el comando del sistema de control.

Cada uno de los interruptores cumple las siguientes funciones:

- Dos realizan el control on-off de las electroválvulas
- Un interruptor tendrá una temporización que se podrá regular mediante el código.

Para el montaje del Arduino se utilizó una plaqueta tomate de medidas 21,5 x 11,5 cm con un espesor de 0,1 mm, en esta plaqueta se aisló a cada uno de los componentes con papel Kraft, el papel Kraft es utilizado en la industria como un aislante que puede evitar corto circuitos en los componentes por lo que son cortados a la medida de cada uno de los componentes.

Los componentes fueron ubicados en la placa el Arduino uno, los cuatro relés y la baquelita para cada uno de los interruptores, se utilizó cable UTP categoría 5 que se utiliza en exteriores y van conectados al tablero de control como se muestra en la Figura 56.

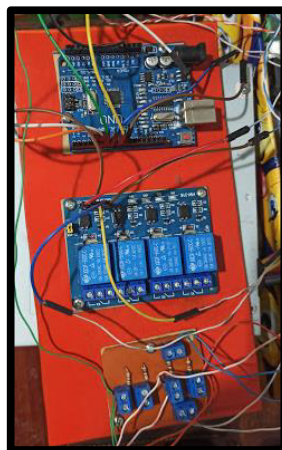


Figura 56. Placa de componentes.

El diseño de la placa para cada uno de los pulsadores de los diferentes puntos fue realizado en baquelita, con medidas de 5 x 4 cm, para forma estética se utilizó bornes de 2 puntos que

servirá para hacer contacto con la baquelita y los interruptores, por el diseño en proteus se tiene un accionamiento PULL-down por lo que se utilizó resistencias de 1k normalizadas con alimentación de 5 VDC desde el Arduino.

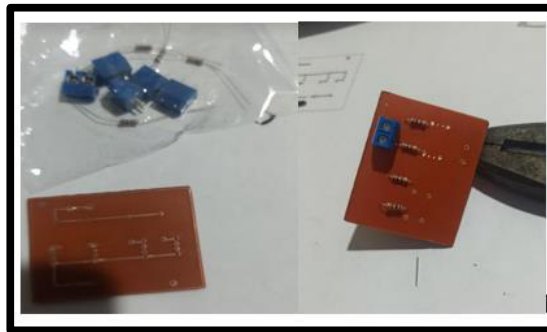


Figura 57. Diseño de placa.

El Arduino con los demás componentes se conectaron al tablero de control donde se realizó el cableado a cada punto con diferente cable para poder diferenciar y hacer la conexión como se muestra en la Figura 58, Para realizar este proceso se necesitó:

- Interruptores; cable utp categoría 5 para exteriores.
- Relés: con alambre flexible N°14 awg.

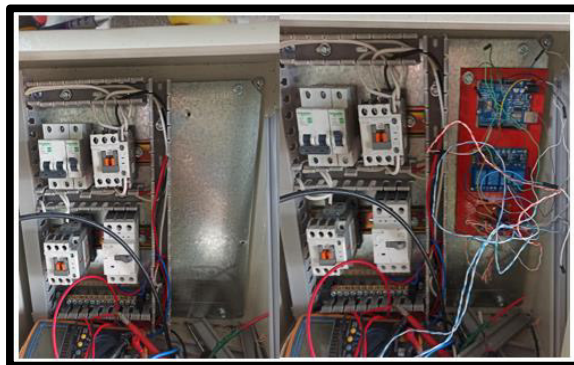


Figura 58. Conexiones al tablero.

Para las conexiones a cada punto se utilizó una fuente de 120Vac a 5 Vdc para la energización del Arduino y del mismo se tomó las señales de 5 voltios para la activación de los relés y la conexión Pull-Down de los interruptores.

Distribución

El enfoque de distribución que se dio al proyecto fue de uso complementario, es decir se adaptó el sistema de reutilización de agua lluvia al actual suministro de agua que tienen los usuarios, esto gracias a electroválvulas. Una vez que el agua lluvia no sea suficiente para abastecer las necesidades de los usuarios se activará el sistema normal de suministro de agua.

Para conectar los dos sistemas de distribución se realizó lo siguiente: Para la distribución se tomó como referencia las salidas de aperturas y cierre de agua, por lo que se dividió en dos áreas, en las áreas que serán mecánicas y automatizadas.

Se denominan áreas mecánicas porque, los tiempos de accionamiento del inodoro, llave manual y la ducha no son precisos.

Los puntos automatizados que se tomaron en cuenta fueron: lavamanos, grifo y posible riego el cual tendrá temporización.

Las electroválvulas fueron modificadas para en caso de no se tenga luz o se tenga una falla en el sistema estas puedan seguir operando.

Los materiales utilizados para elaborar este paso fueron:

Tabla 23. Materiales para adaptar el sistema de distribución.

MATERIALES PARA ADAPTAR EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN		
Elemento	Dimensión	Cantidad
Válvula Globo	1/2"	1
Relé	1/2"	1
Teé	1/2"	3
Codo	1/2"	3
Unión	1/2"	3

A continuación, se muestra cómo queda el accionamiento manual y para que no existan fugas de agua en las uniones se utilizó lo que se conoce como teflón.



Figura 59. Electroválvula.

Las conexiones de agua se tomaron desde el inicio de la tubería de impulsión con plastigama de 1" que era la salida de la bomba y se adaptó una reducción de ½" para conectar al conducto que ya existía en el lugar del proyecto en las siguientes tomas se muestra las adaptaciones de los conductos como se muestra en la Figura 60.



Figura 60. Conexiones del sistema de distribución.

La conexión de cada uno de los relés es con cable flexible N°14 awg el color blanco va a ir conectado a la línea o fase y el cable de color negro va conectado al neutro para cerrar el circuito que van conectado al tablero de control, estos se activaran cuando los distintos interruptores se accionen.



Figura 61. Electroválvulas

4 RESULTADOS

El sistema de reutilización de agua lluvia cuenta con el siguiente proceso: el agua lluvia se recoge en el techo y las canaletas (1 y 2); llega al interceptor de primeras aguas (3); se

conduce al depósito para regular el paso de agua (4); seguido el agua pasa por un filtro para retener sólidos (5); luego se dirige al tanque de almacenamiento (6) para que finalmente el control bomba suministre el agua a los puntos requeridos (7). Esto se lo puede visualizar de manera general en la Figura 62.

Si se agota el agua lluvia el control bomba activa el suministro normal de agua.

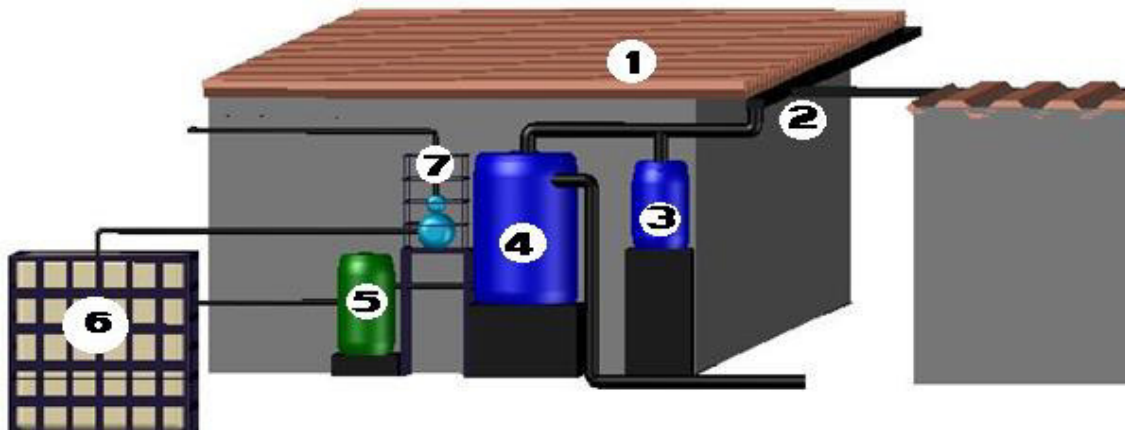








Figura 62. Esquema general del sistema de reutilización de agua lluvia.




4.1 Evaluación de la infraestructura de drenaje existente

Tras realizar la inspección inicial al lugar donde se implementó el sistema de reutilización de agua lluvia se encontró la siguiente infraestructura de drenaje pluvial (ver Tabla 24).

Tabla 24. Elementos de drenaje pluvial existentes en la zona de estudio.

Elementos de drenaje pluvial existentes en la zona de estudio A				
Elemento	Material	Dimensiones	Figura	Estado físico
Techo	Aluminio	46,97 m ²		Bueno
Canaleta	Aluminio	12 m		Bueno

Bajante desagüe	PVC	75 mm diámetro		Bueno
Canal	Hormigón	5m		Malo
Sequia	Tierra	30m		Malo
Elementos de drenaje pluvial existentes en la zona de estudio B				
Techo	Aluminio	10,80 m ²		Bueno
Elementos de drenaje pluvial existentes en la zona de estudio C				

Techo	Aluminio	3,8 m ²		Bueno
Tubería desagüe	PVC			Bueno
Tubería desagüe	PVC			Bueno

4.2 Precipitación promedio mensual

Utilizando la Ecuación 3.1 se obtuvo como resultado lo siguiente:

Tabla 25. Promedio de precipitación mensual para 21 años de datos.

PROMEDIO DE PRECIPITACIÓN MENSUAL PARA 21 AÑOS DE DATOS (mm)	
Mes	Precipitación
Enero	150,9
Febrero	160,5
Marzo	195,7
Abril	206,5
Mayo	160,5
Junio	80,58
Julio	57
Agosto	54,53
Septiembre	84,48
Octubre	134,5
Noviembre	156,1
Diciembre	154,6

La Tabla 25 muestra el promedio de datos recopilados durante 21 años, donde se visualiza que los meses con menor precipitación: son junio, julio, agosto y septiembre.

Los datos de sumatoria más detallados se encuentran en el Anexo 3.

4.2.1 Área de aportación

Se obtuvo un área total de aportación de 56 m².

$$\text{Área total} = \text{Área zona A} + \text{Área zona B}$$

$$\text{Área total} = 44,77 \text{ m}^2 + 11,22 \text{ m}^2$$

$$\text{Área total} = 55,99 \text{ m}^2 \approx 56 \text{ m}^2$$

4.2.2 Oferta Mensual

Remplazando datos en la Ecuación 3.2 se obtuvo:

Tabla 26. Oferta Mensual

OFERTA MENSUAL PARA UN PERIODO DE DATOS DE 21 AÑOS				
Mes	Precipitación promedio mensual (m)	Coefficiente de escorrentía	Área (m2)	Volumen de oferta (m3)
Enero	0,15	0,9	56	7,56
Febrero	0,16	0,9	56	8,06
Marzo	0,19	0,9	56	9,57
Abril	0,21	0,9	56	10,58
Mayo	0,16	0,9	56	8,06
Junio	0,08	0,9	56	4,03
Julio	0,04	0,9	56	2,02
Agosto	0,05	0,9	56	2,52
Septiembre	0,08	0,9	56	4,03
Octubre	0,13	0,9	56	6,55
Noviembre	0,16	0,9	56	8,06
Diciembre	0,15	0,9	56	7,56

4.2.3 Demanda Mensual

Reemplazando datos en la Ecuación 3.7 se obtuvo lo siguiente:

- **Inodoro y lavamanos**

$$Di1 = \frac{2 \times 30 \times 21}{1000}$$

$$Di1 = 1,26 \text{ m}^3$$

- **Limpieza y consumo de los cerdos**

$$Di2 = \frac{1 \times 30 \times 120}{1000}$$

$$Di2 = 3,60 \text{ m}^3$$

Total, de demanda mensual:

$$D_i = D_{i1} + D_{i2}$$

$$D_i = 1,26 + 3,60$$

$$D_i = 4,86 \text{ m}^3$$

4.2.4 Oferta y Demanda Mensual Acumulada

Se aplicó la Ecuación 3.5 y la Ecuación 3.8 para obtener la diferencia entre la oferta y demanda acumulada.

Tabla 27. Diferencia entre la oferta y demanda acumulada.

Mes	Oferta acumulada de agua en el mes m3	Demanda acumulada al mes m3	Diferencia
Enero	7,56	4,86	2,7
Febrero	15,62	9,72	5,9
Marzo	25,19	14,58	10,61
Abril	35,77	19,44	16,33
Mayo	43,83	24,30	19,53
Junio	47,86	29,16	18,7
Julio	49,88	34,02	15,86
Agosto	52,4	38,88	13,52
Septiembre	56,43	43,74	12,69
Octubre	62,98	48,60	14,38
Noviembre	71,04	53,46	17,58
Diciembre	78,6	58,32	20,28

Con estos resultados se corrobora que el área de captación de agua lluvia es suficiente para satisfacer la demanda de agua en cualquier mes del año, por lo que es viable la implementación del proyecto.

4.3 Construcción del sistema de reutilización de agua lluvia

4.3.1 Área de Captación

El techo es el elemento principal del sistema reutilización de agua lluvia, se identificó que el material es de metal galvanizado y se encuentra en excelentes condiciones (ver Figura 63) por lo que sólo se realizó mantenimiento para retirar los sólidos que se encontraban sobre él. Se determinó un área total de captación de 56 m².



Figura 63. Techo de metal galvanizado.

4.3.2 Conducción

Las canaletas de agua se encontraban en buen estado por lo que no requirieron cambio. La zona B no poseía canaletas por lo que se instalaron nuevas. Se cambió el antiguo sistema de conducción de agua lluvia de 75 mm PVC de diámetro por uno nuevo de 101 mm PVC que dirige el agua hacia un tanque interceptor que una vez que este se llene el agua se conducirá al tanque de recolección de agua lluvia.

4.3.3 Interceptor de primeras aguas

El tanque recolecta aproximadamente 55 litros de agua de los primeros minutos de precipitación que sirven para limpiar el techo.

4.3.4 Tanque de recolección

Este tanque sirve para recolectar 200 litros de agua lluvia y cuenta con una llave de paso que ayuda a regular la velocidad con la que el agua ingresa al posterior filtro lento de arena.

4.3.5 Filtro de arena

Para verificar el buen funcionamiento del filtro se basó en los principios de operación de un filtro lento de arena, la cual expresa que se debe asegurar una velocidad de filtración igual o menor a 0,2 m/h para tener una referencia de que el dispositivo está cumple con la función de retención de sólidos.

Velocidad de filtración

$$V_f = \frac{Q}{S_f}$$

Ecuación 4.1. Velocidad de filtración

Donde:

- Vf : Velocidad de filtración m/h
- Q : Caudal de la tubería (m³/h)
- Sf : Superficie del filtro (m²)

Superficie del filtro

$$Sf = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

Ecuación 4.2. Superficie del filtro

Donde:

- Sf : Superficie del filtro (m²)
- D : Diámetro del filtro (m)

Reemplazando datos en la Ecuación 4.2 se obtuvo lo siguiente:

$$Sf = \frac{\pi \times 0,32^2}{4}$$

Sf = 0,08 m²

Para determinar el caudal se optó por el método volumétrico representado por la Ecuación 4.3.

Tabla 28. Datos para calcular el caudal mediante el método volumétrico.

Método volumétrico				
Volumen	Tiempo 1 (s)	Tiempo 2 (s)	Tiempo 3 (s)	Promedio
2 L	24,9	25,3	23,	24,63

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

Ecuación 4.3. Método volumétrico.

Donde:

- Qt : Caudal de la tubería (m³/h)
- V : Volumen del recipiente utilizado (m³)
- t : Tiempo de llenado del recipiente (h)

Insertando los datos en la Ecuación 4.3 se obtuvo lo siguiente:

$$Q_t = \frac{0,002}{0,0068}$$

$$Q_t = 0,29 \text{ m}^3/\text{h}$$

Reemplazando datos en la Ecuación 4.1 se obtuvo:

$$V_f = \frac{0,29 \text{ m}^3/\text{h}}{0,08 \text{ m}^2}$$

$$V_f = 3,62 \text{ m}/\text{h}$$

La velocidad de filtración es más alta de la requerida para el buen funcionamiento del filtro la cual tiene que ser menor a 0,2 m/h. Por lo que se aumentó una capa de 5 cm de arena e instaló una válvula de estrangulación entre el filtro y el tanque de recolección para regular el caudal de ingreso y así lograr disminuir esta velocidad y volver a determinar la velocidad de filtración.

En la segunda prueba se obtuvo lo siguiente:

Tabla 29. Segundos datos para calcular el caudal mediante el método volumétrico.

Método volumétrico				
Volumen	Tiempo 1 (s)	Tiempo 2 (s)	Tiempo 3 (s)	Promedio
4 litros	186	177	181	181.33

Caudal de la tubería 2:

$$Q_t = \frac{0,004}{0,050}$$

$$Q_t = 0,08 \text{ m}^3/\text{h}$$

Velocidad de filtración 2:

$$V_f = \frac{0,08 \text{ m}^3/\text{h}}{0,08 \text{ m}^2}$$

$$V_f = 1 \text{ m}/\text{h}$$

Tras aplicar las correcciones mencionadas, la velocidad de filtración disminuyó de 3,62 m/h a 1 m/h. Sin embargo, para llegar al objetivo que es 0,2 m/h; como primera opción se consideró aumentar las capas de material filtrante lo que disminuiría la carga hidráulica del filtro. Como segunda opción se tendría que disminuir la apertura de la válvula de retención lo que provocaría desperdicio de agua pluvial al hacer que el agua circule demasiado lento.

Sin embargo, para fines del proyecto, se utilizó el sistema de filtración de arena para retener los sólidos que han logrado atravesar los anteriores pasos de filtración y así evitar el deterioro de la parte más costosa del proyecto que es el sistema de bombeo.

La implementación del filtro se la realizó sin el objetivo de mejorar significativamente la calidad del agua ya que no se usará para consumo humano.

4.3.6 Almacenamiento

Con la aplicación de la Ecuación 3.15 se obtuvo el siguiente volumen de tanque de almacenamiento.

$$V = Q \times t$$

$$V = 1,85 \frac{L}{s} \times 900 s$$

$$V = 1665 L \rightarrow 1.66 m^3$$

El volumen del tanque de almacenamiento será de 1,66 m³ es decir 1665 litros a este valor se le restó los 56 litros retenidos en el interceptor de primeras aguas dando un total de 1609 litros.

Se implementó un tanque de 1000 litros de capacidad para almacenar el agua una vez esta haya pasado por el sistema de filtración. Este tanque cuenta con una tubería de desagüe en la base para cuando requiera lavado por mantenimiento, además está adaptado al sistema electromecánico que distribuye el agua a las instalaciones hidráulicas requeridas.

4.3.7 Bombeo

El sistema de bombeo al momento de energizar el tablero control este detectara, si hay presión en las tuberías de impulsión y si este tiene el nivel de agua suficiente en caso de no cumplir se accionará el relé de agua que será indicado con un led de color rojo como se muestra en la Figura 64.



Figura 64. Activación del relé de agua.

En caso de que se cumpla que exista el nivel de agua y falte presión mediante un interruptor al momento de accionar este se auto enclavara permitiendo el funcionamiento de la bomba y desactivando el relé de agua como se muestra en la Figura 65.



Figura 65. Activación de la bomba

Cuando exista alguna emergencia o se quiera apagar todo el sistema se pulsará el pulsador tipo hongo este apagara todo el sistema y cuando ya no exista fallos en el sistema se gira a la izquierda el pulsador tipo hongo y activara el sistema otra vez como se muestra en la Figura 66.

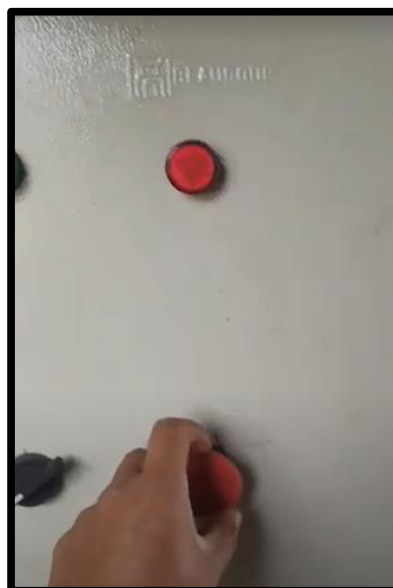


Figura 66. Pulsador tipo hongo accionamiento.

4.3.8 Diagrama P&ID

Un diagrama P&ID nos muestra la información de un circuito de control que muestra el proceso mediante un diagrama de flujo con todos los instrumentos, tuberías eléctricas y de

agua que lleva el sistema. El Anexo 6 indica de forma gráfica la ubicación de cada uno de los puntos del sistema.

4.3.9 Distribución

Para el sistema de distribución se obtuvo que cada una de las señales que requería la activación se activaban de manera correcta dando así un buen sistema de control ya que permite la activación de cada uno de los relés y cuando se interrumpe la señal se desactivan los relés.

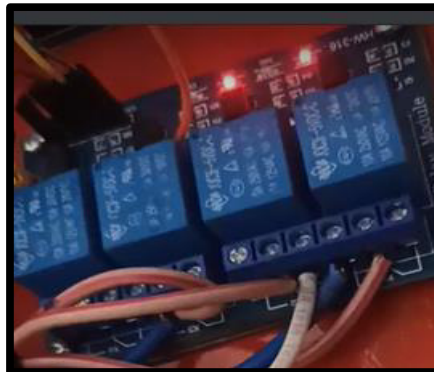


Figura 67. Activación de relés.

En caso de que el sistema no tenga energía eléctrica que permita su funcionamiento, se ha aumentado una activación manual con una válvula de globo al momento de ser accionada da el paso al agua sin la necesidad de la activación del relé.

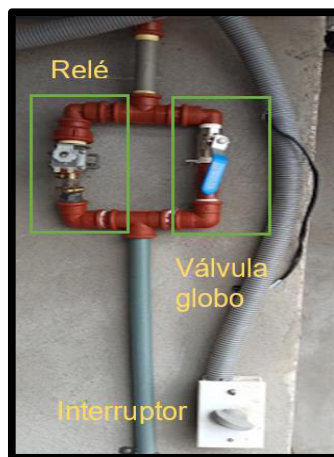


Figura 68. Relé, interruptor y válvula bola.

4.3.10 Presupuesto del sistema

A continuación, en la Tabla 30 se muestra un cuadro resumen de los costos de implementación del sistema. Los precios se encuentran expuestos a detalle en el Anexo 5 y están basados en la lista de precios unitarios de La Cámara de Comercio del Ecuador.

Tabla 30. Cuadro resumen del presupuesto del sistema.

CUADRO RESUMEN DEL PRESUPUESTO	
Actividad	Costo \$
Red Hidráulica	230,94
Bases para tanques	29,81
Red Electromecánica	679,22
Señalética	7
VALOR TOTAL	946,97

Es importante mencionar que en la elaboración del presupuesto no se consideró la mano de obra debido a que toda la implementación fue realizada por los integrantes del proyecto y no necesitó el contrato de terceros.

4.3.11 Manual de operación y mantenimiento del sistema de reutilización de agua lluvia

El manual fue elaborado en base a la (Guía de Opciones Tecnológicas de Sistemas de Saneamiento para el Ámbito Rural, 2018) y está dirigido a los usuarios que se encargarán de la operación y mantenimiento del Sistema de Reutilización de Agua Lluvia.

En este se presentan las acciones para mantener correctamente el sistema, lo cual permitirá asegurar que los usuarios cuenten con agua de buena calidad, proporcionar agua en forma constante, prolongar la vida de los componentes del sistema y disminuir los gastos en sus reparaciones. Se menciona el mantenimiento preventivo con la finalidad de prevenir los daños en el sistema y las pautas para identificar los posibles daños, mientras que el mantenimiento correctivo deberá estar a cargo del personal técnico que implementó el sistema. Finalmente, se incorporó información sobre limpieza, frecuencia, los trabajos a realizar y las herramientas y materiales necesarios para la operación y el mantenimiento preventivo de la captación de agua lluvia.

El manual de mantenimiento del sistema se adjunta en el Anexo 2. Mientras que los videos de funcionamiento y construcción se encuentran al escanear el siguiente código QR.



5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Tras la evaluación del sistema de conducción pluvial existente se determinó que la canaleta, los techos y desagües se encontraban en buen estado. En el caso del área del techo solo necesitaba mantenimiento. Sin embargo, los canales conectados al desagüe pluvial al ser de tierra se encontraban destruidos expandiendo el daño a la calle en cada lluvia.
- Después de calcular el diámetro de bajantes, dimensiones de canaletas, volúmenes de tanques, caudales requeridos y realizar un esquema del sistema se adquirió los materiales necesarios para la construcción de este.
- El volumen del tanque de almacenamiento se basó en la demanda y oferta de agua diaria, sin embargo, se optó por adquirir un tanque con mayor volumen para captar suficiente agua y satisfacer las necesidades de los usuarios.
- El uso de varios puntos de filtración alargará la vida útil del sistema de bombeo automatizado, esto por la retención de sólidos que se puedan acarrear durante la lluvia.
- El sistema está adecuado para que funcione en épocas cuando el medio de abastecimiento actual de los usuarios no proporcione la cantidad de agua suficiente para satisfacer sus necesidades hidrosanitarias. El motivo por el cual no se adaptó el sistema para que funcione todo el tiempo se basa en que el costo energético no asegura el beneficio económico de los usuarios.
- La regulación del presostato se lo realiza de forma mecánica ya que este funciona con un diafragma que consta de dos pernos. En un perno se puede regular la presión de encendido y apagado con un ancho de presión y el otro permite aumentar la presión y hacer que el diafragma se abra o se cierre. En el sistema implementado este elemento funciona de manera automática, cuando la presión baja se enciende automáticamente la bomba y cuando llegue a la presión requerida (20-40 (PSI)) se apaga la bomba, esto gracias a que posee un contacto interno.
- El electronivel funciona con un mecanismo de abre y cierre, esto mediante una pelota interna en forma de flotador. Este elemento corta la señal cuando hay un nivel bajo de agua evitando que la bomba trabaje en vacío y también trabaja dando la señal eléctrica para el encendido de la bomba cuando se tiene agua suficiente en el tanque de almacenamiento.

- La elaboración del presupuesto se basó en la lista de precios unitarios de La Cámara de Comercio del Ecuador y se concluyó que la actividad más costosa del sistema es la parte de distribución mediante bombeo, esto por la adquisición de electroválvulas, controles y la bomba.
- El manual de uso del sistema consta de la descripción de cada uno de los elementos del sistema, así como su mantenimiento para alargar la vida útil de estos. Además, explica el uso del sistema de bombeo automatizado a detalle para mejorar la experiencia del usuario.

Recomendaciones

- Se recomienda a los usuarios del sistema seguir los procesos de mantenimiento establecidos en el manual de uso del sistema de recolección de agua lluvia entregada, esto para prolongar la vida útil del sistema.
- El uso de un microcontrolador permite realizar distintas tareas, pero se tiene que tomar en cuenta que este microcontrolador es de comunicación serial es decir que va a leer todo el código de manera secuencial por lo que no se puede utilizar bucles en este caso se utiliza la función millis para poder seguir realizador otras tareas del proceso.
- Las protecciones eléctricas de cualquier control se debe saber los datos de placa para poder dimensionar cada una de las protecciones donde se debe proteger tanto las instalaciones eléctricas como el equipo a proteger, donde se debe considerar la corriente nominal de lo que se va a controlar, la corriente que va a soportar el conductor y la corriente máxima del magneto térmico esto para que actúe frente a sobrecargas y cortocircuitos.
- Al realizar una placa se deben realizar unas buenas pistas debido a que no puede hacer un buen contacto con el interruptor y dar fallos en la operación del sistema, en este caso para mejorar las pistas se puede realizar con un poco de estaño y medir continuidad con un multímetro.
- Utilizar válvulas de retención nos ayuda para evitar que el agua retorne al punto de partida, donde se puede dar perdidas en el sistema, también la colocación de una válvula de pie tiene el mismo funcionamiento de una válvula de detención ya que permite que el agua circule en un solo sentido y también evitando que la bomba trabaje en vacío y esta se pueda quemar.

6 REFERENCIAS

- ABC Electric. (2016). *IEC 60898: 10000 / IEC 60947.2: 10 kA Curvas B, C y D*.
<http://www.abcelectric.com.ar/file/1473112692.pdf>
- AENOR. (2014). *Aplicación de los Interruptores Automáticos de Baja Tensión*.
<https://docplayer.es/22687810-Aplicacion-de-los-interruptores-automaticos-de-baja-tension-cuadernos-de-divulgacion-tecnica-aenor-edicion-2014.html>
- Arevalo, F., & Benavides, A. (2017, abril). *Repositorio Institucional UCatolica*. Repositorio Digital Universidad Católica.
<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/14536/2/sistema%20alternativo%20de%20recoleccion%20de%20aguas%20lluvias%20en%20san%20cris>
- Atlantic International University. (2021, 1 enero). *Sistemas Hidráulicos y Neumáticos*.
<https://cursos.aiu.edu/Sistemas%20Hidraulicas%20y%20Neumaticos/PDF/Tema%203>
- Ávila, P., & Ávila, V. (2018, mayo). *Implementación y Evaluación Técnica de un Sistema de Reutilización de Agua Lluvia*. Repositorio Universidad Pontificia Bolivariana.
https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/5389/digital_36951.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2015, 12 agosto). *¿Cuánta agua consumes realmente por día?* <https://blogs.iadb.org/agua/es/cuanta-agua-consumes-realmente-por-dia/>
- Boulangier, A. (2011). *CONTROL DEL AGUA Y SU CONSUMO EN PORCINOS*. Sitio Argentino de Producción Animal.
<http://200.7.141.37/Sitio/Archivos/ELCONTROLDELAGUAYSUCONSUMOENPORCINOS>
- Castañeda, N. (2010). *Propuesta de un Sistema de Aprovechamiento de Agua Lluvia*. Repositorio Digital de la UDEA.
<http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/1325/1/PropuestaSistemaAprovechamientoAguaLluvia>

- Castro, F., & Niño, L. (2017, 27 abril). *Cálculo del volumen del tanque de almacenamiento de aguas lluvia utilizados en los colegios de la Secretaría de Educación Distrital de Bogotá (SED)*. Unimilitar. Edu.
<https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/15377>
- CEPIS. (2004). *Guía de Diseño para Captación de Agua Lluvia*. SSWM - Find Tools for Sustainable Sanitation and Water Management! <https://sswm.info/archived-perspective-notice>
- Chapman, S. (2005). *Máquinas Eléctricas, 5ta Edición Stephen J. Chapman*. Academia Edu.
https://www.academia.edu/36699966/M%C3%A1quinas_El%C3%A9ctricas_5ta_Edici%C3%B3n_Stephen_J_Chapman_FREELIBROS_ORG
- COSMEACR. (2012, 20 diciembre). *Coefficientes de rugosidad (haestad)*. Slideshare.
<https://es.slideshare.net/cosmeacr/coeficientes-de-rugosidad-haestad>
- Domínguez, A. (2014). *Profe eléctrico*. De profe a profe eléctrico.
<http://roble.pntic.mec.es/adog0009/5.html>
- ECP. (2011). *Instalaciones electromecánicas*. <https://www.ecp.ec/wp-content/uploads/2017/09/NECINSTALACIONESELECTROMECANICAS2013>
- Evangelista, C. (2012, 13 abril). *Control de sistemas no lineales por modos deslizantes de segundo orden*. SEDICI. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/1460>
- Fundación Aquae. (2021, 11 agosto). *Agua purificada, proceso y propiedades - Fundación Aquae*. Fundación Aquae. <https://www.fundacionaquae.org/filtrado-agua/>
- Gómez, A. (s. f.). *Fabricantes de Tubos de Hormigón Armado*. ATHA. Recuperado 8 de octubre de 2021, de http://www.atha.es/atha_archivos/manual/c0.htm
- Google Earth. (2020a, julio 7). *Google Earth*.
[https://earth.google.com/web/search/Universidad+Polit%C3%A9cnica+Salesiana+\(Sur\),+Ave+Moran+Valverde,+Quito/@-0.29019179,-78.56540419,2950.37366695a,6056.93306415d,30y,0h,0t,0r/data=CigiJgokCSctvKsM6dK_EVR8MFOFJ9S_GVJsuQm_oIPAlcytx4-KpVPAMickJQojCiExdWh1M](https://earth.google.com/web/search/Universidad+Polit%C3%A9cnica+Salesiana+(Sur),+Ave+Moran+Valverde,+Quito/@-0.29019179,-78.56540419,2950.37366695a,6056.93306415d,30y,0h,0t,0r/data=CigiJgokCSctvKsM6dK_EVR8MFOFJ9S_GVJsuQm_oIPAlcytx4-KpVPAMickJQojCiExdWh1M)

- Google Earth. (2020b, octubre 16). *Google Earth*.
https://earth.google.com/web/search/Av.+Pedro+Vicente+Maldonado+%26+Av.+Atacazo/@-0.28029467,-78.52342287,2997.74251562a,27535.32921367d,30y,0h,0t,0r/data=CigiJgokCUji-8nd2Na_EU95a1uyC9i_GWyRiqLuoVPAIYF5Of6lpFPAMicKJQojCiExNFA5RHQwRHVXRm5rdGpGbW1SWE54eTdS
- Google maps. (2020, 2 septiembre). *Imagen google maps*.
<https://www.google.com.ec/maps/place/0%C2%B017'53.7%22S+78%C2%B034'48.2%22W/@-0.2982557,-78.5805912,196m/data=!3m2!1e3!4b1!4m6!3m5!1s0x0:0x0!7e2!8m2!3d-0.2982568!4d-78.5800444>
- GRAF. (2014). *Recuperación agua de lluvia*. GRAF Website. <https://www.graf-agua.com/descargas/catalogos/recuperacion-agua-de-lluvia.html>
- Herrera, L. (2010). *Estudio de alternativas para el uso sustentable de agua lluvia*. Repositorio Digital Universidad IPN MX. <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/7945/79.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- I. (2021, 12 julio). *¿Qué es Arduino?* Arduino.cl - Compra tu Arduino en Línea. <https://arduino.cl/que-es-arduino/>
- INAMHI. (2020, 7 septiembre). *Red de Estaciones Automáticas*. <http://186.42.174.236/InamhiEmas/#>
- Mejía, G., & Salamea, P. (2011, 29 marzo). *Diseño de un sistema para reciclado, control y utilización de agua lluvia en la ciudad de Cuenca*. Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/1420>
- Mejía, K. (2017, 11 diciembre). *Estudio de factibilidad para la implementación de dos sistemas diseñados para el manejo eficiente de agua en el edificio EARME de la Escuela*

<https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/18986>

Melguizo, S. (2016, 21 diciembre). *Fundamentos de la Hidráulica*. Ecuador Documents.

<https://fdocuments.ec/document/pdf-volumen-2-parte-1-3.html>

MIDUVI. (2011, 6 abril). *Norma Hidrosanitaria de Agua*. Inmobiliaria DJA.

[https://inmobiliariadja.files.wordpress.com/2016/09/nec2011-cap-16-norma-](https://inmobiliariadja.files.wordpress.com/2016/09/nec2011-cap-16-norma-hidrosanitaria-nhe-agua-021412)

[hidrosanitaria-nhe-agua-021412](https://inmobiliariadja.files.wordpress.com/2016/09/nec2011-cap-16-norma-hidrosanitaria-nhe-agua-021412)

Ministerio de Ambiente y Agua. (2010). *Guía Técnica del Agua*. Un mundo salvador soler.

https://unmundosalvadorsoler.org/_files/foro/guia-tecnica-agua.pdf

Ministerio de Salud Pública Guatemala. (2002, diciembre). *Filtro de agua*. Buenas Tareas.

<https://www.buenastareas.com/ensayos/Filtro-De-Agua/232046.html>

Ministerio de Fomento. (2019, 20 diciembre). *Documento Básico HS Salubridad*. Código

Técnico. <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HS/DccHS.pdf>

Mott, R. (2006). *Mecánica de fluidos*. Sexta Edición. Wordpress.

<https://avdiaz.files.wordpress.com/2008/10/fluidos-mott-6ed>

Municipio El Charco. (2010). *Sistema de Captación y Filtración de Agua Lluvia*. SSWM - Find

Tools for Sustainable Sanitation and Water Management. [https://sswm.info/archived-](https://sswm.info/archived-perspective-notice)

[perspective-notice](https://sswm.info/archived-perspective-notice)

Navarro, C. (2012). *Guía para selección de Interruptores*. Pdfcoffee.Com.

<https://pdfcoffee.com/guia-para-seleccion-de-interruptores-pdf-free.html>

NEC. (2011, 6 abril). *NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN NEC-11*. Academia.

edu.

https://www.academia.edu/25375612/NORMA_ECUATORIANA_DE_LA_CONSTRU

[CCI%C3%93N_NEC_11_CAP%C3%8DTULO_16_NORMA_HIDROSANITARIA_NH](https://www.academia.edu/25375612/NORMA_ECUATORIANA_DE_LA_CONSTRU)

[E_AGUA](https://www.academia.edu/25375612/NORMA_ECUATORIANA_DE_LA_CONSTRU)

New Two. (2008). *Norma IEC 60947–2*. Good to great. [https://pdf4pro.com/cdn/norma-iec-](https://pdf4pro.com/cdn/norma-iec-60947-2-programa-casa-segura-46d6fc.pdf)

[60947-2-programa-casa-segura-46d6fc.pdf](https://pdf4pro.com/cdn/norma-iec-60947-2-programa-casa-segura-46d6fc.pdf)

- Pérez, R. (2008). *GUÍA PARA LAS INSTALACIONES SANITARIAS EN EDIFICIOS*. Repositorio Digital de la USAC. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2773_C.pdf
- Proaño, P., Capitol, L., Rosales, A., & Camacho, O. (2017). *International conference on control, decision and information technologies*. Daci-EPN. <https://daci.epn.edu.ec/index.php/investigacion/publicaciones>
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2016, febrero). *Captación y aprovechamiento de agua de lluvia en América Latina*. América Latina UNDP. <https://www.latinamerica.undp.org/content/dam/rblac/docs/Research%20and%20Publications/Repository/Chile/UNDP-RBLAC-AguaLluviaCL.pdf>
- S. (2020, 8 mayo). *Pérdidas de carga localizadas o en accesorios*. Hidráulica Fácil. <https://www.hidraulicafacil.com/2017/07/perdida-de-carga-localizada-o-en.html>
- Salazar, D. (2016, 5 agosto). *BASES PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS HIDROSANITARIOS EN EDIFICACIONES ESCOLARES, UNIDAD EDUCATIVA DEL MILENIO (UEM)*. Repositorio Digital UCE. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/6936/1/T-UCE-0011-229.pdf>
- Sanitary Engineer. (2018). *Guía de Opciones Tecnológicas de Sistemas de Saneamiento para el Ámbito Rural*. <https://docs.google.com/document/d/1QDgB9GR9qrJ45vy45OOMcXAfH1h3X81s/edit?rtpof=true>
- Schneider, E. (2019, 22 octubre). *Manual y catálogo del electricista*. FRRQ. https://frrq.cvg.utn.edu.ar/pluginfile.php/6747/mod_resource/content/1/MANUAL%20COMPLETO%20SHCNEIDER.pdf
- SHCNEIDER. (2019, 22 octubre). *Manual y Catálogo del electricista*. Electric S. https://frrq.cvg.utn.edu.ar/pluginfile.php/6747/mod_resource/content/1/MANUAL%20COMPLETO%20SHCNEIDER
- UNATSABAR. (2001, enero). *GUÍA DE DISEÑO PARA CAPTACION DEL AGUA DE LLUVIA*. Agua sin fronteras. <https://www.aguasinf fronteras.org/PDF/AGUA%20DE%20LLUVIA.pdf>

UNATSABAR. (2003). *Captación agua lluvia*. Academia. edu.

https://www.academia.edu/12711502/Capatacion_agua_Lluvias_CEPIS

Velasco, A. (2015, 14 septiembre). *Normas para la instalación de motores y controles*.

Repositorio Digital EPN. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/11495>

Warren, J. (2011). *Arduino robotics*. Apress.

<https://www.apress.com/gp/book/9781430231837>

7 ANEXOS

ANEXO 1: